

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**PABUÇLU (KULA, MANİSA) CİVARINDAKİ MANGANEZ  
CEVHERLEŞMELERİNİN OLUŞUMU VE JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**GÜVEN KILIÇ**

**BALIKESİR, OCAK - 2018**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**PABUÇLU (KULA, MANİSA) CİVARINDAKİ MANGANEZ**  
**CEVHERLEŞMELERİNİN OLUŞUMU VE JEOKİMYASAL**  
**ÖZELLİKLERİ**

**YÜKSEK LISANS TEZİ**

**GÜVEN KILIÇ**

**Jüri Üyeleri : Yrd.Doç. Dr. M. Selman AYDOĞAN (Tez Danışmanı)**

**Prof.Dr. Cemal BÖLÜCEK**

**Doç. Dr. Mustafa KUMRAL**

**BALIKESİR, OCAK - 2018**

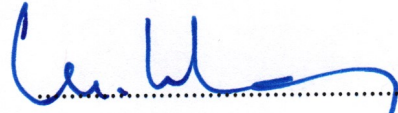
## KABUL VE ONAY SAYFASI

**Güven KILIÇ** tarafından hazırlanan “**PABUÇLU (KULA, MANİSA) CİVARINDAKİ MANGANEZ CEVHERLEŞMELERİNİN OLUŞUMU VE JEOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 26.01.2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

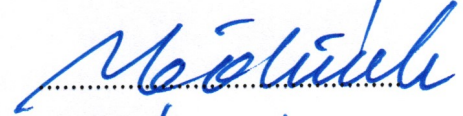
Jüri Üyeleri

İmza

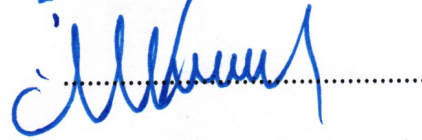
Danışman  
Yrd.Doç.Dr. Mustafa Selman AYDOĞAN



Üye  
Prof.Dr. Cemal BÖLÜCEK



Üye  
Doç.Dr. Mustafa KUMRAL



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Doç. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

## ÖZET

**PABUÇLU (KULA, MANİSA) CİVARINDAKİ MANGANEZ  
CEVHERLEŞMELERİNİN OLUŞUMU VE JEOKİMYASAL  
ÖZELLİKLERİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
GÜVEN KILIÇ  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
(TEZ DANIŞMANI: YRD. DOÇ. DR. MUSTAFA SELMAN AYDOĞAN)  
BALIKESİR, OCAK - 2018**

Çalışma alanı, Manisa ilinin Kula ilçesi sınırlarında olup, Kula merkezine yaklaşık 15 km mesafededir. Sahada, temel kayalar Paleozoyik yaşlı mermer mercekleri içeren farklı türdeki şistlerden ve yer yer kuvars bantları içeren gnays türü kayalardan oluşmaktadır. Bu birim üzerinde, aşırı serpantin, radyolarit-çört ve kireçtaşı bloklarından oluşan Kretase yaşlı Vezirler Melanji tektonik olarak bulunmaktadır. Vezirler Melanji, bölgede geniş mostralara veren Neojen yaşlı görsel sedimanter kayalar tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir. Bölgede yaygın bazalt ürününe sahip Kuvaterner yaşlı Kula Volkanitleri Neojen yaşlı birimleri kesmektedir ve bu birimlerin üzerinde gözlenmektedir.

İncelemenin konusunu oluşturan manganez cevherleşmeleri Kula (Manisa)'nın kuzeydoğusunda mostra veren Kretase yaşlı Vezirler Melanji içerisinde radyolarit-çört litolojileri içerisinde gözlenmektedir. Bölgede 10 cm ile 1.5 metre kalınlığa sahip olan manganezler sert bir yapıya sahiptir ve gri-metalik gri, siyahımsı renklerde gözlenmektedir. Bazı lokasyonlarda bol kırıklı ve çatlaklıdır.

Parlak kesit çalışması ve XRD çalışmaları manganez oluşumlarının pirolusit, psilomelan, braunit, kalsit, kuvars ve daha az manjiyorit, todorokit minerallerinden yapıldığını göstermektedir.

XRF ve ICP-MS çalışmaları ile manganez cevherleşmelerinin kimyasal içerikleri belirlenmiştir. Manganezler ortalama  $\text{SiO}_2$  (16.86),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (%0.54),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (%1.51),  $\text{CaO}$  (%16.12) ve  $\text{MnO}$  (%47.42) içermektedir. Cevherleşmeler güçlü denilebilecek oranda negatif  $\text{Ce}^*$  (ort: 0.57) ve hafif oranda negatif  $\text{Eu}^*$  anomalisi sunmaktadır ve ortalama  $\text{Mn/Fe}$  oranı %95.26,  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  oranı 52.82'dir. Yüksek Ba (ort: 10854 ppm), Sr (ort: 4491 ppm),  $\Sigma\text{NTE}$  (ort: 68.4) içeriklerine sahiptir. Düşük Ce anomalisi (ortalama: -0.32), Ce/La (ort: 1.19) ve yüksek Sr içerikleri Kula manganez cevherleşmelerinin yüksek tuzluluklu ve oksijen bakımından zengin ve polijenik bir denizel ortamda oluştuğunu işaret etmektedir.

Sonuç olarak, yüksek  $\text{Mn/Fe}$ , Ba, Sr, düşük  $\text{Co/Ni}$  oranı ( $< 1$ ),  $\Sigma\text{NTE}$  ( $< 100$  ppm) ve Ce anomalisi ( $< -0.1$ ) Kula manganezlerinin yayılma merkezine uzak (distal) bir bölgede hidrotermal olarak oluştuğunu göstermektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Manganez, Radyolarit-çört, Hidrotermal, Kula, Manisa

## **ABSTRACT**

### **GEOCHEMICAL PROPERTIES AND ORIGIN OF MANGANESE MINERALISATION AROUND PABUÇLU (KULA, MANİSA)**

**MSC THESIS**

**GÜVEN KILIÇ**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**GEOLOGICAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. MUSTAFA SELMAN AYDOĞAN  
BALIKESİR, JANUARY 2018**

The study area is situated in approximate northeastern 15 km of Kula town. In the studied area, the basement rocks comprise different types of schist and gneiss including quartz veins. These rock units are overthrust by the Cretaceous Vezirler Melange made up mainly of highly altered serpentinite, radiolarite-chert and limestone blocks. These melange associations are covered by unconformably Neogene lacustrine rocks. In this region, Kula Volcanics of Quaternary cut the these basin units and are seen on the their.

Manganese occurrences, the subject of present study, are observed within the radiolarite-chert lithologies outcropped as blocks in Cretaceous Vezirler Melange. In the region, manganese ores have thickness from 10 cm to 1.5 m and they are a hard structure. Mn-ores have gray-metallic gray, blackish coloured. In the some locations, they are very fragile and fracked.

Based on the polished sections and XRD determinations suggest that Mn-ores predominantly composed of pyrolusite, psilomelan, braunite, calcite, quartz and a lesser extent mangiorite, todorokite.

Chemical concentrations of Mn-ores are determined with XRF and ICP-MS. Mn-ores contain average SiO<sub>2</sub> (16.86wt%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.54 wt%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.51 wt%), CaO (16.12 wt%) and MnO (47.42 wt%). These mineralisations show negative Ce\* (mean: 0.57) and slight Eu anomalies. Mn/Fe and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> ratios are 95.26 wt% and 52.82 wt%, respectively. Also, they have highest Ba (mean: 10854 ppm), Sr (mean: 4491 ppm) and ΣNTE (mean: 68.4 ppm). Low Ce anomaly (mean: -0.32), Ce/La ratio (mean: 1.19) and higher Sr concentrations suggest that Kula manganese mineralisations formed in high-salinity and polygenic oxidative marine an environments.

Consequently, the highest Mn/Fe, Ba, Sr, lower Co/Ni (< 1), Co/Zn ratios, ΣNTE (< 100 ppm) contents and Ce anomaly suggest that Mn-ores of Kula formed as hydrothermal in distal marine environment from ridge.

**KEYWORDS:** Manganese, Radiolarite-chert, Hydrothermal, Kula, Manisa

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1 Konu.....	1
1.2 Amaç.....	2
1.3 Coğrafi Konum.....	2
1.3.1 Çalışma alanının yeri.....	2
1.3.2 Morfoloji.....	2
1.3.3 İklim ve Bitki örtüsü.....	4
1.3.4 Akarsular.....	4
1.3.5 Yerleşim merkezleri ve Ulaşım.....	4
1.3.6 Ekonomik durum.....	4
<b>2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>7</b>
3.1 Saha Çalışması.....	7
3.2 Laboratuvar Çalışmaları.....	7
3.2.1 Petrografik çalışmalar.....	7
3.2.2 Analiz Çalışmaları.....	8
3.2.2.1 X-Ray Difraktometre Analizleri.....	8
3.2.2.1 Tüm kaya analizleri.....	8
3.3 Büro çalışmaları.....	8
3.3.1 Literatür taraması ve tez yazımı.....	8
<b>4. GENEL JEOLJİ.....</b>	<b>9</b>
4.1 Bölgesel Jeoloji.....	9
4.2 İnceleme alanının jolojisi.....	11
4.2.1 Stratigrafi.....	11
4.2.1.1 Eşme Formasyonu (Pzşe).....	13
4.2.1.2 Vezirler Melanjı (Kvm).....	15
4.2.1.3 Kürtköyü Formasyonu (Tmk).....	22
4.2.1.4 Yeniköy Formasyonu (Tmy).....	23
4.2.1.5 Ahmetler Formasyonu (Balçıklidere Üyesi) (Tplab).....	23
4.2.1.6 Ulubey Formasyonu (Tplu).....	24
4.2.1.7 Kula Volkanitleri (Qkv).....	25
<b>5. YAPISAL JEOLJİ.....</b>	<b>27</b>
5.1 Tabakalanma.....	27
5.2 Eklem.....	27
5.3 Kıvrımlanma.....	27

<b>6. EKONOMİK JEOLJİ.....</b>	<b>28</b>
6.1 Manganezle ilgili genel bilgiler.....	28
6.2 Türkiye manganez yatakları ve rezervi.....	29
6.3 Kula manganez oluşumunun jeolojisi.....	31
6.3.1 Örnekleme.....	36
6.4 Kula manganez oluşumunun mineraloji.....	36
6.4.1 Parlak kesit çalışması.....	36
6.4.2 XRD çalışması.....	42
6.5 Kula manganez oluşumunun jeokimyası.....	46
6.5.1 Ana ve İz elementler.....	46
6.5.2 Nadir toprak elementleri.....	52
<b>7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>60</b>
<b>8. KAYNAKLAR.....</b>	<b>61</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>69</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Şekil 1.1:</b> İnceleme alanının yer bulduru haritası.....	3
<b>Şekil 3.1:</b> Kula Bölgesi'nin tektono-stratigrafik kolon kesiti.....	10
<b>Şekil 4.1:</b> İnceleme alanının tektono-stratigrafik kolon kesiti.....	12
<b>Şekil 4.2:</b> Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu'nun mostra görünümü.....	13
<b>Şekil 4.3:</b> Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu'nun ve içerisindeki kuvars merceğinin yakından görünümü.....	14
<b>Şekil 4.4:</b> Çalışma alanı dışında Kula yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu içerisindeki mermer bloğunun görünümü.....	14
<b>Şekil 4.5:</b> Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolunun doğru kesiminde Köprü Tepe civarındaki aşırı aletre serpantinitle yakın görünümü.....	16
<b>Şekil 4.6:</b> Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolunun doğru kesiminde Köprü Tepe civarındaki aşırı aletre serpantinitle yakın görünümü.....	16
<b>Şekil 4.7:</b> Çalışma alanında Yörükdamlarının kuzey kesiminde tabakalı-kıvrımlı radyolaritlerin mostra görünümü.....	17
<b>Şekil 4.8:</b> Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde tabakalı radyolaritlerin yakından görünümü.....	17
<b>Şekil 4.9:</b> Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde çört yumruları içeren kireçtaşı bloğunun yakından görünümü.....	18
<b>Şekil 4.10:</b> Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde çört yumruları içeren kireçtaşı bloğunun yakından görünümü.....	18
<b>Şekil 4.11:</b> Çalışma alanında Şehirlioğlu damlarının batı kesiminde radyolarit ile hemen üzerindeki kireçtaşı bloğunun görünümü.	19
<b>Şekil 4.12:</b> Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit ile kireçtaşı arasındaki dokanak ve A-A' boyunca geçen jeoloji enine kesiti.....	20
<b>Şekil 4.13:</b> Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit ile hemen üzerindeki Balçıklıdere Formasyonu'nun görünümü.....	21
<b>Şekil 4.14:</b> Vezirler Melanjı ile Yeniköy Formasyonu arasındaki uyumsuz dokanak.....	21
<b>Şekil 4.15:</b> Yaylak Tepe kuzeyinde Kürtköyü Formasyonu'nun yakından görünümü.....	22
<b>Şekil 4.16:</b> Balçıklıdere Üyesi'nin uzaktan görünümü (İbrahimağa Köyü batısı).....	24
<b>Şekil 4.17:</b> Kretase yaşlı Vezirler Melanjı, hemen üzerinde uyumsuz olarak Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu ve ön planda Kula Volkanitleri (Qkv2: Elekçitepe Volkanitleri, Qkv3: Divlittepe Volkanitleri).....	26
<b>Şekil 4.18:</b> Kula Volkanitleri'nin sütun yapılı bazaltları (Karakoca Köyü güneydoğusu).....	26



<b>Şekil 6.1:</b>	Manganez cevherleşmeleri içeren Vezirler Melanjı ve içerisindeki radyolaritik blokların bölgedeki diğer bilimlerle olan ilişkilerini gösteren kolon kesit.....	32
<b>Şekil 6.2:</b>	Radyolarit-çört ve hemen üzerinde çört nodülü içeren kireçtaşı blokları, manganez cevherleşmesi ve önceden açılmış galerinin yakından görünümü.....	33
<b>Şekil 6.3:</b>	Radyolarit-çört litolojisiyle uyumlu olan manganez cevherleşmesi.....	34
<b>Şekil 6.4:</b>	Kırıklı-çatlaklı radyolarit-çört litolojisiyle uyumlu olan manganez cevherleşmesi.....	34
<b>Şekil 6.5:</b>	Mangan cevherleşmesinde gözlenen kıvrımlı yapılar.....	35
<b>Şekil 6.6:</b>	Radyolarit-çört litolojisiyle keskin kontaklı manganez cevherleşmesi.....	35
<b>Şekil 6.7:</b>	Manganez cevherleşmelerinin konumu ve örnekleme lokasyonlarını gösteren tip kesit.....	36
<b>Şekil 6.8:</b>	a) Breşik dokulu braunit ve braunit minerali içerisinde pirolusit minerali, b) Braunit mineralini kesen pirolusit minerali, c) Braunit, manjiorit, psilomelan ve kuvars gang minerali, d) Kalsit matriksi içerisinde braunit mineralleri, e) Kalsit ve kuvars gangi içerisinde braunit ve psilomelan mineralleri, f) Prizmatik psilomelan kristalleri, braunit ve kuvars gang minerali. Mineral kısaltmaları: Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjiorit), Q (kuvars), Cal (kalsit).....	39
<b>Şekil 6.9:</b>	a) Kuvars gangi içerisinde psilomelan minerali tarafından kesilmiş manjiorit minerali, b) Prizmatik psilomelan kristalleri ve kuvars gangi içinde manjiorit, braunit, c) Braunit ve psilomelan minerallerini kesen kuvars gangi, d) Kuvars gangi tarafından kesilmiş braunit ve içerisinde psilomelan minerali, e) Braunit ve kuvars gangi içinde psilomelan minerali, f) Breşik braunit minerali, kalsit ve kuvars gangi. Mineral kısaltmaları: Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjiorit), Q (kuvars), Cal (kalsit).....	40
<b>Şekil 6.10:</b>	a) İç yansıma gösteren kalsit matriksi ve içerisinde braunit, b) Manjiroti minerali içerisinde braunit saçınımları ve kuvars gang minerali, c) Işınsal psilomelan minerali, saçınımlı braunit, kalsit ve kuvars gang minerali, d) Breşik dokulu braunit ve psilomelan ve gang mineralleri minerali, e) Kalsit matriksi içerisinde todorokit minerali. Mineral kısaltmaları: Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjiorit), Q (kuvars), Cal (kalsit), todorokit (Tkt).....	41
<b>Şekil 6.11:</b>	KMN-1 örneğinin XRD analiz grafiği.....	42
<b>Şekil 6.12:</b>	KMN-2 örneğinin XRD analiz grafiği.....	43
<b>Şekil 6.13:</b>	KMN-3 örneğinin XRD analiz grafiği.....	43
<b>Şekil 6.14:</b>	KMN-5 örneğinin XRD analiz grafiği.....	44
<b>Şekil 6.15:</b>	KMN-6 örneğinin XRD analiz grafiği.....	44
<b>Şekil 6.16:</b>	KMN-7 örneğinin XRD analiz grafiği.....	45
<b>Şekil 6.17:</b>	KMN-8 örneğinin XRD analiz grafiği.....	45
<b>Şekil 6.18:</b>	KMN-9 örneğinin XRD analiz grafiği.....	46
<b>Şekil 6.19:</b>	Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin kondrite göre normalize edilmiş değerleri.....	52

<b>Şekil 6.20:</b>	$La_N/Ce_N - Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$ diyagramı.....	54
<b>Şekil 6.21:</b>	Manganez yataklarının depolanma ortamını gösteren (Co+Ni) – (As+Cu+Mo+Pb+V+Zn+Co+Ni) diyagramı.....	55
<b>Şekil 6.22:</b>	$(Cu+Ni+Co)*10 - Fe - Mn$ üçgen diyagramı.....	56
<b>Şekil 6.23:</b>	Deniz altı hidrotermal manganez yataklarını ve hidrojenetik manganez yataklarının alanlarını gösteren Zn – Ni – Co üçgen diyagramı.....	57
<b>Şekil 6.24:</b>	Hidrotermal çört ve silisik kayaçların ortamını gösteren Al – Fe – Mn diyagramı.....	57
<b>Şekil 6.25:</b>	Hidrojenetik ve hidrotermal yatakları birbirinden ayıran $SiO_2$ – $Al_2O_3$ , Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramı.....	58
<b>Şekil 6.26:</b>	Co/Zn – Co+Ni+Cu diyagramı.....	59
<b>Şekil 6.27:</b>	Hidrojenetik-hidrotermal kökenli manganez yatakları ve pelajik sedimanların ayırımını yapan U – Th diyagramı.....	59

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 6.1:</b> Önemli manganez mineralleri (DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu).....	28
<b>Tablo 6.2:</b> Türkiye’de bulunan manganez ve demir-manganez yataklar...	29
<b>Tablo 6.3:</b> Türkiye Manganez Rezervleri (DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu).....	30
<b>Tablo 6.4:</b> Kula (Manisa) bölgesindeki manganez cevherleşmelerinin mineral parajenezi.....	37
<b>Tablo 6.5:</b> Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin ana ve iz element içerikleri.....	47
<b>Tablo 6.6:</b> Kula (Manisa) manganez örneklerinin Mn/Fe oranları.....	48
<b>Tablo 6.7:</b> Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin bazı analiz oranları.....	49
<b>Tablo 6.8:</b> Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin Co/Ni-Co/Zn oranları.....	51

## SEMBOL LİSTESİ

Kvm : Kretase-Vezirler Melanjı

ICP-MS: Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometer

NTE : Nadir Toprak Elementleri

Pzşe : Paleozoyik şist-Eşme Formasyonu

Tmk : Tersiyer, Miyosen, Kürtköyü Formasyonu

Tmy : Tersiyer, Miyosen, Yeniköy Formasyonu

Tplab : Tersiyer, Pliyosen, Ahmetler Formasyonu, Balçıklidere Üyesi

Tplu : Tersiyer, Pliyosen, Ulubey Formasyonu

Qkv : Kuvaterner, Kula Volkanitleri

XRD : X-Ray Difraktometre

XRF : X-Ray Floresans

## ÖNSÖZ

Bu tez, 2015-2018 yılları arasında Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

Tezin hazırlanmasında değerli görüş, tecrübe ve bilgileriyle yönlendiren, danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mustafa Selman AYDOĞAN'a,

Çalışmanın çeşitli aşamalarında desteğini gördüğüm ve jeoloji bilgilerinden yararlandığım sayın Prof. Dr. Cemal BÖLÜCEK'e,

Parlak kesit ve XRD yorumlarından yararlandığım sayın Prof.Dr.Emin ÇİFTÇİ'ye,

Kimyasal analizlerin bir kısmının gerçekleştirmesinde yardım eden sayın Doç.Dr.Mustafa KUMRAL'a,

Tez çalışmasında destek veren Çan Belediye Başkanı Dr.Abdurrahman KUZU'ya, Çan Belediye Başkan yardımcısı Salim EKİN'e ve eşim Sibel KILIÇ'a teşekkür ederim.

Ocak, 2018

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Konu

Bu çalışma, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Tez, Kula (Manisa)'da ofiyolitik melanj içerisinde blok şeklinde gözlenen radyolaritlerin ev sahipliği yaptığı manganez oluşumları ile ilgilidir. Bilindiği gibi Kula bölgesi Batı Anadolu'da alkali karakterli genç volkanizmanın gözlendiği bir bölgedir. Bu bölgede yoğun olarak Kula bazaltları üzerine çalışmalar gözlenirken, bölgedeki manganez oluşumlarıyla ilgili çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla, bölgedeki manganez oluşumlarının mineralojisinin ve jeokimyasının ilk defa çalışılacak olması çalışmanın amacını ortaya koymaktadır. Bu amaç doğrultusunda hazırlanan tez, sekiz bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan "**Giriş**" kısmında, çalışılan bölge tanıtılmış, amacına değinilmiştir. İkinci bölümde, "**Önceki Çalışmalar**" kısmında Kula (Manisa) bölgesi ve civarında bugüne kadar jeoloji üzerine yapılmış çalışmaların özeti verilmiştir. "**Materyal ve Metod**" kısmı üçüncü bölüm olup, bu bölümde çalışmanın konusunu oluşturan manganez oluşumları üzerinde gerçekleştirilmiş analiz yöntemlerine değinilmiştir. Dördüncü bölüm olan, "**Genel Jeoloji**" kısmında bölgede ve inceleme alanında gözlenen litolojik ünitelerin özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri anlatılmıştır. Beşinci bölüm olan "**Yapısal Jeoloji**" bölümünde çalışma alanında gözlenen tabaklı yapılar ve tektonik unsurlara değinilmiştir. Altıncı bölüm olan "**Ekonomik Jeoloji**" başlığı altında bölgede radyolaritler içerisinde gözlenen manganez oluşumlarında örnek alınan lokasyonlar ve bunların haritaları, parlak kesit çalışmaları, XRD çalışmaları ve tüm kaya analiz sonuçları gibi konular detaylı bir şekilde verilmiştir. "**Sonuçlar ve Öneriler**" kısmında ise elde edilen sonuçlar verilmiş ve tez sonucunda ortaya çıkan önerilere değinilmiştir. "**Kaynaklar**" kısmında tezde yararlanılan çalışmalar verilmiştir. Ekler kısmında inceleme alanı ve çevresinin 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası ve jeoloji enine kesiti verilmiştir.

## **1.2 Amaç**

Çalışmanın amacı, Kula (Manisa) ilçesine bağlı Pabuçlu köyü civarında gözlenen, Kretase yaşlı Vezirler Melanjı'nda radyolarit-çört bloğu içerisinde gözlenen manganez oluşumlarının jeolojisi, mineralojisi ve element içeriği ile ilgilidir. Bu amaç doğrultusunda, çalışma alanının 1/25 000 ölçekli jeoloji haritası hazırlanmış, manganez oluşumlarından sistematik örnekler alınmış ve alınan örnekler üzerinde petrografi (parlak kesit), XRD ve tüm kaya analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

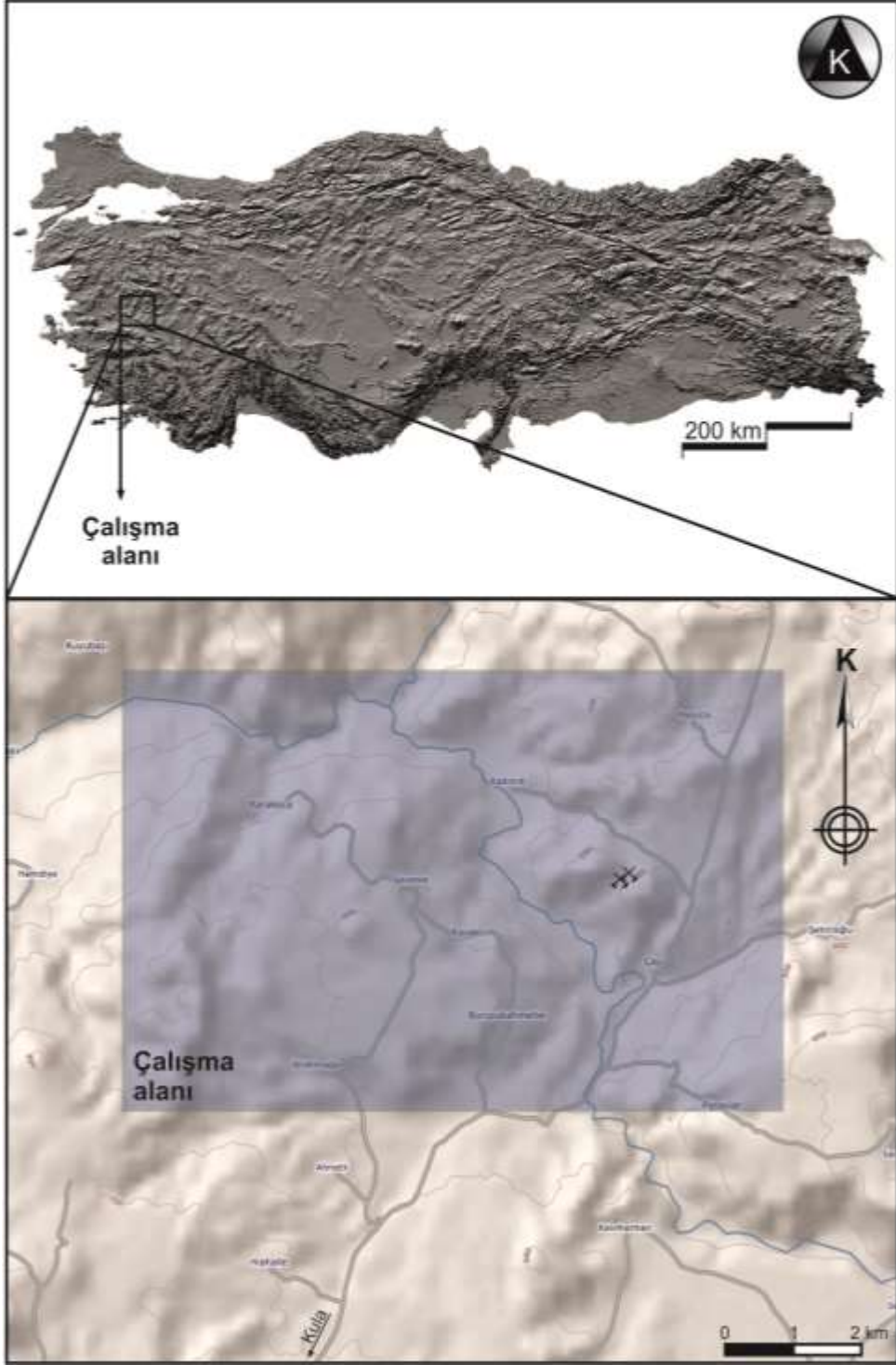
## **1.3 Coğrafi Durum**

### **1.3.1 Çalışma alanının yeri**

Çalışma alanı Kula (Manisa) ilçesinin yaklaşık olarak 10 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1) ve 1/25 000 ölçekli Uşak paftasının K<sub>21d2</sub> paftasının sınırları içerisinde yaklaşık olarak 80 km<sup>2</sup>'lik alan kapsamaktadır. İnceleme alanı içinde Şeremet, Pabuçlu, İbrahimağa, Çakırca, Değirmenler, Buruşukahmetli, Kavaklı, Karakoca, Çinçin köyleri ve Kula ilçesine bağlı yerel yönetim alanları bulunmaktadır.

### **1.3.2 Morfoloji**

Kula bölgesi volkan konileriyle tanınmış bir bölgedir. Konilerin olduğu bölgeler yüksek çıkıntıları oluşturmasına rağmen, genel olarak peneplenli bir morfolojiye sahiptir. Çalışma alanındaki önemli yükseltiler Yaylak Tepe (576 m), Kale Tepe (594 m), Akgedik Tepe (526 m), Tavşan Tepe (639 m), Sakaryol Tepe (744 m), Hüylük Tepe (584 m), İnkaya Tepe (547 m), Hanyıkığı tepe (667 m)'dir.



Şekil 1.1: İnceleme alanının yer bulduru haritası



### **1.3.3 İklim ve Bitki örtüsü**

Bölgede Akdeniz iklimi ile Karasal iklim arasında bir iklim görülmektedir. İklim genellikle yağışlı ve ılıman geçmektedir. Meteoroloji istasyonu (Kula) verilerine göre, 4 yıllık rasat verileri ortalama sıcaklığın 14°C olduğunu göstermektedir.

### **1.3.4 Akarsular**

Kula ilçesinin yaklaşık olarak 10 km kuzeydoğusunda bulunan çalışma alanının içerisinden Gediz Nehri geçmektedir. Gediz Nehri, Muratdağı'ndan doğup, menderes yaparak Demirköprü Barajı'na dökülmektedir ve yaz-kış suludur.

### **1.3.5 Yerleşim merkezleri ve Ulaşım**

İnceleme alanı ve yakın civarında Uşak, İzmir ve Manisa illeri yer almaktadır. Diğer önemli yerleşim merkezi Kula, Salihli, Selendi ilçeleri ile Şeremet, Pabuçlu, İbrahimağa, Çakırca köyleridir. Köylerin oluşturduğu nüfus genellikle azdır. Çalışma alanına ulaşım İzmir-Ankara karayolu ile sağlanmaktadır. Kula ilçesinden başlayan asfalt yol, inceleme alanının kuzeydoğusunda Pabuçlu, batısında Kavaklı ve İbrahimağa köylerine kadar ulaşmaktadır.

### **1.3.6 Ekonomik durum**

Yaklaşık olarak 47 000 nüfuslu Kula ilçesi ve civarında geçim halıcılık, dericilik ve tarımdan sağlanmaktadır. Aynı zamanda, bölgedeki bazalt cürüfları piriket yapımında ve seracılıkta toprağın verimini arttırmada kullanılmaktadır. Ayrıca, çalışma alanının hemen güneyinde Kulamaden suyu bulunmaktadır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İnceleme alanı ve çevresinde bugüne kadar birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar, Kula bölgesindeki volkanik kayaların oldukça genç olması ve birçok konilerden meydana gelmesi gibi konular araştırmacıların ilgisini çekmiştir. Diğer taraftan, bölgede gözlenen Pliyosen-Miyosen yaşlı havza kayaları da birçok çalışmaya konu olmuştur. Ancak, bölgede gözlenen Vezirler Melanjı'na ait radyolaritler içerisinde gözlenen manganez cevherleşmeleri herhangi bir şekilde bugüne kadar incelenmemiştir. Bölgede yapılan çalışmalar aşağıda detaylı bir şekilde verilmiştir:

**Ercan vd. (1978)**, yapmış oldukları çalışmada Uşak bölgesi ve civarının Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı karasal çökeller ve volkanik ürünleri konu almışlardır. Çalışma, bölgede gözlenen birimler detaylı bir şekilde incelenmiş ve birimlerin birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konuştur.

**Ercan (1981)**, Kula bölgesi civarındaki birimlerin genel jeolojisini ve bölgedeki volkanitlerin petrolojik özelliklerini araştırmıştır. Yazar, Doktora çalışmasında volkaniklerin üç ayrı fazda meydana geldiğini belirtmiş ve bölgedeki volkanitlerin petrografik ve jeokimyasal sonuçlarını irdelemiştir.

**Ercan ve Öztunalı (1982)**, yaptıkları çalışmada Kula bölgesinde 3 ayrı fazdan meydana gelen alkali karakterli bazaltik kayaların gerilmeli tektoniğin bir sonucu olarak manto üstündeki sıcak bir noktadan magmatik bir yükselme ile oluştuğunu ortaya koymuşlardır. Yazarlar, Kula bölgesinde “base surge” yapılarının da var olduğunu belirtmişlerdir.

**Ercan vd. (1983)**, Kula ve Selendi ilçeleri civarında gözlenen birimlerin jeolojisini incelemişlerdir. Çalışmada, bölgede gözlenen birimlerin jeolojisi ve litolojik ilişkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir.

**Ercan (1993)**, çalışmasında Kula bölgesindeki bazaltların Kuvaterner yaşlı olduğunu ve yaklaşık olarak en son safhanın 20000 yıl önce gerçekleştiğini, 3 farklı safha içerdiğini ve maar türündeki volkanların çevresinde “base surge” yapılarının var

olduğunu ve bu volkaniklerin gerilmeli tektonik ile ilişkisinin olduğunu ve detaylı jeokimyasına değinmiştir.

**Aydar (1998)**, Kula alanındaki bazaltik volkanizmanın bilinen en genç volkanizma olduğunu ve bazaltik sinter koniler, mmarlar ve lav akıntuları ile temsil edildiklerini belirtmiştir.

**Tokcaer vd. (2005)**, Batı Anadolu’da gözlenen en genç volkanizma olan “Kula Volkanikleri”nin kökenini ve jeolojik ortamını çalışmışlardır. Yazarlar, bölgede 80’den fazla volkan konisinin olduğunu ve bu volkaniklerin sodyum bakımından zengin karakterde olduklarını; bölgede plato türü bazaltların jeokimyasal sonuçlarının hızlı bir manto yükselimini işaret ettiğini vurgulamışlardır.

**şen vd. (2014)**, Kula bölgesindeki alkali bazalt ve piroklastik çökellerin özelliklerini incelemişlerdir. Yazarlar, yapmış oldukları çalışmada Kula Volkanitlerinin oluşumunu 3 ayrı faza ayırmışlardır. Bunlardan, ilk evrenin ( $1.94 \pm 0.16 - 0.99 \pm 0.11$ ), ikinci evrenin ( $300 \pm 3 - 50 \pm 9$  bin yıl) ve son evrenin ise ( $25 \pm 7 - 4 \pm 2$  bin yıl) yaşta olduklarını tespit etmişlerdir.

### **3. MATERİYAL VE METOD**

Bu çalışma, giriş bölümünde belirtilen amaç doğrultusunda saha çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmalarından oluşan programlı bir jeolojik çalışma ile gerçekleştirilmiştir.

#### **3.1 Saha çalışmaları**

Saha çalışmalarında çalışma alanı ve çevresini kapsayan 1/25 000 ölçekli topoğrafik harita (Uşak K<sub>21d2</sub>) kullanılmıştır. Arazi çalışmalarına, 2015 tarihinde başlanmış olup, 2015-2016 yılları arasındaki yaz ayları içerisinde farklı zaman dilimlerinde yürütülmüştür. Bu çalışmalar sırasında, çalışma alanı ve yakın çevrede yüzlek veren farklı litoloji türleri tanımlanmış ve cevherleşmenin gözleendiği lokasyon detaylı bir şekilde incelenmiştir.

#### **3.2 Laboratuvar çalışmaları**

##### **3.2.1 Petrografik çalışmalar**

Laboratuvar çalışmaları, saha çalışmalarına paralel yürütülmüştür. Saha çalışmaları sırasında manganez cevherleşmelerinin gözleendiği lokasyondan 9 adet örnek derlenmiştir. Bu örnekler üzerinde cevher mineralleri ve gang mineralleri arasındaki doku ve mineral ilişkilerini saptamak amacıyla parlak kesit çalışmaları gerçekleştirilmiştir. İncelemeler, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ndeki Meiji MT-9930 marka alttan ve üstten aydınlatmalı, görüntü analiz sistemli Polarizan Mikroskop ile yapılmıştır. Manganezli cevher örneklerinin 3×2×1 boyutunda hazırlanmış parlak kesitler, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Laboratuvarı'nda hazırlanmış ve kaba-ince aşındırması yapılmıştır.

### **3.2.2 Analiz Çalışmaları**

#### **3.2.2.1 X-Ray Difraktometre analizleri**

X-ray difraktometre analizleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi Laboratuvarı'nda BRUKER D8 Advance model cihaz ile yapılmıştır. Her analiz için 100 µ altına kadar öğütülmüş (SPEX 8000M model automatic powder grinder) en az 10 gr numune gerekmektedir.

#### **3.2.2.2 Tüm kaya analizleri**

İnceleme alanında, manganez bakımından zengin oluşumlardan 9 tanesinin analizi gerçekleştirilmiştir. Analizler, ACME (Kanada) Laboratuvarlarında ICP-MS yöntemi ile yapılmıştır.

### **3.3 Büro çalışmaları**

Saha ve laboratuvarında elde edilen veriler büro çalışmalarıyla değerlendirilmiş ve yorumlanmıştır. Büro çalışmaları, literatür taraması, manganez cevherini oluşturan minerallerin parlak kesitlerinin incelenmesini ve fotoğraf alımını, analiz sonuçlarının yorumlanmasını, bilgisayarda şekil ve diyagramların çizilmesini ve tez yazımını kapsamaktadır.

#### **3.3.1 Literatür taraması ve tez yazımı**

Bu çalışmanın konusunu oluşturan manganez cevherleşmesi ile ilgili çalışmalara ve önceki çalışmalar kısmında verilen çalışmalara farklı kaynaklardan ulaşılmaya çalışılmıştır. Tez yazımı sırasında; jeokimyasal yorumlamalarda Microsoft EXCEL ve Graffer; şekil çizimlerinde Corel Draw programından yararlanılmıştır.

## 4. GENEL JEOLJİ

### 4.1 Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanının temel birimi Paleozoyik yaşlı mermer mercikleri içeren farkli türdeki şistlerden ve yer yer kuvars bantları içeren gnays türü kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar Menderes Masifi'nin örtü ve çekirdek birimlerini oluşturmaktadır. Bu birim üzerinde, uyumsuz olarak Permo-Triyas yaşlı Musadağı Mermerleri bulunmaktadır. Çört bantlı dolomitik kireçtaşlarından oluşan Jura yaşlı Kızılcasöğüt Formasyonu, Musadağı Mermerleri üzerinde gözlenmektedir. Bölgede serpantinitle içerisinde radyolarit-çört ve kireçtaşı bloklarından oluşan Kretase yaşlı Vezirler Melanjı temel birimleri tektonik olarak üzerlemektedir. Kötü boylanmalı, temel kayaların çakıllarını içeren Miyosen yaşlı Kürtköyü Formasyonu Vezirler Melanjı üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Konglomera-kumtaşı-marn-tüf-kiltaşı araldanmasından meydana gelen Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu Kürtköyü Formasyonu üzerinde uyumlu olarak gözlenmektedir. Bu formasyonun hemen üzerinde uyumlu olarak bitümlü şeyl-laminalı kilaşlarından oluşan Küçükderbent Formasyonu bulunmaktadır. Alt Pliyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, tüfit, kiltaşı, marn ve kireçtaşı araldanmasından oluşan Ahmetler Formasyonu içerisinde ayrıtlanan Balçıkdere Üyesi Küçükderbent Formasyonu üzerinde uyumsuzdur. Balçıkdere Üyesi üzerinde uyumlu olarak silttaşı-kiltaşı-tüfit araldanmasından oluşan Gedikler üyesi bulunmaktadır. Üst Pliyosen yaşlı baskın olarak kireçtaşından oluşan ve omurgalı fosil içeren Ulubey Formasyonu Balçıkdere Formasyonu üzerinde uyumu olarak yer almaktadır. Andezit, tüf ve aglomeradan oluşan Pliyosen yaşlı Beydağı Volkanitleri her iki birimi de kesmektedir. Kuvaterner yaşlı Asartepe Formasyonu Ulubey Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak gözlenmektedir. Bazalt, tüften meydana gelen Burgaz Volkanitleri Asartepe Formasyonu üzerinde gözlenmektedir. Aynı şekilde, bazalt ve tüften oluşan Elekçitepe Volkanitleri Burgaz Volkanitleri üzerinde gözlenmektedir. Kuvaterner yaşlı eski alüvyon Elekçitepe Volkanitleri üzerinde gözlenmektedir. Divlittepe Volkanitleri eski alüvyon üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. En genç birim olan Kuvaterner yaşlı alüvyon kendinden daha yaşlı birimleri uyumsuz olarak örtmektedir (Ercan vd., 1978, Şekil 3.1).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON/ ÜYE	KALINLIK	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR				
SENOZOYİK	KUVATERNER		ALÜVYON	0-40 m	Qal		Alüvyon: Tutulmuş çakıl, kum, silt				
			DİVLİTTEPE VOLKANİTLERİ	0-40 m	Qv3		Bazalt-tüf: Bol gözenekli, oji-olivin-hornblend-plajiyoklas				
			ESKİ ALÜVYON	0-30 m	Q1		Eski Alüvyon: Tutulmuş çakıl, kum, silt				
			ELEKÇİTEPE VOLKANİTLERİ	0-40 m	Qv2		Bazalt-tüf: Gri, siyah renkli genellikle sıkı oji-olivin-hornblend-plajiyoklas				
			BURGAZ VOLKANİTLERİ	0-50 m	Qv1		Bazalt-tüf: Gri, siyah, mor renkli az gözenekli, oji-olivin-hornblend-hiperster				
			ASARTEPE FORMASYONU	200 m	Qal		Konglomera-kumtaşı ardalanması: Farklı renklerde, genellikle kızıl ve turuncu renkli, gevşek tüf ve kil çimentolu, orta-kalın tabakalıdır				
	TERSİYER	NEOJEN	PLİYOSEN ORTA	ULUBEY FORMASYONU	250 m	Tp1u		Kireçtaşı: Alt seviyeleri genel olarak kumlu kireçtaşı-mam ardalanmalı, üstte doğru açık renkli kireçtaşları			
				BEYDAĞI VOLKANİTLERİ		Tp1bv		Andezit-Tüf-Aglomera: Pembemsi renkli andezit, aglomera ve tüf. Aglomera ve tüf içinde mangan oluşumları gözlenmektedir.			
				AHMETLER FORMASYONU	GEDİKLER ÜYESİ	50 m	Tp1ag		Silttaşı-kilitaşı-tüfit ardalanması: Sarı, gri renkli kilitaşı, silttaşı ardalanması ve yer yer volkanik blok içerir.		
					BALÇIKLUDERE ÜYESİ	200 m	Tp1ab		Konglomera-Kumtaşı-Tüfit-Kilitaşı-Marn-Kireçtaşı ardalanması: Açık beyaz ve gri renkli, bol omurgalı fosil içerir ve konglomera ve kumtaşılarında yer yer mercekli uranyum cevherleşmeleri gözlenir.		
				KÜÇÜK DERBENT FORMASYONU	55 m	Tp1cd		Bitümlü şeyl-laminallı kilitaşı-alacalı kumtaşı-tüfit-marnlı kireçtaşı ardalanması: Bitümlü şeyl seviyeleri gri renkli, çok ince balık ve yaprak fosili ve liriyli içerir.			
				YENİKÖY FORMASYONU	400 m	Tp1y		Konglomera-kumtaşı-marn-kilitaşı-tüfit ardalanması: Altta gri renkli konglomeralar ve killi marnlı seviyeler, daha üstte doğru sarı renkli kumtaşı-kilitaşı-tüfit ve kireçtaşlarına geçer. Yer yer liriyli seviyeler içermektedir. Liriyli seviyelerde yaprak fosili diğer seviyelerde Gazipod içermektedir.			
				KÜRTKÖYÜ FORMASYONU	40 m			Alüvyon yelpazesi: İri taneli fosil içermeyen, yer yer kötü boylanmış çakıl, kum ve çamurtaşı içerir. Kırmızımsı-kahverengi renklidir.			
				MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	VEZİRLER MELANJİ		Km		Melanj: Farklı boyutlarda radyolarit, çört, kireçtaşı blokları içeren aşırı alüve serpentin kamaşığı. Radyolaritik bloklarında yer yer mangan cevherleşmeleri gözlenir.
						JURA	KIZILCASÖĞÜT FORMASYONU		Jk		Dolomitik Kireçtaşı: Gri, siyahimsi, beyaz renkli yer yer çört bantları içerir.
					PERMİYEN TRİYAS	MUSADAGI MERMERLERİ		PFm		Mermer: Beyaz, gri ve pembemsi renkli, şeker dokulu, yer yer zımpara mercikleri içerir.	
					PALEOZOYİK		ESME FORMASYONU		Pp3a		Gözlü Gnays-Gnays-Mikaşist-Kalkşist: Tabanda daha çok iri feldspat gözlemlenenden oluşan gözlü gnays; daha üstte doğru yer yer mermer mercikleri içeren şist seviyeleri.
							GÜNEYKÖY FORMASYONU		Pp3b		Metagranit: Çok iri pembe-beyaz renkli, granit görünümü açık ve kuvars damarları içerir.

Şekil 3.1: Kula Bölgesi'nin tektono-stratigrafik kolon kesiti (Ercan vd., 1978).

## 4.2 İnceleme alanının jeolojisi

### 4.2.1 Stratigrafi

Bölgede temeli Palzeozoyik yaşlı klorit-serizit-şist, mika şist ve gnaysdan meydana gelen Eşme Formasyonu oluşturmaktadır. Bu birimin üzerine Üst Kretase yaşlı oldukça altere serpantinit içerisinde radyolarit ve kireçtaşı bloklarından meydana gelen Vezirler Melanjı tektonik olarak gelmektedir. Vezirler Melanjı'nı genellikle kötü boylanmalı, kırmızımsı rengi ile tipik olan Miyosen yaşlı Kürtköyü Formasyonu uyumsuz olarak örtmektedir. Bölgedeki linyit yataklarına ev sahipliği yapan konglomera-kumtaşı-marn ar dalanmasından meydana gelen Yeniköy Formasyonu, Kürtköyü Formasyonu üzerine uyumlu olarak oturmaktadır. Yeniköy Formasyonu üzerinde konglomera-kumtaşı-tüfit-marn-kireçtaşı ar dalanmasından meydana gelen Ahmetler Formasyonu'na ait Balçıklıdere Üyesi uyumsuz olarak gelmektedir. Balçıklıdere Üyesi, hemen üzerindeki Pliyosen yaşlı genellikle kireçtaşlarından meydana gelen açık renkli Ulubey Formasyonu ile uyumludur. Bu formasyon üzerinde Kuvaterner yaşlı konglomera-kumraşı ar dalanmasından oluşan Asartepe Formasyonu uyumsuz olarak yer almaktadır.

Batı Anadolu'nun en genç volkanik birimlerini bünyesinde barındıran Kula Volkanitleri inceleme alanında 3 ayrı formasyona ayrılmıştır. Bunlar tabandan tavana doğru; 1) Burgaz Volkanitleri, 2) Eekçitepe Volkanitleri ve 3) Divlittepe Volkanitleridir. Bu birimlerin hemen hemen hepsi bazaltik bileşimlidir ve koyu renkli olup, bol gaz boşluğu içermektedirler. Bazı lokasyonlarda sütunsal özellik göstermektedirler. Bu bazaltik birimlerim üzerinde ise inceleme alanının en genç birimlerini oluşturan alüvyon bulunmaktadır (Şekil 4.1).



ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON/ ÜYE	KALINLIK	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER		ALÜVYON		Qal		<b>Alüvyon:</b> Tuturulmamış çakıl, kum, silt	
			DİVLİTTEPE VOLKANİTLERİ	0-40 m	Okv3		<b>Bazalt-tüf:</b> Bol gözenekli, ojit-olivin-hornblend-plajiyoklas	
			ELEKÇİTEPE VOLKANİTLERİ	0-80 m	Okv2		<b>Bazalt-tüf:</b> Gri, siyah renkli genellikle sıkı ojit-olivin-hornblend-plajiyoklas	
			BURGAZ VOLKANİTLERİ	0-50 m	Okv1		<b>Bazalt-tüf:</b> Gri, siyah, mor renkli az gözenekli, ojit-olivin-hornblend-hiperster	
			ASARTEPE FORMASYONU	200 m	Qat		<b>Konglomera-kumtaşı ardalanması:</b> Farklı renklerde, genellikle kuzi ve turuncu renkli, gevşek tüf ve kil çimentolu, orta-kalın tabakalanmalı	
	TERSİYER	NEOJEN	ÜST	ULUBEY FORMASYONU	250 m	Tplu		<b>Kireçtaşı:</b> Alt seviyeleri genel olarak kumlu kireçtaşı-marn ardalanmalı, üste doğru açık renkli kireçtaşları
			ORTA	AHMETLER FORMASYONU BALÇIKLIDERE ÜYESİ	200 m	Tplab		<b>Konglomera-Kumtaşı-Tüfit-Kilitaşı-Marn-Kireçtaşı ardalanması:</b> Açık beyaz ve gri renkli, bol omurgalı fosil içerir ve konglomera ve kumtaşlarında yer yer mercekli uranyum cevherleşmeleri gözlenir.
		ALT	YENİKÖY FORMASYONU	400 m	Tiny		<b>Konglomera-kumtaşı-marn-kilitaşı-tüfit ardalanması:</b> Altta gri renkli konglomeralar ve killi marnlı seviyeler, daha üste doğru sarı renkli kumtaşı-kilitaşı-tüfit ve kireçtaşlarına geçer. Yer yer linyit seviyeleri içermektedir. Linyitli seviyelerde yaprak fosili diğer seviyelerde <i>Gastropod</i> içermektedir.	
			KÜRTKÖYÜ FORMASYONU	40 m			<b>Alüvyon yelpazesi:</b> İri taneli fosil içermeyen, yer yer kötü boylanmalı çakıl, kum ve çamurtaşı içerir. Kırmızımsı-kahverengi renklidir.	
								<b>uyumsuzluk</b>
MESOZOYİK	KRETASE	ÜST KRETASE	VEZİRLER MELANJİ	?	Kvm		<b>Melanj:</b> Farklı boyutlarda radyolarit, çört, kireçtaşı blokları içeren aşırı altlere serpentinli karmaşığı. Radyolaritik bloklarında yer yer mangan cevherleşmeleri gözlenir.	
PALEOZOYİK			EŞME FORMASYONU	?	Pzşö		<b>Gözlü Gnays-Gnays-Mikaşist-Kalkşist:</b> Tabanda daha çok iri feldspat gözlerinden oluşan gözlü gnays; daha üste doğru yer yer mermer mercekleri içeren şist seviyeleri.	
							<b>tektonik kontak</b>	

Şekil 4.1: İnceleme alanının tektono-stratigrafik kolon kesiti (Ercan vd., 1980).

#### 4.2.1.1 Eşme Formasyonu (Pzşe)

**Tanım ve Yayılım:** Birim ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanının güney kesiminde İbrahimağa Köyü'nün hemen güneyinde gözlenmektedir.

**İstif ve Litoloji:** Formasyon genel olarak taban kesimlerde gnays, daha üst seviyelerde ise çeşitli tipte şist litolojilerinden meydana gelmektedir. Genellikle koyu kahve, sarımsı renk tonlarında gözlenen birim, bol kıvrımlıdır (Şekil 4.2). Gnayslar gözlü gnays şeklinde gözlenmekte olup, gözleri iri taneli feldspat ve kuvarstan yapılıdır. İnceleme alanının dışında Kula yolu üzerinde yaygın mostraları bulunan Eşme Formasyonu'nu içerisinde kalın kuvars damarları ve turmalin içeren feldspat bakımından zengin pegmatitler de mevcuttur (Şekil 4.3). Eşme Formasyonu içerisinde yer yer mermer blokları da bulunmaktadır (Şekil 4.4).



**Şekil 4.2:** Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu'nun mostra görünümü



**Şekil 4.3:** Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu'nun ve içerisindeki kuvars merceğinin yakından görünümü



**Şekil 4.4:** Çalışma alanı dışında Kula yolu üzerinde gözlenen Eşme Formasyonu içerisindeki mermer bloğunun görünümü

**Kalınlık:** Eşme Formasyonu'nun kalınlığı tespit edilememiştir.

**Dokanak ilişkisi:** Eşme Formasyonu inceleme alanının güneybatı kesiminde Alt Pliyosen yaşlı Balçıklıdere Üyesi ile Kuvaterner yaşlı Asartepe Formasyonu ile heterolitik uyumsuzdur. Diğer taraftan, inceleme alanında görülmemesine rağmen, muhtemelen Eşme Formasyonu ile Verzirler Melanjı arasında tektonik bir kontak bulunabilir.

**Yaş:** Önceki çalışmalara göre Menderes Masifi gözlü gnayaları üzerinde yapılan yaş araştırmaları, bu kayaçların ortalama yaşının 500 my civarında olduğunu göstermiştir (Dora vd., 1992). Dannat (1997), Buldan (Denizli) batısında yüzlek veren gözlü gnayalardan yaptığı çalışmada 528 My (Pb/Pb) yaş tespit etmiştir.

#### 4.2.1.2 Vezirler Melanjı (Kvm)

**Tanım ve Yayılım:** Birim ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. Birim, inceleme alanının güney kesiminde Köprü Tepe civarı, Çakırca köyü batısında, Şehirlioğlu damları, Yörükdamları, Deveboynu Tepe, İnkaya Tepe, Akgedik Tepe civarında mostra vermektedir.

**İstif ve Litoloji:** Formasyon yaygın olarak aşırı altere serpantinitleten meydana gelmektedir (Şekil 4.5, 4.6). Aynı zamanda, bu serpantinitleten içerisinde büyük çaplı radyolarit ve kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. İnceleme alanında Şehirlioğlu damlarının batısında ve Yörükdamları kuzeyinde iyi tabakalı radyolaritler gözlenebilmektedir (Şekil 4.7, Şekil 4.8). Buna ek olarak, aynı lokasyonlarda yine radyolaritler ile birlikte kireçtaşı blokları gözlenebilmektedir. Radyolarit-çört litolojilerinden meydana gelen birim içerisinde tabakalanmaya uyumlu manganez cevherleşmeleri gözlenmektedir. Kireçtaşları çört nodülleri içermektedir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

**Kalınlık:** Ercan vd. (1978)'e göre Vezirler Melanjı'nın kalınlığı tespit edilememiştir.



**Şekil 4.5:** Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolunun doğru kesiminde Köprü Tepe civarındaki aşırı altere serpentinitlerin yakından görünümü



**Şekil 4.6:** Çalışma alanında Kula-Pabuçlu yolunun doğru kesiminde Köprü Tepe civarındaki aşırı altere serpentinitlerin yakından görünümü



**Şekil 4.7:** Çalışma alanında Yörükdamlarının kuzey kesiminde tabakalı-kıvrımlı radyolaritlerin mostra görünümü



**Şekil 4.8:** Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde tabakalı radyolaritlerin yakından görünümü



**Şekil 4.9:** Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde çört yumruları içeren kireçtaşı bloğunun yakından görünümü



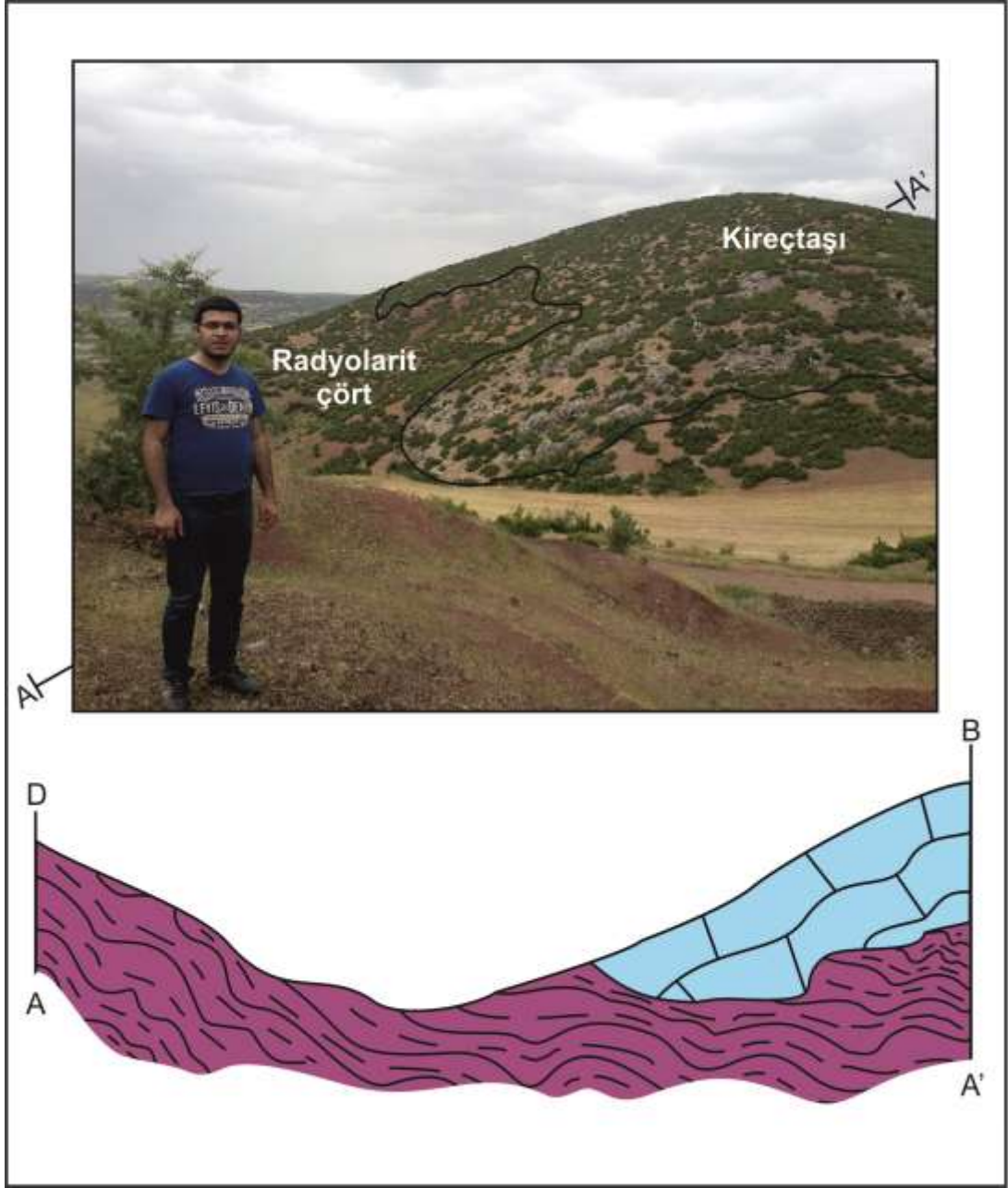
**Şekil 4.10:** Çalışma alanında Yörük damlarının kuzey kesiminde çört yumruları içeren kireçtaşı bloğunun yakından görünümü

**Dokanak ilişkisi:** Vezirler Melanjı il Eşme Formasyonu arasındaki kontak ilişkisi inceleme alanında görülmemesine rağmen muhtemel Eşme Formasyonu üzerinde tektonik olarak bulunmaktadır. Birim kendi içerisinde radyolarit-çört ile kireçtaşı üniteleri ile kontaklıdır (Şekil 4.11, Şekil 4.12). Birim bölgede bulunan birçok Neojen yaşlı havza kayaçlarının tabanında bulunmaktadır. Yörükoğlu damları mevkiinde ve Çakırca köyü batısında Pliyosen yaşlı Balçıklıdere Formasyonu ile heterolitik uyumsuzdur (Şekil 4.13, 4.14). Diğer taraftan, Kavaklı köyü kuzeydoğusunda, Çatalarla Tepe güneyinde Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu ile aynı zamanda Kale Tepe kuzeyinde Miyosen yaşlı Kürtköyü Formasyonu ile heterolitik uyumsuzdur.



**Şekil 4.11:** Çalışma alanında Şehirlioğlu damlarının batı kesiminde radyolarit ile hemen üzerindeki kireçtaşı bloğunun görünümü





**Şekil 4.12:** Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit ile kireçtaşı arasındaki dokanak ve A-A' boyunca geçen jeoloji enine kesiti



**Şekil 4.13:** Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit ile hemen üzerindeki Balçıklıdere Formasyonu'nun görünümü



**Şekil 4.14:** Vezirler Melanjı ile Yeniköy Formasyonu arasındaki uyumsuz dokanak

#### 4.2.1.3 Kürtköyü Formasyonu (Tmk)

**Tanım ve Yayılım:** Kürtköyü Formasyonu ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. Birim inceleme alanında Pabuçlu köyü güneybatısı ve Akça Tepe civarında mostra vermektedir.

**İstif ve Litoloji:** Kurtköyü Formasyonu Batı Anadolu'da Uşak civarında da birçok lokasyonda gözlenen kırmızımsı rengi ile tipik bir formasyondur. Çakılları çoğunlukla melanaj karakterlidir ve havzada kendinden yaşlı birimlerin çakıllarını içermektedir. Birim kötü boylanmalıdır (Şekil 4.15).



Şekil 4.15: Yaylak Tepe kuzeyinde Kürtköyü Formasyonu'nun yakından görünümü

**Dokanak İlişkisi:** Kürtköyü Formasyonu kendinden daha yaşlı olan Vezirler Melanji üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte, inceleme alanında üzerindeki Miyosen yaşlı Yeiköy Formasyonu ile uyumludur.

**Kalınlık:** Ercan vd. (1978)'e göre Kürtköyü Formasyonu'nun kalınlığı yaklaşık olarak inceleme alanında 40 m'dir.

#### 4.2.1.4 Yeniköy Formasyonu (Tmy)

**Tanım ve Yayılım:** Kürtköyü Formasyonu ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. Bu formasyon, Muratdağı batı kesiminde Akdeniz ve Konak (1979) tarafından Kızılbük Formasyonu olarak adlandırılmıştır. Birim inceleme alanında Pabuçlu köyü batısında ve Çakaldamının güneydoğusunda mostra vermektedir.

**İstif ve Litoloji:** Yeniköy Formasyonu Batı Anadolu'da Uşak civarında da birçok lokasyonda gözlenmektedir. Açık renkli, iyi tabakalanmalı, tabanda konglomera, kumtaşı, tuf, marn ve kiltası litolojilerinden meydana gelen birim birçok linyit yataklarına ev sahipliği yapmaktadır.

**Kalınlık:** Yeniköy Formasyonu'nun kalınlığı Ercan vd. (1978)'e göre yaklaşık olarak 400 m civarındadır.

**Dokanak İlişkisi:** Yeniköy Formasyonu Vezirler Melanjı'nın mostra verdiği alanlarda özellikle Çatalarla Tepe güneyinde, bu birimin üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Yeniköy Formasyonu, tabanında yer alan Kürtköyü Formasyonu ile uyumludur. İnceleme alanında en iyi gözlendiği yerler Akça Tepe güneyi, Kale Tepe kuzeybatısıdır.

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Yeniköy Formasyonu'ndan derlenen kömür (liniyit) örneklerinden yapılan palinoloji analizi sonucu, spor ve polenlerden elde edilen verilere göre formasyonun yaşı Orta Miyosen; ayrıca formasyonun üst seviyelerindeki fosilli seviyelerden elde edilen verilere göre Orta-Üst Miyosen olarak saptanmıştır. Tezde de bu yaş kabul edilmiştir (Ercan vd., 1978).

#### 4.2.1.5 Ahmetler Formasyonu (Balçıklıdere Üyesi) (Tplab)

**Tanım ve Yayılım:** Balçıklıdere Üyesi, Ahmetler Formasyonu altında üye olarak ayırtlanmıştır. Birim ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. İnceleme alanında geniş yüzlekler vermektedir. Pabuçlu, Kavaklı, Şeremet, Buruşuk Ahmetli köyleri civarında gözlenmektedir.

**İstif ve Litoloji:** Balçıklidere Üyesi yaygın olarak konglomera-kumtaşı-tüfit-kil taşı-marn-kireçtaşı ardalanmasından meydana gelmektedir (Şekil 4.16). Alt seviyeleri gri, mavimsi, yeşilimsi, sarımsı renkli kumtaşı, kiltası ve tüfitler, üste doğru konlomera-mikrokonglomera-kumtaşı-tüfit-kiltası-marn ve kireçtaşı ardalanmasına döner. Zengin omurgalı *Gastrapod* ve *lamellibrans* fosilleri içerir. Konglomera ve kumtaşlarında merccekler şeklinde yer yer uranyum cevherleşmeleri bulunmaktadır (Ercan vd., 1978). Bu zonlar Köprübaşı civarında daha net gözlenmektedir.



**Şekil 4.16:** Balçıklidere Üyesi'nin uzaktan görünümü (İbrahimağa Köyü batısı)

**Kalınlık:** Balçıklidere Üyesi'nin kalınlığı Ercan vd. (1978)'e göre yaklaşık olarak 200 m civarındadır.

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Balçıklidere Üyesi'nde tespit edilem omurgalı foillere bakılarak bu birimin yaşı Alt Pliyosen olduğu saptanmıştır (Ercan vd., 1977, 1978).

#### 4.2.1.6 Ulubey Formasyonu (Tplu)

**Tanım ve Yayılım:** Birim ilk kez Ercan vd. (1978) tarafından adlandırılmıştır. Ulubey Formasyonu, tabanında yer alan Balçıkdere Formasyonu ile uyumludur. İnceleme alanında Hanyıkığı Tepe, Sumaklı Tepe civarında geniş yüzlekleri bulunmaktadır.

**İstif ve Litoloji:** Ulubey Formasyonu genel olarak altta kumlu kireçtaşı-marn ardalanmasından daha üste doğru ise açık pembemsi renkli kireçtaşları, en üstte ise grimsi-beyazımsı renkli gösel kireçtaşlarından meydana gelmektedir. Kireçtaşları kalın tabakalı, erime boşluklu ve yer yer diatomit oluşumları kapsamaktadır.

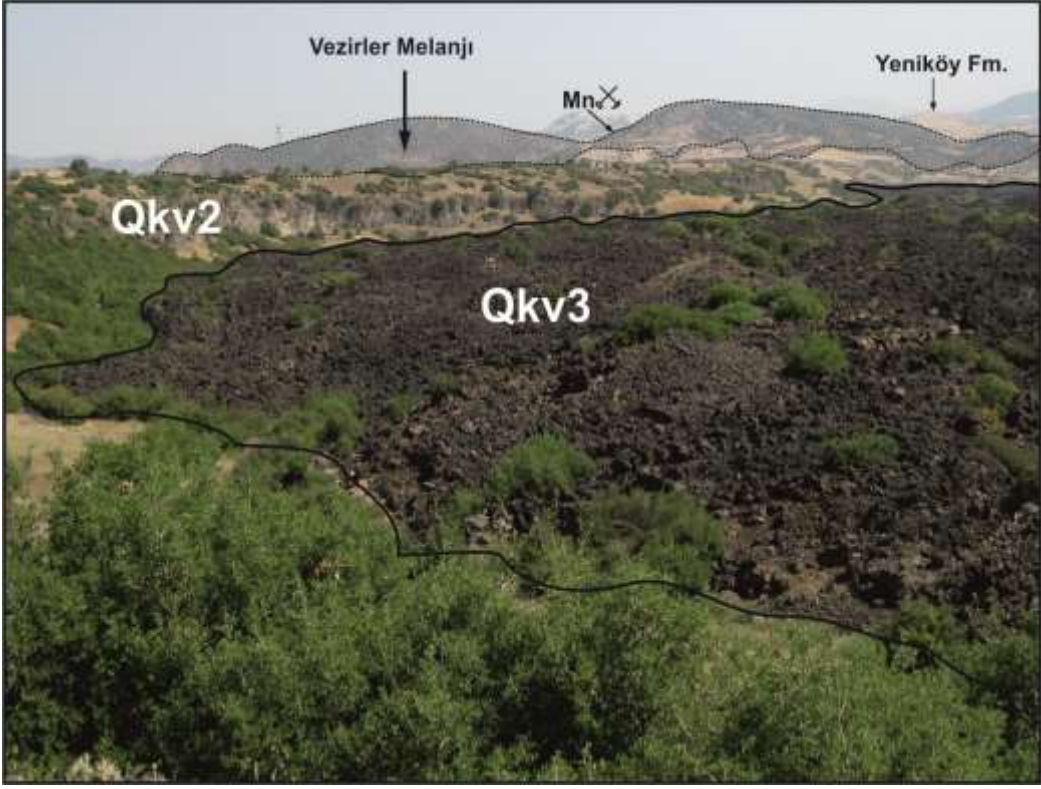
**Dokanak İlişkisi:** Birimin inceleme alanında iki formasyon ile dokanak ilişkisi bulunmaktadır. İnceleme alanının batı kesiminde Balçıkdere Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunurken, Burgaz Volkanitleri Ulubey Formasyonu'nun üzerinde bulunmaktadır.

**Kalınlık: Ulubey Formasyonu'nun** kalınlığı Ercan vd. (1978)'e göre yaklaşık olarak 250 m civarındadır.

**Fosil Kapsamı ve Yaş:** Ulubey Formasyonu'nu oluşturan kireçtaşlarını gözlemlendiği kesimlerden yapılan paleontolojik çalışmalarda Ostrakod ve Gastropod fosillerinin olması bu birimin Pliyosen yaşlı olduğunu göstermektedir (Ercan vd., 1978).

#### 4.2.1.7 Kula Volkanitleri (Qkv)

Kula Volkanitleri inceleme alanında Ercan vd. (1978) tarafından 3 ana birime ayrılmıştır: Bunlar, 1) Burgaz Volkanitleri, 2) Elekçitepe Volkanitleri ve 3) Divlittepe Volkanitleri. Bunlardan Bulkaz Volkanitleri en yaşlı ve ilk safha bazaltlar olup, plato şeklinde Neojen yaşlı havza kayaçlarının üzerinde bulunmaktadır. İnceleme alanında Tavşan Tepe, Eğlence Tepe batısı ve Çakırca köyü doğu kesiminde yüzlek vermektedir. İkinci faz ürünü, Elekçitepe Volkanitleridir. Çalışma alanında Buruşuk Ahmetli köyünün doğu ve güneydoğusunda mostra vermektedir (Şekil 4.17). En son safha olan Divlittepe Volkanitleri inceleme alanının güney kesiminde Köprü Tepe ve Gediz Nehri'nin batısında gözlenmektedir. İnceleme alanında Kula Volkanitleri'nde nadir de olsa sütun bazaltlar gözlenmektedir (Şekil 4.18).



**Şekil 4.17:** Kretase yaşlı Vezirler Melanjı, hemen üzerinde uyumsuz olarak Miyosen yaşlı Yeniköy Formasyonu ve ön planda Kula Volkanitleri (Qkv2: Elekçitepe Volkanitleri, Qkv3: Divlittepe Volkanitleri).



**Şekil 4.18:** Kula Volkanitleri'nin sütun yapılı bazaltları (Karakoca Köyü güneydoğusu)

## **5. YAPISAL JEOLJİ**

Çalışma alanında allokton kaya ünitelerini, İzmir-Ankara-Erzincan Kenet zonuna ait melaj karakterli Kretase yaşlı Vezirler Melanjı oluşturmaktadır. Kretase döneminde oluşmuş olan bu kaya birimi, kenet zonundan güneye doğru itilmiş ve şu anki konumunu Eosen döneminde almıştır. Melanj türü kayaçlar, bölgede temel kayaçlar olan Paleozoyik yaşlı yer yer mermer mercikleri içeren Menderes Masifi'ne ait olan şist ve gözlü gnaysların üzerine itilmişlerdir. Sonraki dönemlerde ise bölge Miyosen zamanında gerilmeli tektonik yapıların etkisi altında kalmıştır. K-G yönlü açılma rejiminden kayaçlar da yoğun bir şekilde etkilenmiştir.

### **5.1 Tabakalanma**

İnceleme alanında Vezirler Melanjı'na ait özellikle radyolarit-çört birimleri çok düzgün tabakalanma göstermektedirler. Tabaka kalınlıkları yaklaşık olarak 10-15 cm arasında değişmektedir ve hakim eğim yönü GB'ya doğrudur. Diğer taraftan, bölgedeki havza türü gölsel formasyonlarda düzenli tabakalanma izlenmiştir.

### **5.2 Eklem**

Çalışma alanında gözlenen ve manganeze ev sahipliği yapan radyolaritli birimler güzel tabakalanma sunmalarına rağmen, güçlü silis içerikleri nedeniyle çoğu zaman tektonik kuvvetlerin de etkisinde kalarak bol kırıklı ve çatlaklı bir görünüm kazanmıştır.

### **5.3 Kıvrımlanma**

Vezirler Melanjı içerisinde blok şeklinde gözlenen radyolarit-çört litolojileri bazı mostralarda, tabakalanma ile uyumlu olan manganez oluşumları ile birlikte güçlü bir şekilde kıvrımlanmıştır. Bu kıvrımlı yapılar, birimin oluşumundan itibaren itilmesine kadar geçen süreçte sıkışma rejiminin etkisidir.



## 6. EKONOMİK JEOLOJİ

### 6.1 Manganezle ilgili genel bilgiler

Manganez yer kabuğunda doğal olarak bulunan gri-gümüş renkli bir metaldir. Koyu siyah renkli pirolusit minerali antik zamanlarda 30 000 yıl önce Lascaux (Fransa) bölgesinde mağara ressamcılığında kullanılmıştır. 1700'lü yıllarda birkaç kimyager pirolusit içerisindeki metal bileşenini izole etmek için çalışmıştır. Bunu başarılı bir şekilde yapan ilk araştırmacı İsveçli bir mineraloji uzmanıdır. Buna ek olarak, 1771'de Viyana'da bir öğrenci yazmış olduğu tezinde manganez metalinin nasıl üretilbileceğini tartışmıştır (<http://www.rsc.org>). Kimyasal olarak, mangan (Mn) elementinin atom numarası 25 ve atom ağırlığı ise 54.93'dir.  $Mn^{2+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $Mn^{4+}$  şeklinde üç iyonu bulunmaktadır. Bunlardan en yaygın olanı  $Mn^{2+}$  dir (Teker, 2010). Dünya genelinde 200'ün üzerinde bünyesinde mangan bulunan mineral olmasına rağmen, en iyi bilinen mangan mineralleri braunit, manganit, psilomelan, rodokrozit mineralleridir. Önemli manganez mineralleri Tablo 6.1'de verilmiştir.

**Tablo 6.1:** Önemli manganez mineralleri (DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu)

Mineral	Formül	Mn (%)	Sertlik	Yoğunluk
Alabandit	MnS	~ 63.2	3.5-4	3.95
Bixbit	(Mn, Fe) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30-40	6	5
Braunit	3Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .MnSiO <sub>3</sub>	50-60	6-6.5	4.7-4.9
Hausmanit	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	72	4.8	4.7-5
Hollandit	BaMn <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	24	6	4.5-5
Jakopsit	MnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	24	6	4.8
Koronadit	PbMn <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	24	5.2-5.6	4.5-5
Kriptomelan	KMn <sub>8</sub> O <sub>16</sub>	45-60	5-6	4.3
Manganit	MnO <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	62	4	4.3
Pirolusit	MnO <sub>2</sub>	63.2	6-7	5
Polianit	MnO <sub>2</sub>	-	6-6.5	5
Psilomelan	BaMn <sub>9</sub> O <sub>18</sub> .2H <sub>2</sub> O	35-60	5-6	4.4-4.7
Ramsdellit	MnO <sub>2</sub>	63	3	4.7
Rodokrozit	MnCO <sub>3</sub>	48	3.5-4	3.3-3.6
Rodonit	MnSiO <sub>3</sub>	42	5.5-6.5	3.4-3.6

## 6.2 Türkiye manganez yatakları ve rezervi

Dünya genelinde bulunan manganez yataklarında Mn tenörü düşük veya orta seviyede olduğu için, hacmi büyük manganez yatağı bulunmamaktadır. Ülkemiz % 0.11'lik manganez potansiyeline sahiptir. Rezervlerin büyük bir çoğunluğunu Fe içeren mangan cevherleşmeleri (% 10-35 Mn) oluşturmaktadır. Mangan içeren demir cevherleşmeleri demir-çelik fabrikalarında sinterde kullanılmaktadır ve manganez cevheri kullanımından tasarruf sağlamaktadır. Hekimhan-Deveci (Malatya)'deki manganez cevherleşmeleri çoğunlukla metalurjik manganez cevheri grubunda değerlendirilebilir (DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu).

Tablo 6.2'de Türkiye'de bulunan manganez ve demir-manganez yatakları verilmiştir. Bunlardan, Ereğli (Zonguldak) civarında bulunan manganez oluşumları kökensele olarak Üst Kretase yaşlı andezit kompozisyonlu volkano-sedimanter oluşumlardır. Mangan cevherleşmesi Üst Kretase yaşlı tüfit ve kumtaşları litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Ramazanlı-Kızılamba (Ereğli) bölgedeki en önemli zuhurdur.

**Tablo 6.2:** Türkiye'de bulunan manganez ve demir-manganez yatakları (Teker, 2010)

Lokasyon	Bölge	Yaş	Yan kayaç	Cevher	Köken
Akpınarkale Tepe	Burdur-Çamoluk	Triyas-Jura	kireçtaşı	manganez	hidrotermal
Ambarcık	Burdur-Çavdır	Jura-Kretase	radylorit	manganez	hidrojenetik
Ankara civarı	Ankara	Üst Kretase	Radyolarit-tüf	manganez	volkano-sedimanter
Basilli	Isparta-Aksu	Triyas	radylorit	manganez	hidrojenetik
Çebiş	Burdur	Triyas-Jura	kireçtaşı	demir-manganez	hidrotermal
Elmaçukuru	Burdur-Çamoluk	Triyas-Jura	kireçtaşı	manganez	hidrotermal
Güneydoğu Anadolu	-	-	radylorit	manganez	volkano-sedimanter
Havutlu	Isparta-Aksu	Triyas	radylorit	manganez	hidrojenetik
İmrezi	Isparta	Triyas-Jura	radylorit	manganez	hidrojenetik
İncirdere -Üç gözler	Burdur-Bucak	Triyas-Jura	kireçtaşı	demir- manganez	hidrotermal
İncirdere-Soğanlıdere	Burdur-Bucak	Triyas-Jura	kireçtaşı	demir-manganez	hidrotermal
Tosya	Kastamonu	Liyas	pelajik kireçtaşı-çört	manganez	volkano-sedimanter
Kestel	Burdur-Bucak	Triyas-Jura	kireçtaşı	manganez	hidrojenetik
Kestel	Burdur-Bucak	Triyas-Jura	kireçtaşı	demir- manganez	hidrotermal
Kulube Tepe	Burdur-Çamoluk	Triyas-Jura	kireçtaşı	manganez	hidrotermal
Ocaklı-Trabzon	Doğu Karadeniz	Üst Kretase	kireçtaşı	manganez	volkano-sedimanter
Trakya	-	Oligosen	marn	manganez	sedimanter
Ulukent-Tavas	Denizli	Alt Kretase	killi kireçtaşı	manganez	sedimanter
Ereğli	Zonguldak	Üst Kretase	tüfit-kumtaşı	manganez	volkano-sedimanter

Tosya (Kastamonu) civarındaki mangan cevherleşmeleri Liyas yaşlı pelajik kireçtaşı ve çörtler içerisindeki volkano-sedimanter oluşumlardır. Ocaklı (Trabzon)'daki mangan cevherleşmeleri bölgedeki dasit ve andezit volkanizmasına

bağlı olarak oluşmuş volkano-sedimanter kökenli oluşumlardır. Güneydoğu Anadolu yöresindeki cevherleşmeler, radyolaritler içerisinde gözlenmekte olup, volkano-sedimanter karakterli oluşumlardır. Ankara çevresindeki cevherleşmeler Üst Kretase yaşlı Ankara Melanjı'nın radyolarit üniteleri ve Tersiyer yaşlı tuf birimi içerisindeki volkano-sedimanter oluşumlardır. Trakya bölgesinde (Binkılıç, İnceğiz) bulunan mangan cevherleşmeleri Oligosen marn litolojileri içerisindeki sedimanter kökenli oluşumlardır ve tenörü düşüktür. Çöpler-Dilli (Erzincan) civarındaki mangan cevherleşmeleri hidrotermal kökenlidir ve en kaliteli Mn cevherini içermektedir (Tablo 6.3, DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu).

Ülkemizdeki manganez yataklarının görünür+muhtemel toplam rezervi 4 561 000 ton olup (Tablo 6.3), cevherin % 90-95'i demir-çelik endüstrisinde tüketilmektedir. Manganezin ikinci önemli tüketim alanı pil-batarya ve kimya sanayiidir. Diğer tüketim alanları ise elektrolitik çinko üretimi, uranyum, cam ve seramik, kaynak sanayii ve ziraat alanıdır.

**Tablo 6.3:** Türkiye Manganez Rezervleri (DPT VII. Beş Yıllık Kalkınma Planı ÖİK Raporu)

Yatak	İl-İlçe	Rezerv (G+M)	Tenör (%)	Metal	Açıklama
Dokuz tekne	Adana-Selimiye	76.5	20	15.30	25 Fe+18.14 SiO <sub>2</sub>
Kontromtaşı	Artvin-Ardanuç	10	38.5	3.85	6.30 Fe+1.38 SiO <sub>2</sub>
Paşalık	Artvin-Ardanuç	8	21	1.68	13.0 Fe+19.0 SiO <sub>2</sub>
Balçı	Artvin-Borçka	20	42.17	8.43	5.6 Fe+10 SiO <sub>2</sub>
Seçkiyat	Artvin-Borçka	28.8	34.09	9.82	1.67 Fe+21.51SiO <sub>2</sub>
Korucular	Artvin-Borçka	18.75	42.8	8.02	
Korucular	Artvin-Borçka	20.25	22.9	4.64	
Çavdarlı	Artvin-Şavşat	30	31.78	9.53	8.99 Fe+10.28 SiO <sub>2</sub>
Ulukent	Denizli-Tavas	4 000	33.86	1 354	
Çağırangözü	Denizli-Tavas	5	57.85	2.89	
Erdoğan	Denizli-Tavas	9.2	40-45	3.86	0.73 Fe+2.58 SiO <sub>2</sub>
Dilli	Erzincan-Kemaliye	24	43.93	10.54	22.30 SiO <sub>2</sub>
Dostallı	Gaziantep-Burç	2.5	45.3	1.13	
Karlıca	Gaziantep-Burç	8.4	34.73	2.91	36.29 SiO <sub>2</sub>
Zülfikar	Gaziantep-Burç	30	32.62	9.78	15.40 SiO <sub>2</sub>
Y.Kalecik	Gaziantep-Musabeyli	9	60-48	3.6	21.50 SiO <sub>2</sub>
Mustafapaşa	Gaziantep-Musabeyli	145	53.65	7.78	
Suçikan	Muğla-Fethiye	5	32.9	1.65	
Mendos	Muğla-Fethiye	23	49.35	11.35	4.70 SiO <sub>2</sub>
Çancıkörün	Rize-Fındıklı	5	46.90	2.35	
Çayırdüzü	Rize-Çamlıhemşin	4.5	40	1.8	
Çubuklu	Trabzon-Araklı	18	45	8.1	
Kızırnas	Trabzon-Araklı	3.6	49.23	1.77	4 Fe
Çağlayan	Trabzon-Maçka	1.5	45.3	0.68	3 Fe
Küçükayaz	Trabzon-Maçka	3.75	51	1.92	3 Fe
Ocaklı	Trabzon-Maçka	28	35	9.80	
Kızılamba	Zonguldak-Ereğli	19	35	6.65	
Düzpelit	Zonguldak-Ereğli	5	25	1.25	
<b>TOPLAM</b>		<b>4 561</b>	<b>34.54</b>	<b>1 576</b>	

G: Görünür, M: Muhtemel

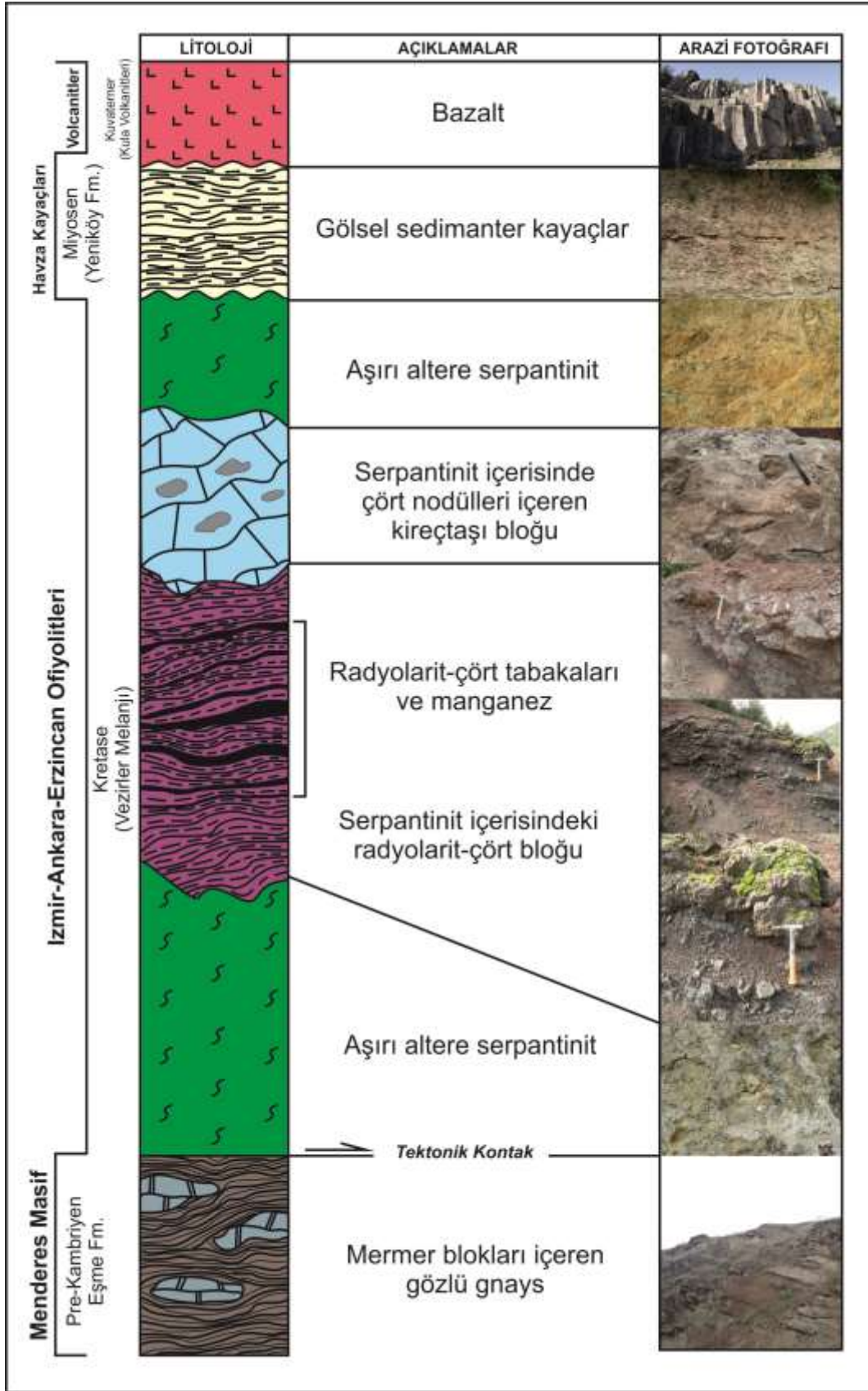
### 6.3 Kula manganez oluşumunun jeolojisi

Mangan cevherleşmesi Pabuçlu köyünün yaklaşık olarak 3 km güneybatısında, Sargırtaş Tepenin yaklaşık olarak 1 km kuzeybatısında yer almaktadır ( $38^{\circ}29'23''$  :  $28^{\circ}43'16''$  : 501 m). Cevherleşme alanına ulaşım Kula ilçesi-Pabuçlu yolu üzerinden asfalt ve kısmen stabilize yol ile sağlanmaktadır.

Mangan cevherleşmesine ev sahipliği yapan Vezirler Melanjı'nın diğer bölgedeki litolojiler ile olan birim ilişkileri Şekil 6.1'de verilmiştir. Lokal olarak bölgede temel birim klorit-şist ve mikaşistlerden meydana gelen Paleozoyik yaşlı mermer blokları içeren Eşme Formasyonudur. Vezirler Melanjı, Eşme Formasyonu üzerinde tektonik olarak bulunmaktadır. Vezirler Melanjı, kuzeyde İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu'nun açılma zamanında Kretase döneminde oluşmuş ve Eosen zamanında Menderes Masifi'nin metamorfik temelini üzerine oturmuştur. Vezirler Melanjı'nın hemen üzerinde Batı Anadolu'da birçok bölgede görüldüğü gibi gölsel havza kayaçları bulunmaktadır ve kontak ilişkisi uyumsuzdur. Havza kayaçlarının üzerinde ise bölgede düz-plato şekilde bir yapının oluşumunu sağlayan Kuvaterner yaşlı Kula Volkanitleri bulunmaktadır (Şekil 6.1).

Cevherleşme, Kula (Manisa)'nın kuzeydoğusunda mostra veren Kretase yaşlı Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit-çört litolojileri içerisinde gözlenen mangan mostraları gri-metalik gri, siyahımsı renklerde gözlenmektedir. Sert bir yapıya sahiptir ve bazı lokasyonlarda bol kırıklı ve çatlaklıdır. Çalışma alanındaki mangan cevherleşmeleri 70'li yıllarda az da olsa işletilmiştir. Yaklaşık 4 m'lik bir galeri bulunmaktadır ve manganezler güçlü mostra vermektedir (Şekil 6.2).

Mangan cevherleşmeleri, ana kayaçların tabakalanmasına uyumlu bir şekilde gözlenmektedir (Şekil 6.3, Şekil 6.4). Çalışma alanındaki Bölgedeki radyolarit-çört birimleri blok şeklindedir ve 3 lokasyonda gözlenmektedir. Bunlardan sadece 1 tanesinde mangan cevherleşmesi gözlenebilmiştir. Mangan cevherleşmelerinin kalınlığı yaklaşık olarak 10 cm ile 1.5 metre arasında değişmektedir. Radyolaritler bol kırıklı çatlaklı, tabakalanmalı, bazı lokasyonlarda mangan cevherleşmesiyle birlikte güçlü kıvrımlı yapıya sahiptir (Şekil 6.5). Bazen radyolaritler ile keskin kontak şeklinde de gözlenmektedir (Şekil 6.6). Tabakalanmanın gözlenebildiği yerlerde hakim doğrultu ve eğim K 80 B/ 18 GB'dır.



**Şekil 6.1:** Manganez cevherleşmeleri içeren Vezirler Melanjı ve içerisindeki radyolaritik blokların bölgedeki diğer bilimlerle olan ilişkilerini gösteren kolon kesit



**Şekil 6.2:** Radyolarit-çört ve hemen üzerinde çört nodülü içeren kireçtaşı blokları, manganez cevherleşmesi ve önceden açılmış galerinin yakından görünümü



**Şekil 6.3:** Radyolarit-çört litolojisiyle uyumlu olan manganez cevherleşmesi



**Şekil 6.4:** Kırıklı-çatlaklı radyolarit-çört litolojisiyle uyumlu olan manganez cevherleşmesi



Şekil 6.5: Mangan cevherleşmesinde gözlenen kıvrımlı yapılar

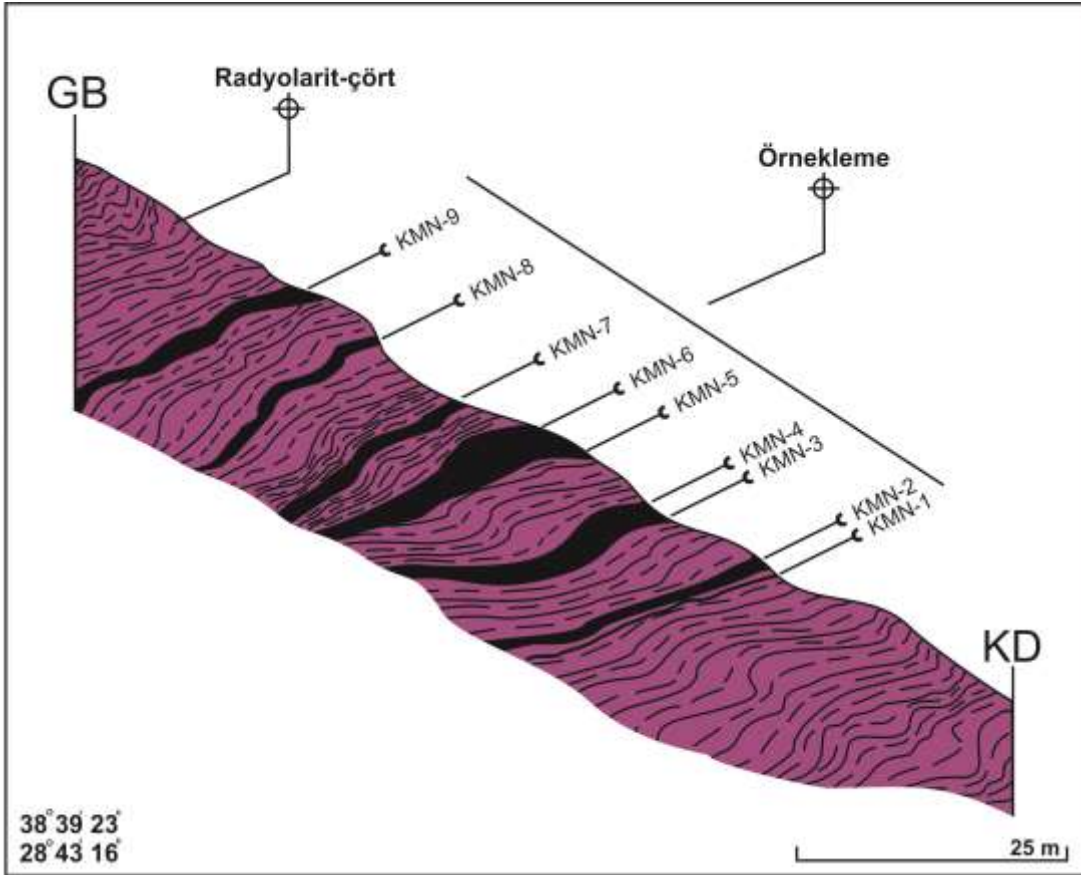


Şekil 6.6: Radyolarit-çört litolojisiyle keskin kontaklı manganez cevherleşmesi



### 6.3.1 Örnekleme

Bölgedeki manganez oluşumlarından alttan üste doğru toplamda 9 adet örnekleme yapılmış olup, tip kesit Şekil 6.7’de verilmiştir. Örnek numaraları KMN (Kula-Manganez) olarak kodlanmıştır.



Şekil 6.7: Manganez cevherleşmelerinin konumu ve örnekleme lokasyonlarını gösteren tip kesit

## 6.4 Kula manganez oluşumunun mineraloji

### 6.4.1 Parlak kesit çalışması

İnceleme alanındaki manganez cevherleşmeleri Kretase yaşlı Vezirler Melanjı’na ait radyolarit-çört litolojileri içerisinde yer almaktadır ve tabakalanmaya uyumlu şekilde gözlenmektedir. İnceleme alanındaki manganez zuhurlarından derlenen toplam 9 adet örnek üzerinde parlak kesit temelli petrografik çalışma

gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre, manganez oluşumlarında mangan mineralleri olarak braunit, pirolusit, manjiorit, todorokit; gang mineralleri olarak kalsit ve kuvars mineralleri gözlenmiştir (Tablo 6.4; Şekil 6.8-6.10). Örnek bazında detaylı incelemeler aşağıda verilmiştir:

**Tablo 6.4:** Kula (Manisa) bölgesindeki manganez cevherleşmelerinin mineral parajenezi

Ör	KMN-1	KMN-2	KMN-3	KMN-4	KMN-5	KMN-6	KMN-7	KMN-8	KMN-9
<b>MINERALLER</b>	<b>MANGAN MİNERALLERİ</b>								
	Pirolusit	Braunit	Braunit	Braunit	Braunit	Pirolusit	Braunit	Braunit	Braunit
	Psilomelan	Pirolusit	Pirolusit	Pirolusit	Pirolusit	-	Pirolusit	Pirolusit	Pirolusit
	-	Todorokit	-	-	Manjiorit	-	Manjiorit	Manjiorit	Manjiorit
	<b>GANG MİNERALLERİ</b>								
	Kuvars	Kuvars	Kuvars	Kalsit	Kuvars	Kalsit	Kuvars	Kuvars	Kuvars
	Kalsit	-	Kalsit	-	-	-	Kalsit	Kalsit	Kalsit

**KMN-1:** Örnek asıl olarak silisli oluşumlardan ve kalsitten oluşmaktadır. Örnekte pirolusit, psilomelan mineralleri gözlenmektedir. Örnekte pirolusit, psilomelanı kesmektedir. Bu kesitte braunit minerali gözlenmemiştir.

**KMN-2:** Esas olarak kuvars ve daha az kalsitin oluşturduğu örnekte braunit, inter granüler pirolusit, todorokit de bulunmaktadır. Kolloform yapıli todorokit kalsitce zengin bir matris içinde gözlenmektedir.

**KMN-3:** Geç evde silisleşmenin ürünü olan kuvars ve braunitin girift doku sergilediği örnekte pirolusit daha az oranda gözlenmektedir. Kalsit diğer yaygın gang minerali olarak bulunmaktadır. Pirolusitler çok ince vesiküler kristaller şeklinde silis içerisinde gözlenmektedir. Kalsit damar ve damarcıklar halinde silis içerisinde bulunmaktadır. Aynı zamanda, pirolusitler braunit içinde kapanımlar şeklinde gözlenmektedir.

**KMN-4:** Örnekte braunit baskın mineral olarak gözlenmektedir. Braunit içerisinde kapanımlar halinde pirolusit minerali bulunmaktadır. Kalsit damarlar şeklinde geç evre fazı olarak Mn-minerallerini kesmektedir.

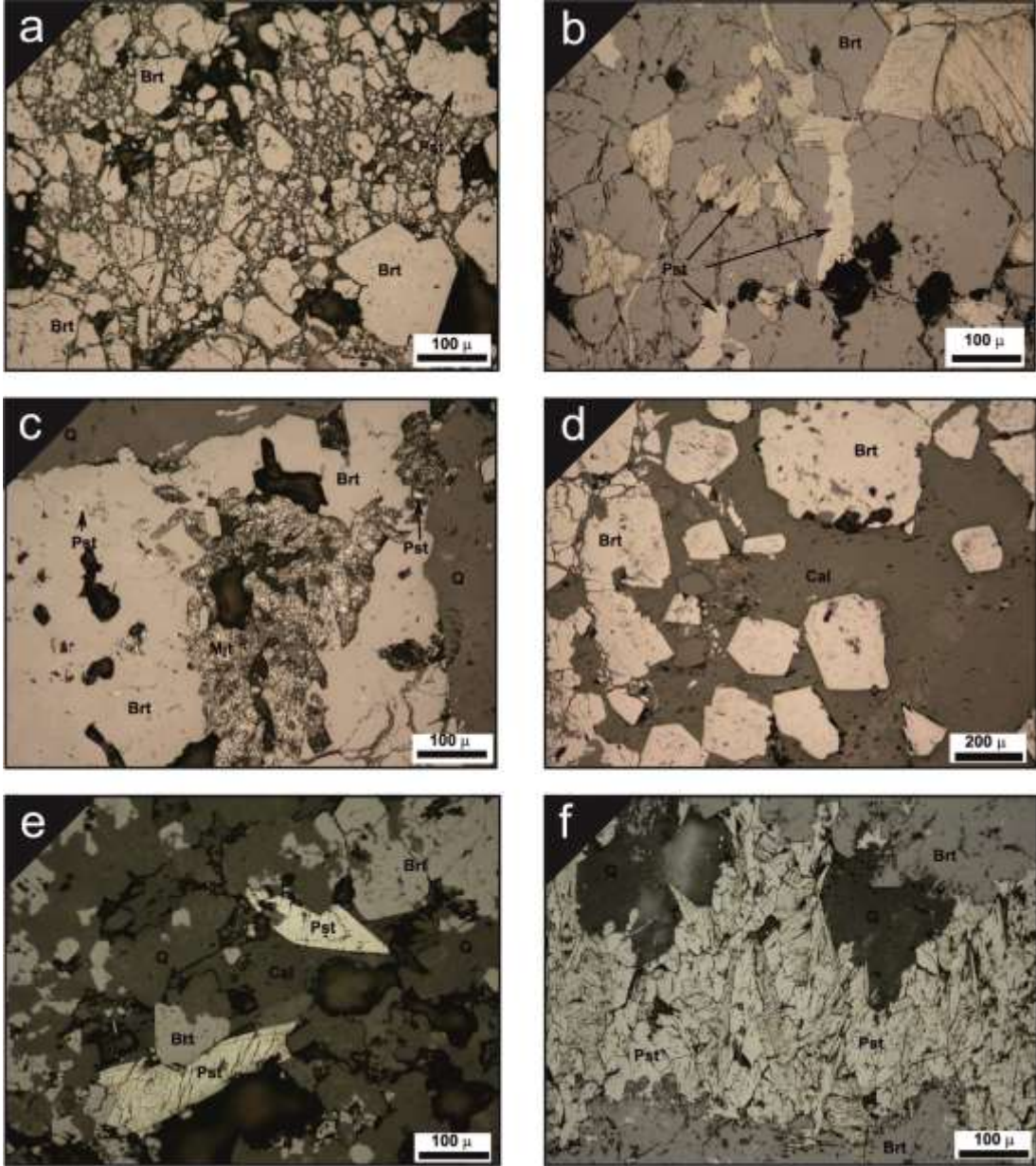
**KMN-5:** Örneğin baskın minerali braunittir. Çok az manjiorit ve eser miktarda pirolusit bulunmaktadır. Braunit, pirolusit ve gang minerali olarak kuvars ilişkisi gözlenmektedir. Braunit çok iri kristaller (mm boyutunda) halinde bulunmaktadır.

**KMN-6:** Yer yer breşik, iri kristaller halinde braunit ile aralarını dolduran geç evre pirolusit minerali mevcuttur. Geç evrede oluşmuş kalsit Mn-minerallerini kesmektedir.

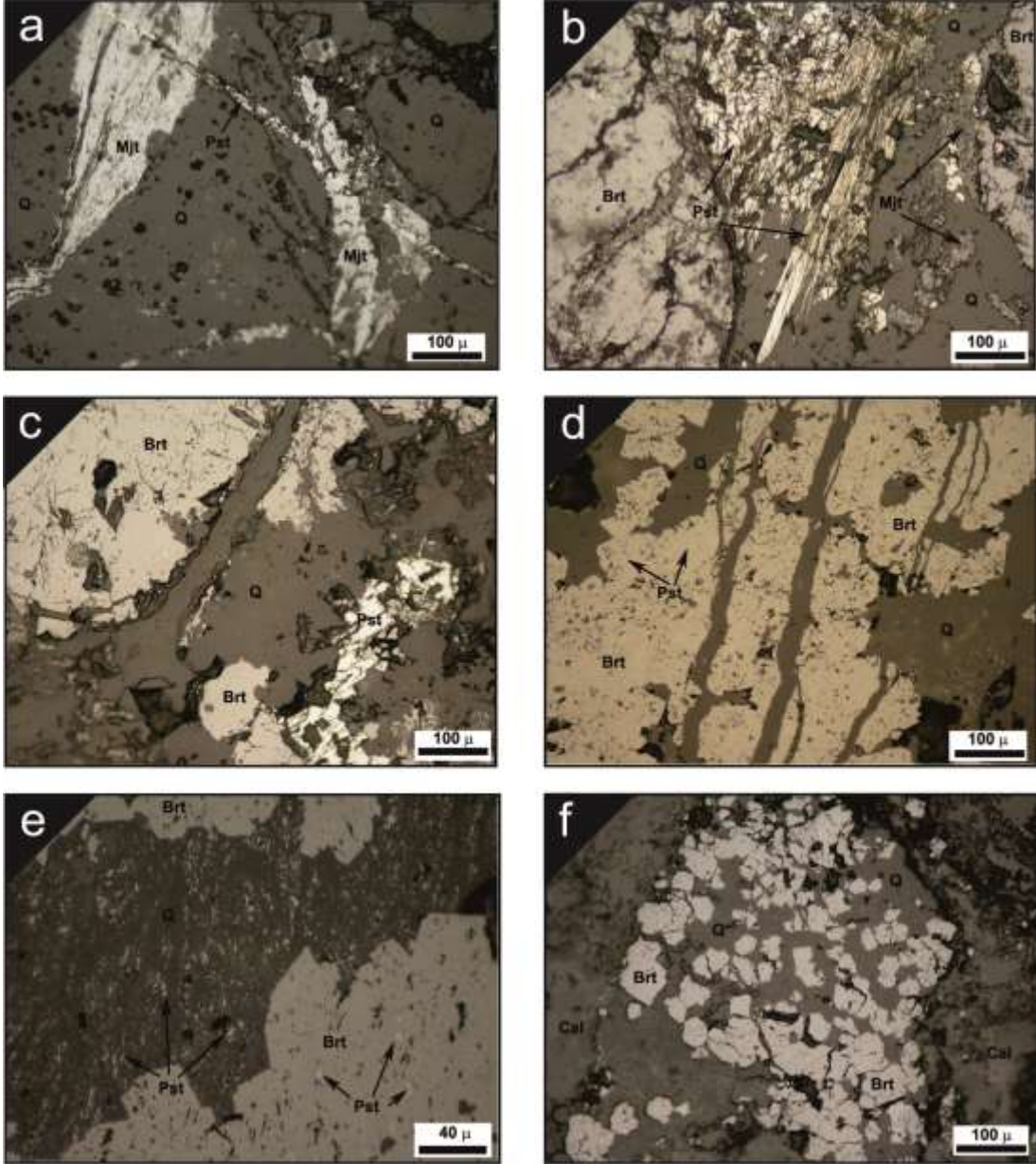
**KMN-7:** Braunit baskın mineral olarak bulunmaktadır. Kapanımlar şeklinde pirolusit ve manjiorit mevcuttur. Kalsit yaygın ve geç evre ürünü olarak bulunmaktadır. Kalsitçe çevrelenmiş otomorf braunit mineralleri ve kuvars minerali bulunmaktadır. Kapanımlar halinde pirolusit mevcuttur.

**KMN-8:** Braunit baskın mineral olarak bulunmaktadır. Pirolusit ve manjiorit mineralleri daha az bulunmaktadır. Ana gang mineralleri kuvars ve kalsit mineralleridir. Braunit, prizmatik pirolusit ve ince taneli kümelenmiş kütleler halinde manjiorit minerali bulunmaktadır.

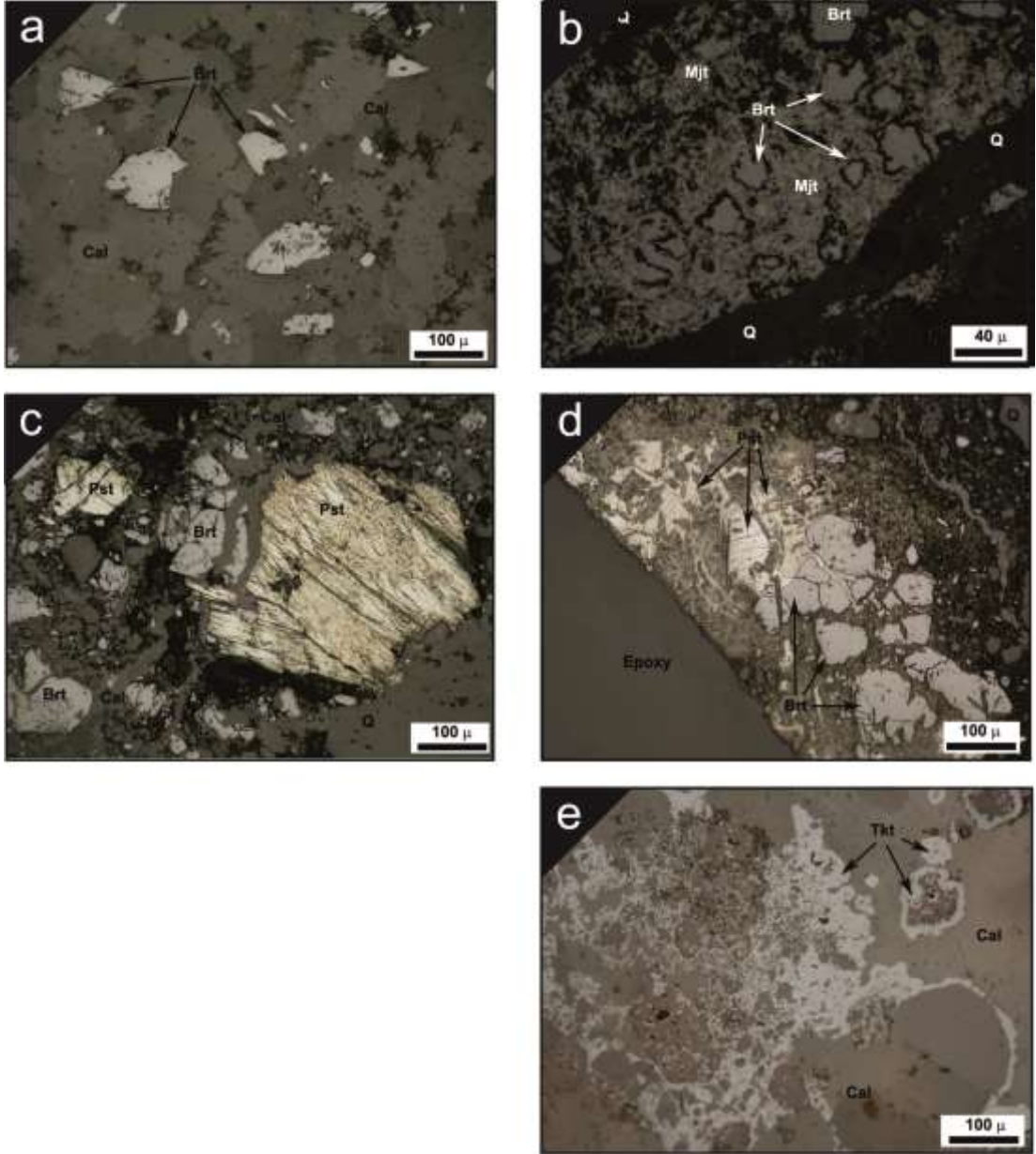
**KMN-9:** Örnekte esas olarak gang minerali olan kuvars ve kalsit içerisinde braunit bulunmaktadır. Pirolusit ve manjiorit mineralleri daha az bulunmaktadır. Cevher braunit hariç ince kristaller halinde gözlenmektedir. Pirolusit nadiren iri lata şeklinde kristaller oluşturmaktadır.



**Şekil 6.8:** a) Breşik dokulu braunit ve braunit minerali içerisinde pirolusit minerali, b) Braunit mineralini kesen pirolusit minerali, c) Braunit, manjiorit, psilomelan ve kuvars gang minerali, d) Kalsit matriksi içerisinde braunit mineralleri, e) Kalsit ve kuvars gangı içerisinde braunit ve psilomelan mineralleri, f) Prizmatik psilomelan kristalleri, braunit ve kuvars gang minerali. *Mineral kısaltmaları:* Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjiorit), Q (kuvars), Cal (kalsit)



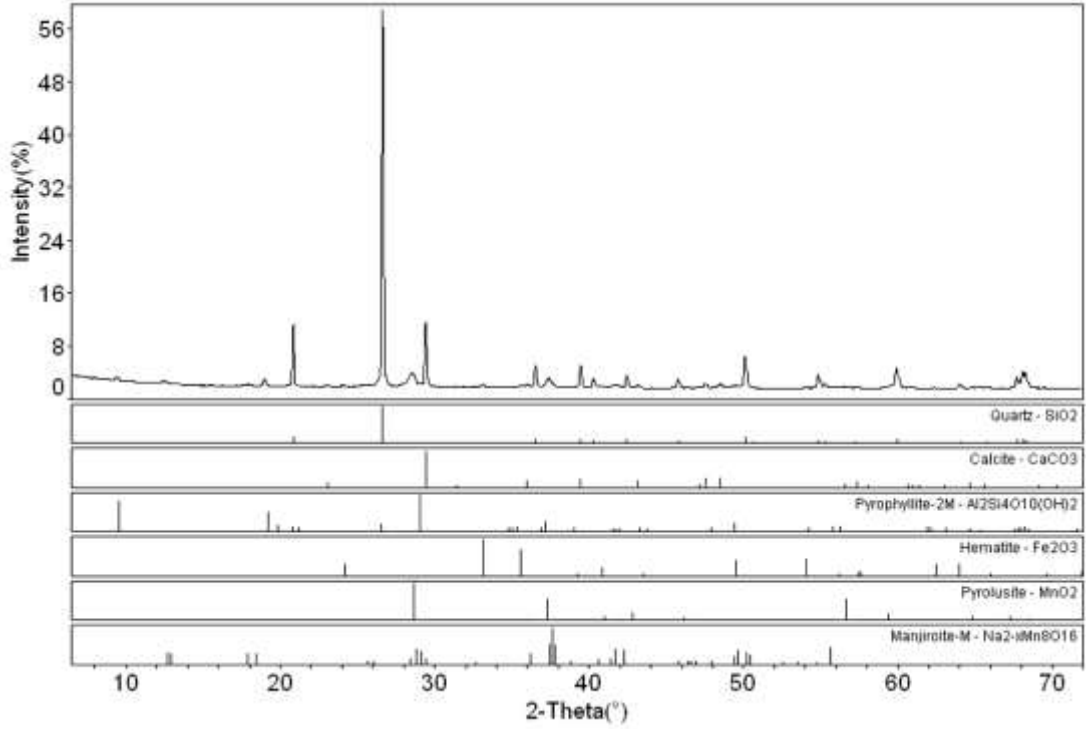
**Şekil 6.9:** a) Kuvars gangı içerisinde psilomelan minerali tarafından kesilmiş manjiorit minerali, b) Prizmatik psilomelan kristalleri ve kuvars gangı içinde manjiorit, braunit, c) Braunit ve psilomelan minerallerini kesen kuvars gangı, d) Kuvars gangı tarafından kesilmiş braunit ve içerisinde psilomelan minerali, e) Braunit ve kuvars gangı içinde psilomelan minerali, f) Breşik braunit minerali, kalsit ve kuvars gangı. *Mineral kısaltmaları:* Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjiorit), Q (kuvars), Cal (kalsit)



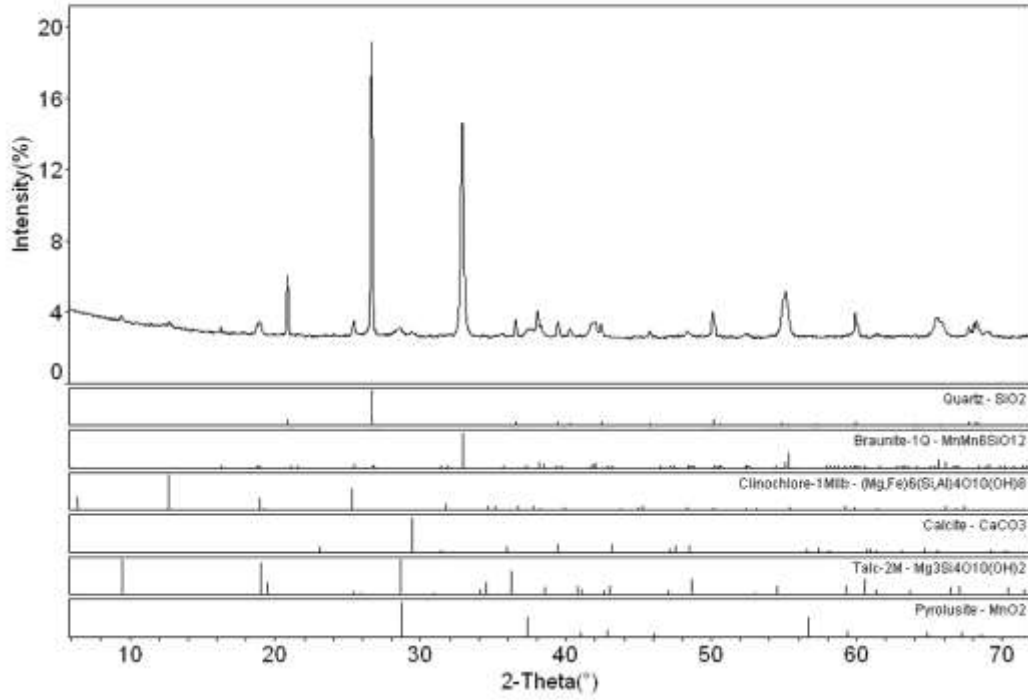
**Şekil 6.10:** a) İç yansıma gösteren kalsit matriksi ve içerisinde braunit, b) Manjiroti minerali içerisinde braunit saçınımları ve kuvars gang minerali, c) Işınsal psilomelan minerali, saçınımlı braunit, kalsit ve kuvars gang minerali, d) Breşik dokulu braunit ve psilomelan ve gang mineralleri minerali, e) Kalsit matriksi içerisinde todorokit minerali. *Mineral kısaltmaları:* Brt (braunit), Pst (pirolusit), Mjt (manjirotit), Q (kuvars), Cal (kalsit), todorokit (Tkt)

#### 6.4.2 XRD çalışması

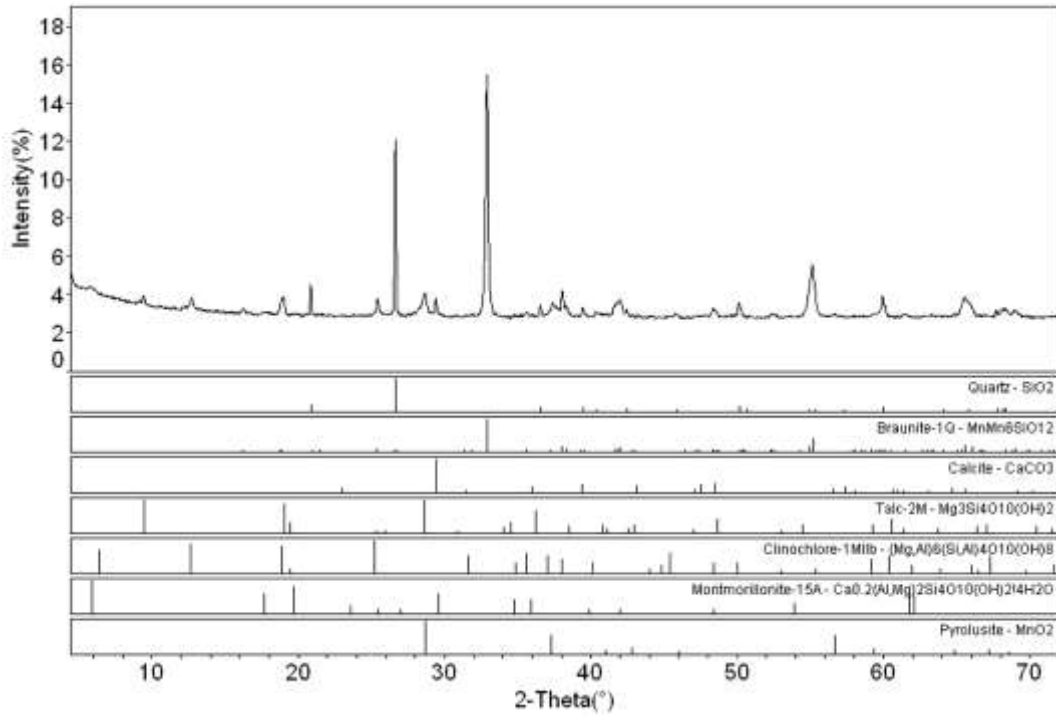
Mangan mineralleri üzerine gerçekleştirilen parlak kesit çalışmalarında belirlenen mineraller; aynı zamanda XRD analizleri ile desteklenmiştir. XRD analizlerine göre, Kula (Manisa) bölgesindeki mangan oluşumlarının mineral parajenezi braunit, psilomelan, pirolusit, hematit, manjiorit, klinoklor, pirofillit, talk, kuvars ve kalsit minerallerinden meydana gelmektedir (Bknz Şekil 6.11-6.18).



Şekil 6.11: KMN-1 örneğinin XRD analiz grafiği

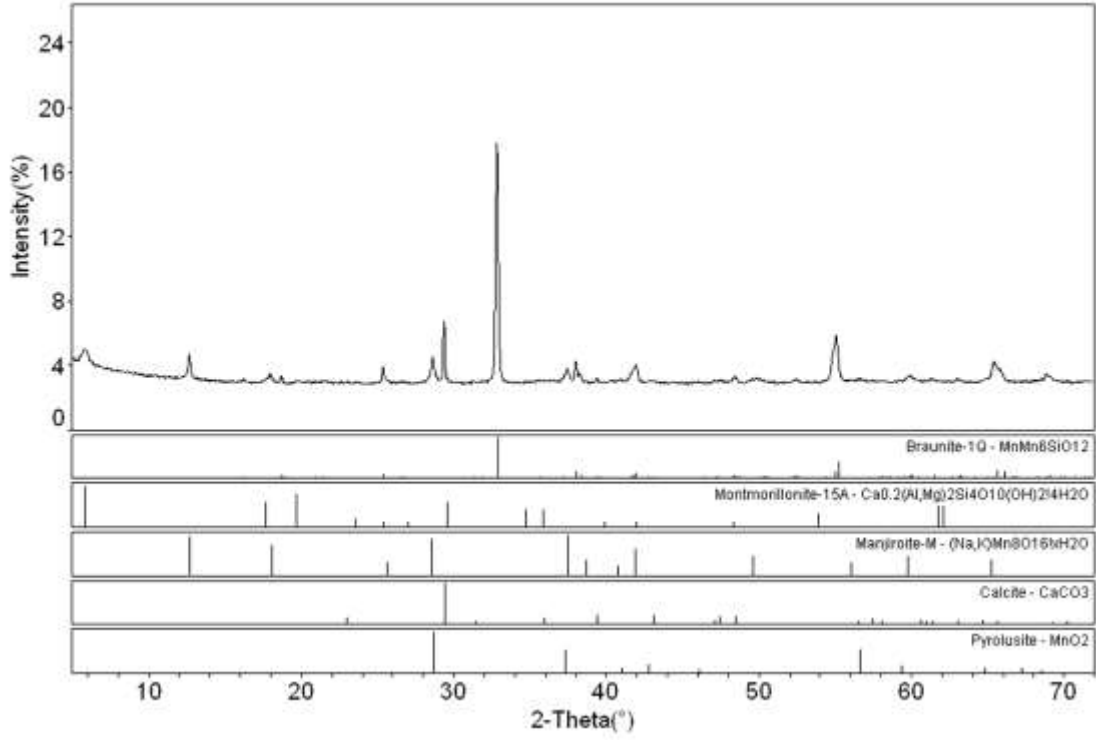


Şekil 6.12: KMN-2 örneğinin XRD analiz grafiği

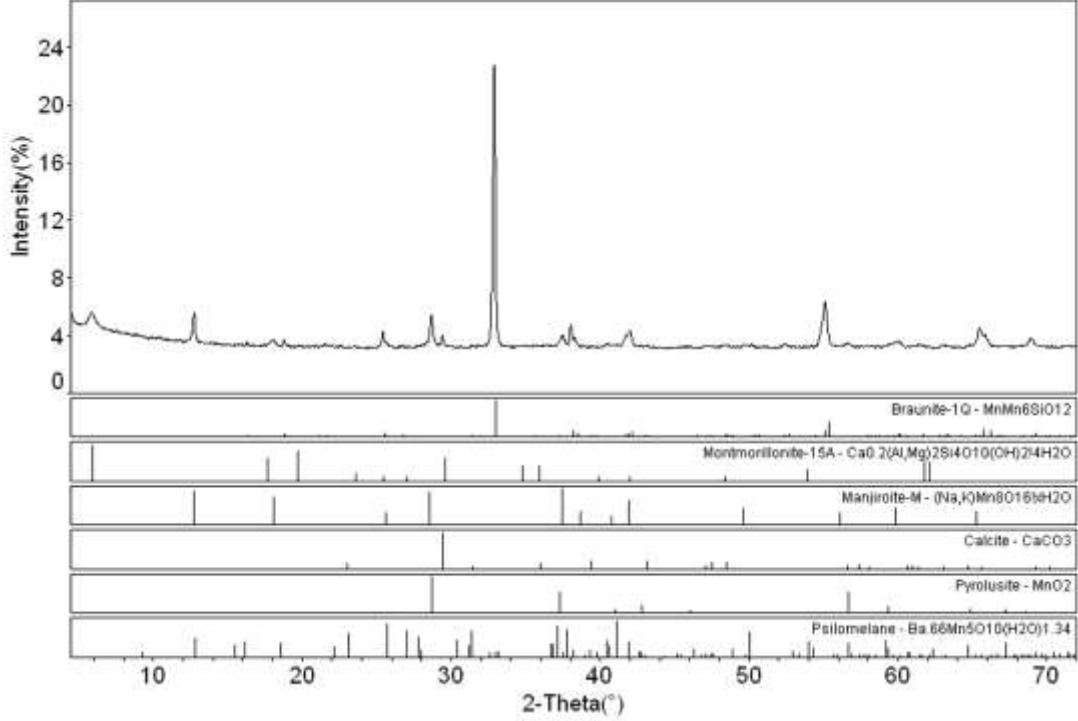


Şekil 6.13: KMN-3 örneğinin XRD analiz grafiği

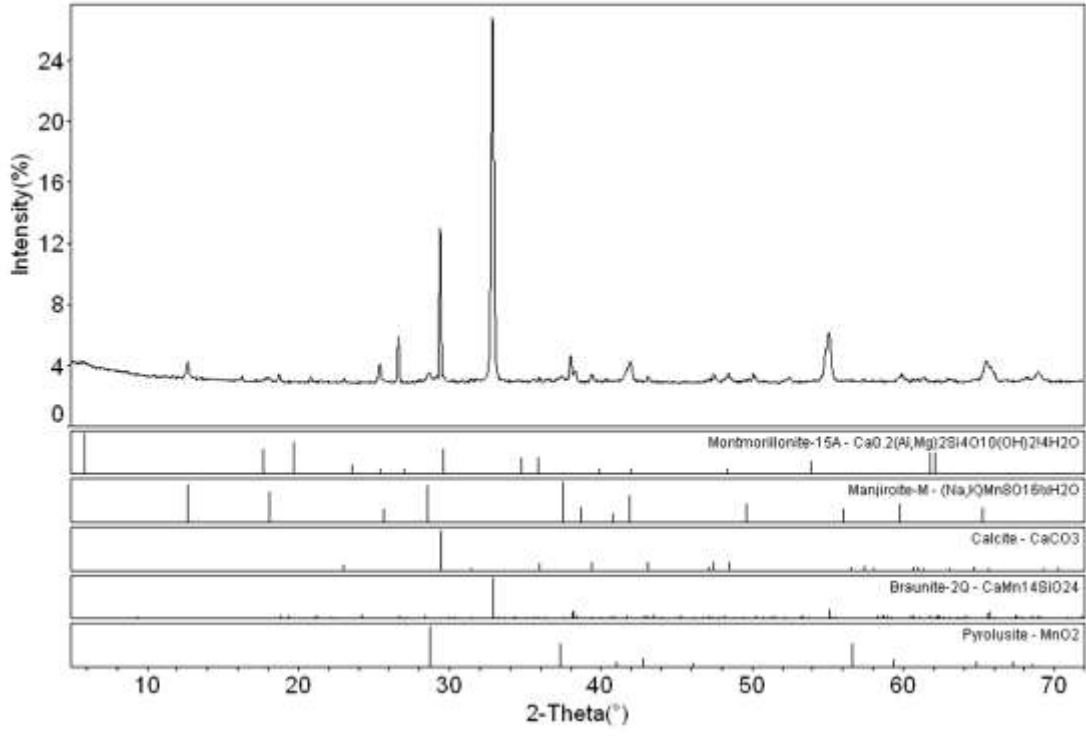




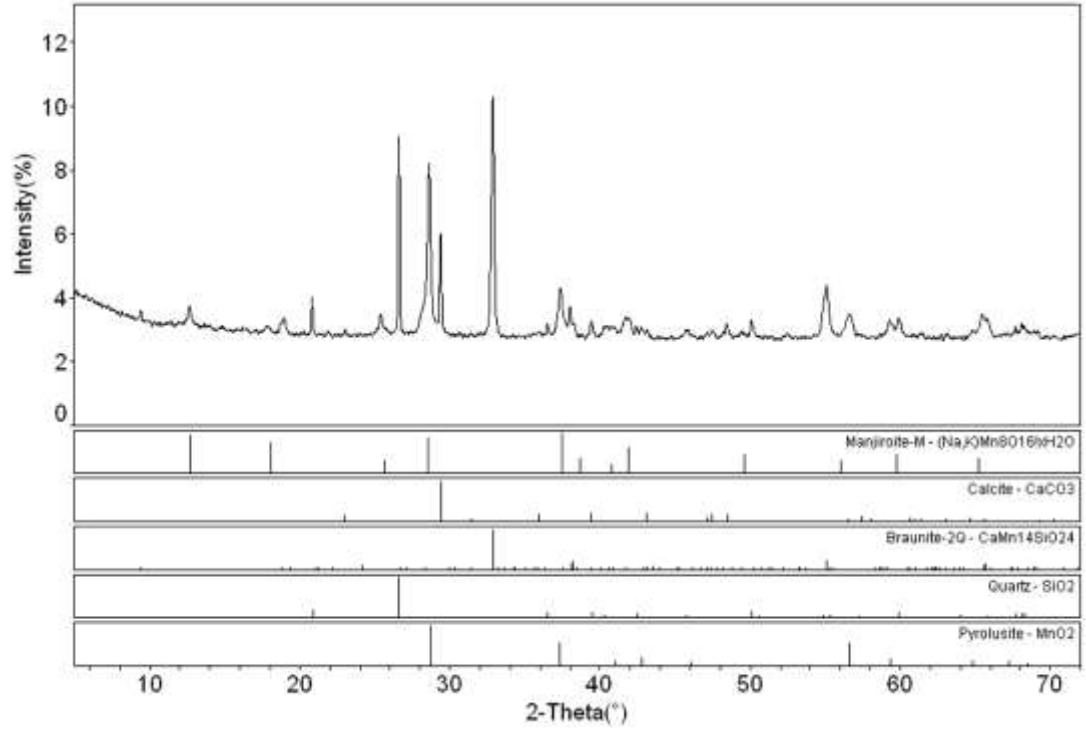
Şekil 6.14: KMN-5 örneğinin XRD analiz grafiği



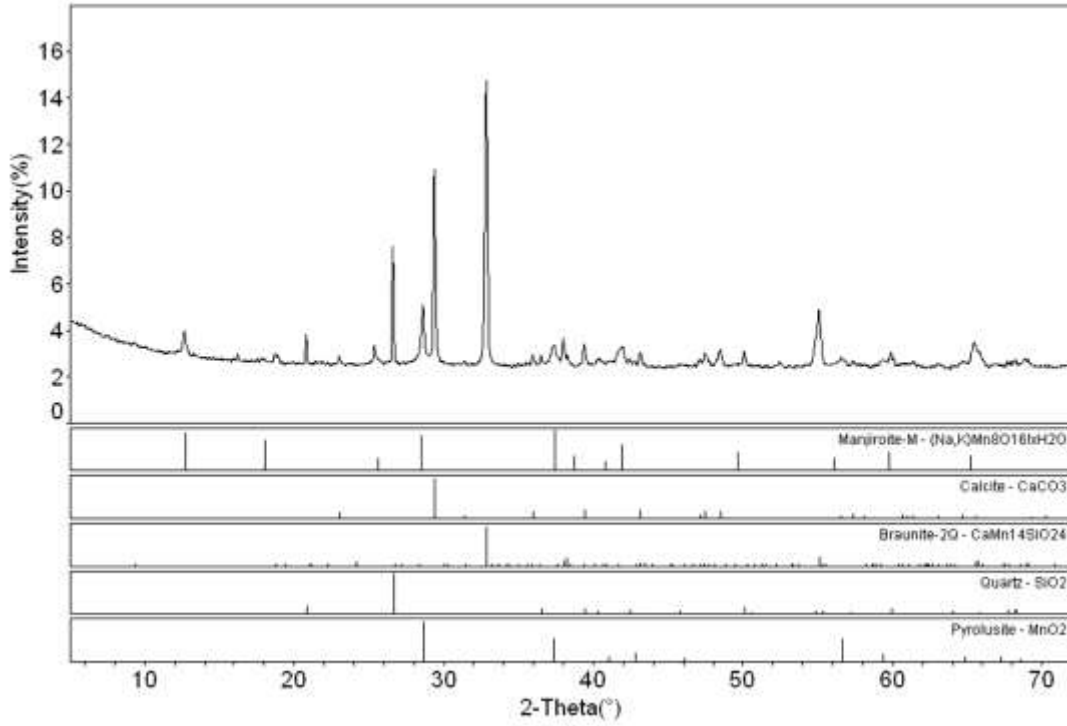
Şekil 6.15: KMN-6 örneğinin XRD analiz grafiği



Şekil 6.16: KMN-7 örneğinin XRD analiz grafiği



Şekil 6.17: KMN-8 örneğinin XRD analiz grafiği



Şekil 6.18: KMN-9 örneğinin XRD analiz grafiği

## 6.5 Kula manganez oluşumunun jeokimyası

### 6.5.1 Ana ve İz elementler

Manganez cevherleşmesinden toplamda 9 adet örneğin kimyasal analizi Tablo 6.5’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre manganez örnekleri %10.81-%71.61 arasında değişen MnO; %13.57-%68.55 arasında değişen SiO<sub>2</sub>; %0.74-%2.19 arasında değişen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; %2.87-%16.12 arasında değişen CaO ve %0.42-1.58 arasında değişen Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> içeriklerine sahiptir. Diğer ana elementler eser miktardadır (Tablo 6.5).

**Tablo 6.5:** Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin ana ve iz element içerikleri

Ör.No.	KMN-1	KMN-2	KMN-3	KMN-4	KMN-5	KMN-6	KMN-7	KMN-8	KMN-9	Ort
<b>Ana elementler</b>										
SiO <sub>2</sub>	68,55	25,185	33,333	13,441	13,573	15,109	16,510	32,992	16,858	26,17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,96	2,196	0,770	1,200	1,241	0,749	0,784	2,109	1,508	1,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,58	1,423	0,746	0,424	0,595	0,432	0,687	1,338	0,543	0,86
MgO	1,09	0,512	0,853	0,727	0,569	0,787	0,482	0,362	0,603	0,67
CaO	6,21	3,482	4,880	8,508	2,870	5,587	12,446	5,605	16,122	7,30
Na <sub>2</sub> O	0,11	0,025	0,005	0,024	0,026	0,005	0,005	0,012	0,012	0,02
K <sub>2</sub> O	0,16	0,137	0,190	0,933	1,267	0,546	0,350	0,121	0,278	0,44
TiO <sub>2</sub>	0,05	0,062	0,012	0,012	0,026	0,013	0,024	0,060	0,024	0,03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,09	0,025	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,096	0,024	0,03
MnO	10,81	60,004	54,122	66,307	70,075	71,610	59,961	50,639	47,424	54,55
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,007	0,005	0,018	0,002	0,001	0,001	0,006	0,005	0,002	0,01
A.Z.	7,700	5,50	4,30	7,00	7,50	4,10	7,20	5,50	13,70	6,94
<b>Toplam</b>	<b>98,320</b>	<b>98,556</b>	<b>99,224</b>	<b>98,579</b>	<b>97,740</b>	<b>98,932</b>	<b>98,451</b>	<b>98,839</b>	<b>97,098</b>	<b>98,42</b>
<b>İz elementleri</b>										
Ni	365	410	289	153	176	171	231	392	250	270,78
Sc	11	7	8	1	1	0,5	0,5	6	6	4,56
Ba	12921	23169	6738	1212	17654	1361	1375	14316	18947	10854,78
Be	3	1	1	2	0,5	0,5	0,5	3	0,5	1,33
Co	98,6	217,7	129,1	33,3	53,9	23,2	15,1	225,1	119,9	101,77
Cs	0,2	0,2	0,2	0,05	0,3	0,05	0,05	0,05	0,3	0,16
Ga	14,3	54,6	50,4	63,1	62,9	64	56,5	48,5	46,2	51,17
Hf	0,5	0,2	0,3	0,05	0,2	0,1	0,1	0,05	0,05	0,17
Nb	1,7	0,4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,4	0,05	0,31
Rb	2,4	0,7	0,6	2,5	4,2	1,2	0,7	0,4	0,6	1,48
Sr	1012,1	7226,3	868,9	1022,7	20178,9	1545,2	809,9	2597,8	5161,6	4491,49
Ta	0,2	0,05	0,05	0,05	0,2	0,05	0,05	0,05	0,1	0,09
Th	1,2	0,8	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,6	0,3	0,51
U	1,6	3,8	2,7	0,9	2,2	0,6	1,2	3,1	2,8	2,10
V	54	119	54	101	148	36	41	91	95	82,11
Zr	15,6	13,2	8,4	5,7	9,2	6,4	6,1	9,3	6,6	8,94
Y	30,3	20,7	22,6	5	17,2	8,2	4	22	16,9	16,32
Mo	4,6	20,1	15,8	11,3	11,9	10	8,4	15,7	28,5	14,03
Cu	320,6	266,3	259,4	42,7	85,6	48,5	18,9	244,7	186	163,63
Pb	58,8	31,5	3,9	1,1	6,9	0,4	0,6	26,5	4,4	14,90
Zn	76	134	130	189	67	171	134	119	114	126,00
As	35,4	51,2	32,7	21	43,8	25,3	23,1	39,8	75,1	38,60
Cd	0,05	0,1	0,05	0,2	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,22
<b>Nadir toprak elementleri</b>										
La	47,5	17,6	17,8	3,2	5,3	4,6	6,1	20,8	15,9	15,42
Ce	72,4	21,1	3,4	4,9	4,5	3,5	5,5	41,8	28,3	20,60
Pr	10,07	4,75	4,46	1,14	1,24	1,02	1,43	5,67	3,31	3,68
Nd	36,1	19,9	18	5,3	5,1	4,3	4	22,3	10,3	13,92
Sm	8,06	4,63	4,02	1,02	1,3	0,8	1,16	4,89	2,9	3,20
Eu	1,98	1,04	1,08	0,25	0,29	0,16	0,24	0,95	0,69	0,74
Gd	7,91	4,47	4,57	0,99	1,75	0,74	0,96	4,48	2,74	3,18
Tb	1,2	0,74	0,78	0,19	0,33	0,14	0,15	0,8	0,51	0,54
Dy	6,71	3,4	4,54	0,89	1,85	0,89	0,66	4,45	2,79	2,91
Ho	1,17	0,87	1	0,17	0,48	0,2	0,13	0,89	0,59	0,61
Er	3,24	2,01	2,54	0,4	1,36	0,65	0,4	2,48	1,57	1,63
Tm	0,44	0,33	0,42	0,11	0,24	0,12	0,08	0,37	0,27	0,26
Yb	2,97	1,72	2,66	0,46	1,14	0,73	0,18	2,19	1,37	1,49
Lu	0,41	0,25	0,34	0,06	0,2	0,13	0,05	0,3	0,2	0,22

Manganez oluşumlarında majör oksit değerlerinden bazı elementlerin oran değerleri kullanılarak bu oluşumların kökensel yorumlamaları yapılabilmektedir. Bunlardan *Mn/Fe* oranı, manganez oluşumlarının yorumlanmasında ve yatak tiplerinin ayırt edilmesinde önemli bir orandır (Mohapatra vd., 2009; Shah ve Moon

2007; Öksüz, 2011). Kula bölgesi manganezlerinin Mn/Fe oranları % 7.58 ile 183.74 arasında değişmektedir ve ortalama Mn/Fe oranı 95.26'dır (Tablo 6.6). Türkiye'de gözlenen diğer manganez zuhuru ve yatakların ortalama Mn/Fe oranlarıyla karşılaştırıldığında; Çamoluk-Yazıpınar (Burdur) manganez oluşumları % 10.58; Derbent (Yozgat) manganez cevherleşmeleri Mahkepe Tepe'de % 588.79, Derbent Göleti civarında %775.46; Ulukent (Denizli) manganezlerinde % 18.68; Çayırılı (Ankara) manganezlerinde % 97.17; Eymir (Sorgun, Yozgat) manganez yatağında % 880.33'tür.

**Tablo 6.6:** Kula (Manisa) manganez örneklerinin Mn/Fe oranları

KULA MANGANEZ ÖRNEKLERİ	Örnek	Mn	Fe	Mn/Fe
	KMN-1	8.37	1,10	7.58
	KMN-2	46.48	0.99	46.72
	KMN-3	41.92	0.52	80.33
	KMN-4	51.36	0.30	173.14
	KMN-5	54.28	0.42	130.54
	KMN-6	55.47	0.30	183.74
	KMN-7	46.45	0.48	96.62
	KMN-8	39.22	0.94	41.92
	KMN-9	36.73	0.38	96.74
<b>Ortalama</b>				<b>95.26</b>

Bu yataklardan, Ulukent (Denizli) % 18.68 ortalama Mn/Fe oranı ile sedimanter havzayı temsil etmektedir. Öksüz (2011)'e göre, Çayırılı (Ankara) bölgesi manganez yatağının Mn/Fe oranı ofiyolitik sahalarda denizaltı yayılma merkezlerinde gözlenen hidrotermal eksalatif manganez yataklarına benzerdir (Bonatti vd., 1972; Crear vd., 1982). Bu değerlere göre, çalışma alanındaki manganez oluşumları Alt Kretase-Üst Senoniyen yaşlı Ankara melanjına ait radyolaritlerin ev sahipliği yaptığı Çayırılı (Ankara) manganez yatağına oldukça benzerlik göstermektedir.

Manganez oluşumlarının kökeniyle ilişkili çalışmalarda, bu oluşumların felsik kayalar ile bir bağlantısının bulunup bulunmadığı  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı ile yaklaşık sağlanmaktadır (Hayashi vd. 1997).

Maynard (2010), Al, Zr, Ti, Nb ve Y'un yüzey sıcaklıklarında deniz suyunda çözülemediğini ifade etmiştir. Manganez cevherleşmesinde kırıntılı materyallerin ortama katkısı ve/veya girişinin tespiti için bu elementler kullanılmaktadır (Mohapatra vd. 2009, Maynard, 2010).  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı, kayaların ve yüzey ayrışma süresince

sabit kaldığından dolayı aynı zamanda sedimanter kayaçların, asidik tüflerin kaynağını tespit etmede oldukça faydalı bir orandır (Hayashi vd. 1997, Taylor ve McLennan, 1985; Zhou ve Kyte, 1988; Xie vd. 2013). Volkanik aktivite ile oluşmuş volkano-sedimanter Mn yataklarının yanısıra, Mn yataklarının diğer tipleri için de köken materyalleri literatürde önerilmiştir (Liakopoulos vd. 2001; Nyame vd. 2002; Fan ve Yang, 1999; Levassuer vd. 2004). Xie vd. (2013), yapmış oldukları çalışmada Guichi (Çin)'deki Permian yaşlı manganezlerin önemli bir kökeninin için muhtemel sin-sedimanter faylar ile ilişkili hidrotermal aktivite veya deniz tabanı volkanizmadan geldiğini belirtmektedir. Yazarlar, bölgede Permian magmatizmasıyla ilişkili arjilik volkanik kayaçların da bulunmasının bunu desteklediğini belirtmişlerdir. Kula bölgesindeki manganez oluşumlarının  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı 32.50 ile 99 arasında değişmektedir (ortalama: 52.82). Bu değerler oldukça yüksektir ve felsik karakterli volkanik kayaçların karakteristiğidir (Hayashi vd. 1997). Dünya'daki diğer yataklar ile karşılaştırıldığında, Kula manganezlerinin  $Al_2O_3/TiO_2$  oranı Yunnan-Guizhou ve Guichi (Çin) bölgelerindeki Permian yaşlı manganezlerden daha yüksektir ( $Al_2O_3/TiO_2$ : 38-40; Xie vd. 2013). Öksüz (2011), Derbent (Yozgat) bölgesinde radyolaritler ile birlikte gözlenen manganezler üzerine yapmış olduğu çalışmada ortalama  $Al_2O_3/TiO_2$  değerleri 23.75 çıkmıştır. Yazar, bölgedeki ayrı iki bölgede gözlenen cevherleşmelerin hem hidrotermal hem de hidrojenetik-diyajenetik işlemlerin etkin olduğunu ileri sürmüştür.

**Tablo 6.7:** Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin bazı analiz oranları

<i>Kula manganezleri</i>										
	KMN-1	KMN-2	KMN-3	KMN-4	KMN-5	KMN-6	KMN-7	KMN-8	KMN-9	Ort.
$Al_2O_3/TiO_2$	39.20	35.20	65.00	99.00	48.00	59.00	32.50	35.00	62.50	<b>52.82</b>
Mn/Fe	7.58	46.72	80.33	173.14	130.54	183.74	96.62	41.92	96.74	<b>95.26</b>
(La/Yb) <sub>n</sub>	11.47	7.34	4.80	4.99	3.33	4.52	24.31	6.81	8.32	<b>8.43</b>
(La/Ce) <sub>n</sub>	1.69	2.15	16.52	1.69	3.04	3.39	2.86	1.28	1.45	<b>3.45</b>
(La/Nd) <sub>n</sub>	2.59	1.74	1.95	1.19	2.05	2.11	3.00	1.84	3.04	<b>2.17</b>
Ce/La	1.52	1.20	0.19	1.53	0.85	0.76	0.90	2.01	1.78	<b>1.19</b>
Y/Ho	25.90	23.79	22.60	29.41	35.83	41.00	30.77	24.72	28.64	<b>29.19</b>
Co/Ni	0.27	0.53	0.45	0.22	0.31	0.14	0.07	0.57	0.48	<b>0.34</b>
Co/Zn	1.30	1.62	0.99	0.18	0.80	0.14	0.11	1.89	1.05	<b>0.90</b>
ΣREE	200.16	82.81	65.61	19.08	25.08	17.98	21.04	112.37	71.44	<b>68.4</b>
Eu*	0.76	0.70	0.77	0.76	0.59	0.64	0.70	0.62	0.75	<b>0.70</b>
Ce*	0.81	0.57	0.09	0.63	0.43	0.40	0.46	0.94	0.96	<b>0.59</b>
Ce anomalisi	-0.17	-0.25	-0.97	-0.17	-0.38	-0.42	-0.35	-0.08	-0.12	<b>-0.32</b>

*Ce/La* oranı sedimanlardaki Ce'nin kayıp derecesini gösteren önemli bir veridir (Dubinin ve Volkov, 1986). Çalışılan manganezlerin Ce/La değerleri 0.19 ile 2.01 (ortalama: 1.19) arasında değişmektedir. Kula manganezlerinde Ce/La değeri ortalama

1.19'dur. Dubinin ve Volkov (1986)'ya göre, düşük Ce/La oranı (~0.12) deniz suyundan emilmiş hidrojenetik demir ve manganez hidroksitler ile ilişkili nadir toprak elementlerinin geniş bir kısmına işaret etmektedir (Xie vd. 2013). Buna ek olarak, Ce/La oranları karbonatlı biyojenik ve kırıntılı materyallerin artması ile artış göstermektedir. Yani, dışardan gelen kırıntılı malzeme artışı ile Ce/La değerleri artmaktadır. Örneğin; Pasifik Okyanusu'ndaki pelajik killerde ortalama Ce/La oranı 2.3'tür (Dubinin ve Volkov, 1986; Xie vd. 2013). Guichi (Çin) bölgesindeki Permiyen yaşlı manganezlerin ortalama 1.16 Ce/La oranı ile Kula bölgesindeki manganezler birbirine benzerlik göstermektedir ve polijenik bir kökeni işaret etmektedir. **Y/Ho** oranı da manganezlerin kökensel araştırmalarında kullanılan bir orandır (Hein vd. 1999). Kula manganezlerinin Y/Ho değerleri ortalama 29.19 olup, 22.60 ile 41 arasında değişmektedir. Deniz suyu Y/Ho değerleri (Y/Ho: 101), kondritik değerlerden daha yüksektir. Co/Ni ve Co/Zn oranı hidrojenetik ve hidrotermal kökenli cevherleşmeler ile ilgili kökensel bilgi verebilmektedir (Toth, 1980; Delian, 1994; Nayan vd., 1994; Fernandez ve Moro, 1998; Öksüz, 2010, 2011). Jeokimyasal olarak Ni ve Co birlikte hareket eden elementlerdir. Dolayısıyla, Co/Ni oranı sedimanter ortam ve sedimantasyon ile ilişkili güçlü bilgiler verebilen deniz tabanında sıcak su çökelleri ayırt edilmesinde kullanılabilir (Toth, 1980). **Co/Ni**, hidrojenetik ve hidrotermal yatakları birbirinden ayırmada kullanılan bir orandır (Toth, 1980; Şaşmaz vd. 2014). Toth (1980)'e göre, hidrotermal tip manganez yataklarının Co/Ni oranının 0.15; hidrojenetik tip yatakların ise  $> 2.5$  olduğunu belirtmiştir. Çalışılan manganezlerin Co/Ni oranı (ortalama: 0.34) 0.07 ile 0.57 arasında değişmektedir. Co/Ni oranı 1'den küçük ise sedimanter ve derin deniz ortamını işaret etmektedir (Delian, 1994; Fernandez ve Moro, 1998). Creshmeh-Frezi (İran) manganez yatağı volkanojenik stratiform bir manganez yatağıdır ve Co/Ni oranı ortalama 0.7'tür. Kula manganezleri Co/Ni oranı (ortalama: 0.34) değeri ile hidrotermal tip bir manganez oluşumudur ve derin deniz sedimanter bir ortamı işaret etmektedir. Buna ek olarak, Kula manganezlerinin Co/Zn oranı 0.11 ile 1.89 arasına değişmektedir ve ortalama 0.90 Co/Zn oranı (Tablo 6.7), Creshmeh-Frezi (İran) manganez oluşumlarının değerlerine (ortalama: 0.70) yakındır. Bu değerler baz alındığında, Kula manganezlerinin Co/Zn oranı hidrotermal bir kökene işaret etmesine rağmen, Co/Ni oranı bu manganezlerin oluşumu süresince sedimanter ortamın önemli rol oynadığını işaret etmektedir.

**Tablo 6.8:** Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin Co/Ni-Co/Zn oranları

KULA MANGANEZ ÖRNEKLERİ	Örnek	Co	Ni	Zn	Co/Ni	Co/Zn
	KMN-1	98.60	365	76	0.27	1.30
	KMN-2	217.70	410	134	0.53	1.62
	KMN-3	129.10	289	130	0.45	0.99
	KMN-4	33.30	153	189	0.22	0.18
	KMN-5	53.90	176	67	0.31	0.80
	KMN-6	23.20	171	171	0.14	0.14
	KMN-7	15.10	231	134	0.07	0.11
	KMN-8	225.10	392	119	0.57	1.89
	KMN-9	119.90	250	114	0.48	1.05
	<b>Ortalama</b>	<b>101.80</b>	<b>271.00</b>	<b>126</b>	<b>0.34</b>	<b>0.90</b>

Bazaltik sistemlerde sadece yüksek sıcaklıklı (> 310°C) hidrotermal sıvılarda yüksek **Mo** konsantrasyonları gözlenebilmektedir (Trefry vd. 1994, Hein vd. 2008). Kula manganezlerinde Mo değeri (ortalama 14.03) düşük konsantrasyon değeri göstermektedir ve manganez cevherleşmeleri düşük sıcaklık hidrotermal sıvıları işaret etmektedir. Aynı şekilde, Creshmeh-Frezi (İran) volkanojenik stratiform manganez yatağında Mo değeri ortalama 21.53 bir değer sunmaktadır ve Maghfouri vd. (2017) bu değer için bölgedeki manganez cevherleşmelerinin düşük sıcaklık hidrotermal sıvılar ile ilişkili olabileceğini savunmaktadır.

Manganez oksitlerde oldukça yüksek **Ba** değerleri, muhtemelen ya organik bakımından zengin biyojenik sedimanları ya da hidrotermal sistemlerde derinde baritin çökmesinin yokluğunu işaret etmektedir (Hein vd. 2008). Kula manganezlerinin Ba içerikleri 1212 ppm ile 23 169 ppm arasında değişmektedir; ortalama Ba içeriği 10854,78 ppm'dir. Bu değer muhtemelen pelajik bir ortamda derinde baritin toplu bir şekilde çökelemeyerek manganezlerin bünyesine girdiğini göstermektedir (Hein vd. 2008).

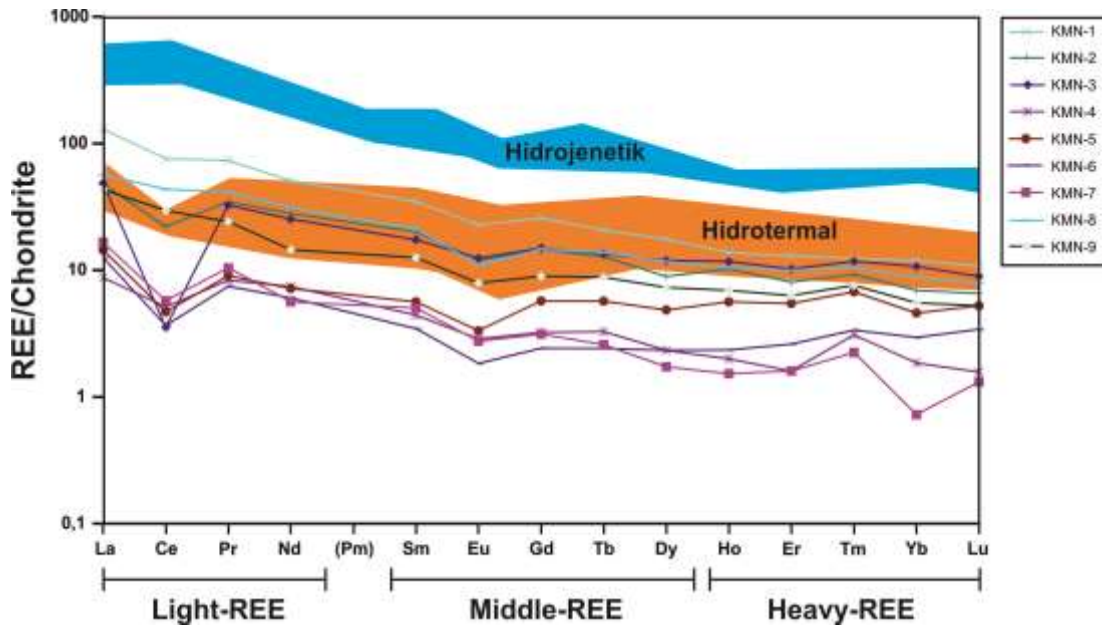
Hein vd. (2008)'e göre, yüksek **Cu**, **Pb**, **Zn** ve **Cd** değerleri yaygın olarak sülfidlerin etkisini göstermektedir. Örneğin; sülfidler derinde çökebilirler veya daha sonra Mn-oksitleri çökelten sıvılar tarafından çöktürebilmektedirler. Kula manganez oluşumlarının Cu (ort: 163 ppm), Pb (ort: 14.90 ppm), Zn (ort: 126 ppm) ve Cd (ort: 0.22 ppm) değerleri düşük değerlere sahip olup, ortamda sülfidler ile bir ilişkisi gözükmemektedir.



### 6.5.2 Nadir toprak elementleri

Nadir toprak elementleri (NTE), birçok jeokimyasal yorumlamalarda ve hidrotermal sirkülasyon ve okyanus ortası sırt bölgelerindeki kaya-su etkileşiminin karakteristiklerini efektif olarak gösteren elementlerdir. Bu elementler birçok diyagramlarda ortamsal yorumlamalarda kullanılmaktadır. Kula manganez cevherleşmelerinin  $\Sigma$ NTE içerikleri 17.98 ile 200.16 arasında değişmektedir (ort: 68.4 ppm). Toplam hafif nadir toprak elementleri ( $\Sigma$ HNTE), orta nadir toprak elementleri ( $\Sigma$ ONTE) ve ağır nadir toprak elementlerinin ( $\Sigma$ ANTE) ortalama değerleri ise sırasıyla 53.62 ppm, 7.12 ppm, 4.21 ppm'dir. Manganez cevher örneklerinden  $\text{SiO}_2$  bakımından zengin numunelerin  $\Sigma$ NTE içerikleri, diğer örneklere göre daha yüksek çıkmıştır ve  $\text{SiO}_2$ - $\Sigma$ NTE içerikleri arasında doğru bir orantı bulunmaktadır.

Ce anomalisi  $[(\text{Ce}/\text{Ce}^* = \text{Ce}_n / (\text{La}_n \times \text{Pr}_n)^{1/2})]$  manganez yataklarının oluşum kökenlerinin hidrotermal ya da hidrojenetik olup olmadığını ayırmada yine önemli bir faktördür. Deniz altı hidrotermal manganez yataklarının Ce anomalisi güçlü negatif anomalili gösterirken, hidrojenetik yataklarda Ce anomalisi pozitifdir. Kula manganezleri negatif Ce anomalisi (ortalama 0.57) göstermektedir (Şekil 6.19). Buna göre, Kula manganez oluşumları hidrotermal kökenlidir.



Şekil 6.19: Kula (Manisa) manganez cevherleşmelerinin kondrite göre normalize edilmiş değerleri (Sun ve McDonough, 1989). Hidrotermal ve Hidrojenetik alan Öksüz (2011)'den alınmıştır.

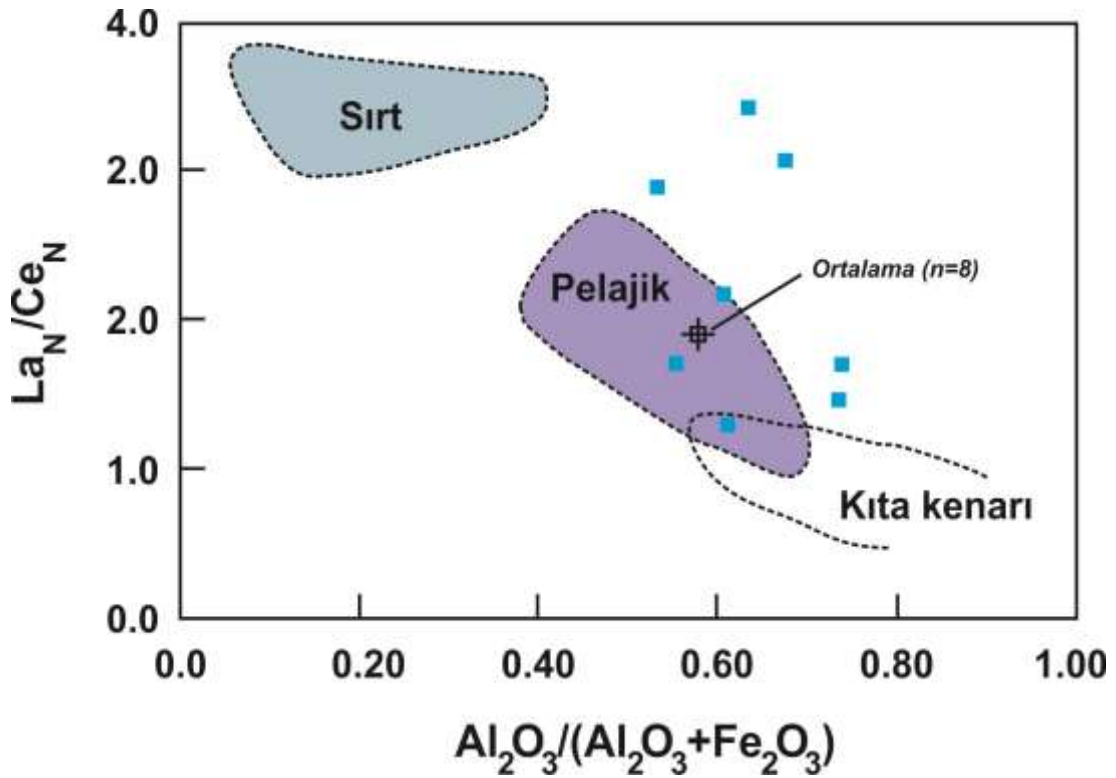
## 6.6 Ortam ve köken

Kula manganez oluşumları, ofiyolitik bir birimin melanj karakterli formasyonu içerisindeki radyolarit-çört tabakalanmalarına uyumlu bir şekilde gözlenen bir cevherleşmedir. Literatürde manganez yataklanmalarının kökeni ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Wright ve Holser (1987)'e göre, diğer bir Ce anomalisi [ $Ce_{anom} = \text{Log} (3 \times Ce_n / (2 \times La_n + Ce_n))$ ] değeri, sedimantasyonun gerçekleştiği su kütlelerinin oksik ve anoksik durumun saptanması için güçlü bir veridir. Ce anomalisi  $> -0.1$  bu sedimantasyon süresince bir anoksik ortamı işaret etmesine rağmen, Ce anomalisi  $< -0.1$  depolanma süresince oksidatif bir ortamı göstermektedir. Kula manganezlerinin Ce anomalisi ortalama  $-0.32$  ile oksijen bakımından zengin bir ortamı işaret etmektedir.

Çalışılan manganezlerin negatif  $Ce^*$  anomalisi [ $(Ce/Ce^* = Ce_n / (La_n \times Pr_n)^{1/2})$ ] 0.40 ile 0.96 arasında değişmektedir (Bknz. Şekil 6.7). Piepgras ve Jacobsen (1992), deniz suyu genellikle geniş ölçekli bir negatif  $Ce^*$  anomalisine sahiptir. Dolayısıyla, Kula manganezlerinin NTE kompozisyonundaki negatif  $Ce^*$  anomalisi muhtemel bir deniz suyunun katkısını göstermektedir (Xie vd. 2013).

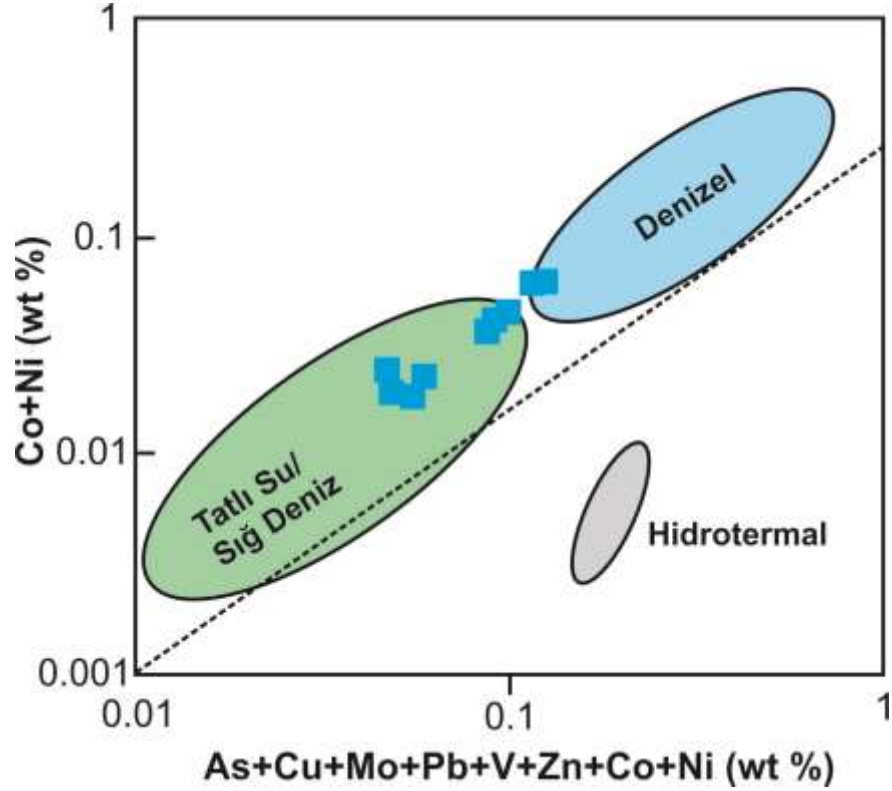
Murray vd. (1990)'a göre, kondrite göre normalize edilmiş  $Ce^*$  anomalisi örnekler ve plaka tektoniği ortamlarını ayırmada da kullanılan önemli bir veridir. Yazarların yapmış olduğu çalışma ile üç farklı depolanma ortamı tanımlanabilmektedir. Bunlar 1) yayılma sırtı proximal ( $Ce^* \sim 0.29$ ), 2) okyanus tabanı ( $Ce^* \sim 0.55$ ) ve 3) kıta kenarı ( $Ce^* 0.9-1.3$ ). Kula manganezleri ortalama 0.59  $Ce^*$  anomalisi göstermesi, bu oluşumların denizel bir ortamda oluştuğunu göstermektedir. Bu yorum,  $La_n/Ce_n - Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$  diyagramında gösterilen değerler ile de uyumludur (Şekil 6.8). Bu diyagrama göre, Kula manganez örnekleri pelajik ve kıta kenarı arasında düşmektedir. Buna göre, çalışılan manganezler yayılma sırtlarına uzak, kıta kenarı ile pelajik ortam arasında, ortalama değere göre ise pelajik bir sedimanter ortamda oluşmuş olmalıdır (Şekil 6.20). Manganez cevherleşmelerindeki Sr içerikleri deniz suyunun tuzluluğu ile değişkenlik göstermektedir. Diğer bir deyişle, deniz suyunun tuzluluğu azaldıkça, Sr konsantrasyonları azalırken, tuzluluk arttıkça Sr değerleri artmaktadır (Klein vd. 1996, Dueñas-Bohórquez vd. 2009). Kula manganezlerinin Sr içerikleri 809.9 ile 20 178 arasında değişmektedir ve ortalama Sr içerikleri 4491

ppm'dir. Cevherleşmedeki yüksek Sr içerikleri, Kula manganezlerinin yüksek tuzluluk içeren bir denizel sedimanter ortamda oluştuğunu göstermektedir (Fan, 1994, Klein vd. 1996, Zhao, 1997, Dueñas-Bohórquez vd. 2009). Dünyadaki diğer manganez yatakları ile karşılaştırıldığında, Kula manganez cevherleşmesi Guichi (Çin)'deki Permiyen yaşlı manganez cevherleşmelerine oldukça benzerlik göstermektedir. Xie vd. (2013)'e göre, Guichi manganez cevherleri negatif Ce\* anomalisi (ortalama: 0.58) sunmaktadır ve yüksek Sr içeriklerine sahiptir (> 1500 ppm).



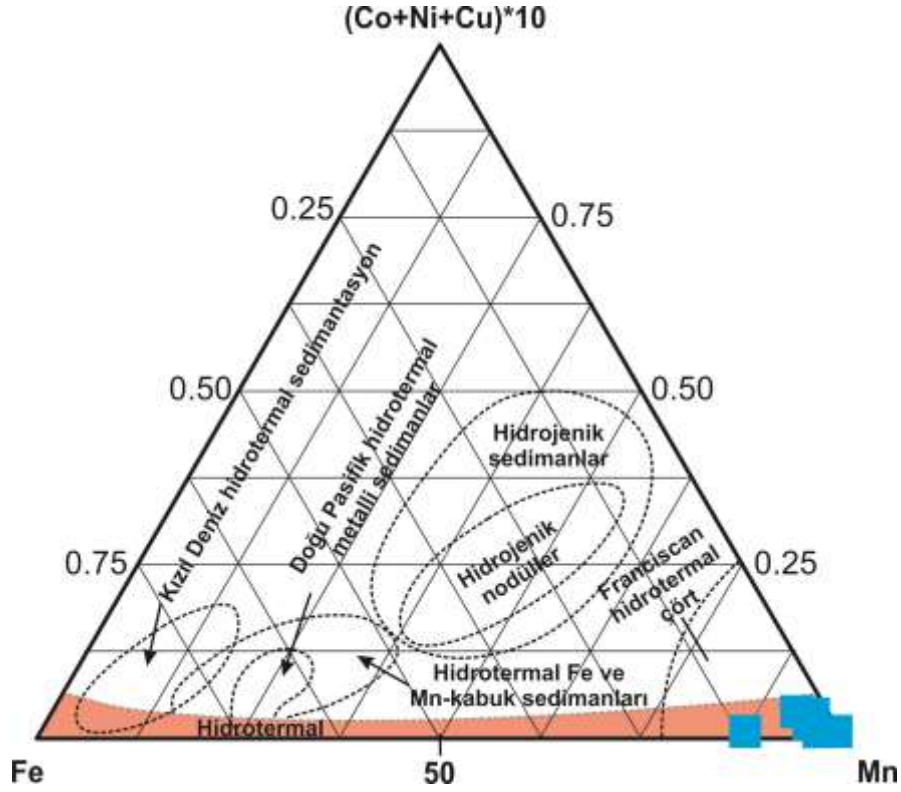
**Şekil 6.20:**  $La_N/Ce_N$ -  $Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$  diyagramı (Murray, 1994'den değiştirilerek). Normalize değerler Evensen vd. 1978'den alınmıştır.

Nicholson (1992) tarafından geliştirilmiş diyagramlar, manganez oluşumlarının tüm kaya jeokimyasal karakteristikleri farklı ortamlarda oluşmuş (süperjen denizel, sığ denizel ve tatlı su ortamı) manganez yataklarının kökenlerini ayırmada kullanılabilir. Bu diyagramlardan bazıları, Kula manganeleri için de kullanılmıştır.  $Co+Ni$  (%) –  $As + Cu + Mo + Pb + V + Zn + Co + Ni$  (%) diyagramında Kula manganez örneklerinin çoğunluğu tatlı su-sığ denizel alanına düşmüştür (Şekil 6.21).



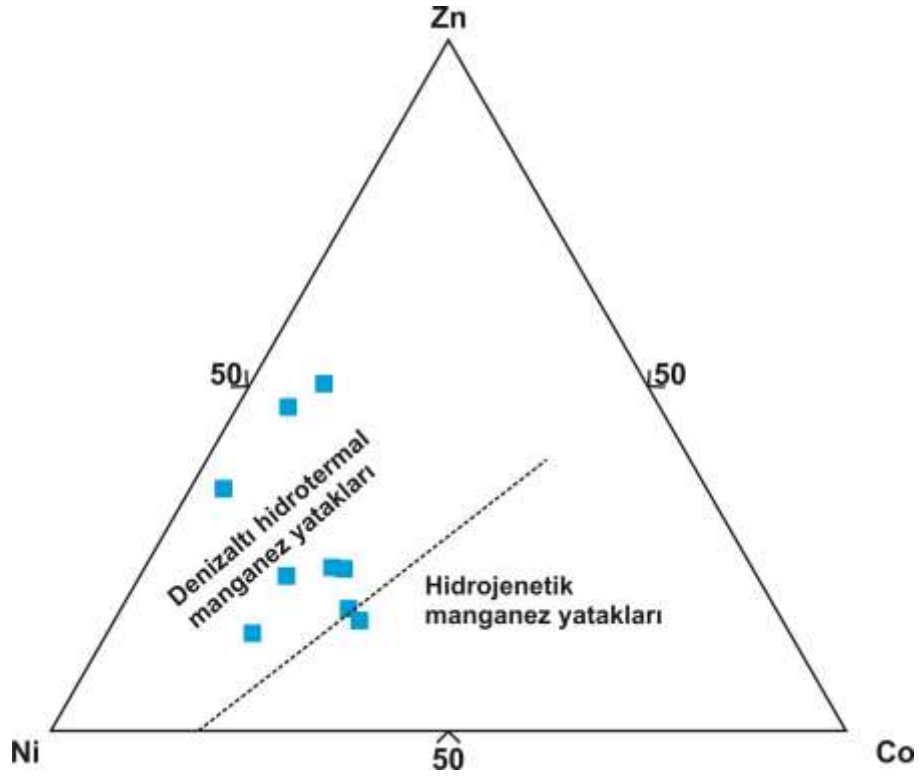
**Şekil 6.21:** Manganez yataklarının depolanma ortamını gösteren (Co+Ni) – (As+Cu+Mo+Pb+V+Zn+Co+Ni) diyagramı (Nicholson, 1992)

Deniz altı hidrotermal manganez yataklarının en yaygın jeokimyasal özelliklerinden biri mangandan demire doğru Mn-içeren fazların çökmesini takiben Fe-içeren fazların ilksel çökmesinden dolayı fraksiyonlaşmadır (Ruhlin ve Owen, 1986, Toth, 1980, Jach ve Dudek, 2005, Zarasvandi vd. 2016). Genel olarak yayılma merkezine yakın (piroximal) yataklar yüksek Fe içeriğine sahip olmasına rağmen, uzak (distal) olan manganez yatakları yüksek Mn içeriğine sahiptirler. Bu özellik, Mn/Fe oranlarına da yansımaktadır. Kula manganezleri düşük Fe ve yüksek Mn içeriğine sahiptir. Cevherleşme yüksek Mn/Fe değerlerine sahiptir (ortalama 95.26). Bu yüksek değerler, Kula manganezlerinin yayılma merkezine uzak (distal) bir bölgede hidrotermal olarak oluştuğunu göstermektedir. Bu sonucu, yapılan mineralojik verilerde Kula manganezlerinde Fe-içeren önemli mineraller tespit edilmemiş olması da desteklemektedir. Uyumlu bir şekilde oldukça yüksek Ba içerikleri deniz altı hidrotermal cevherleşmeler için tipiktir (Varnavaz vd. 1988, Jach ve Dudek, 2005, Zarasvandi vd. 2016). Hidrotermal özellikler  $(Cu+Ni+Co)*10 - Fe - Mn$  üçgen diyagramında da gözlenmektedir. Bu diyagramda, Kula manganezleri düşük  $Cu+Ni+Co$  değerlerine sahiptir ve hidrotermal alanda gözlenmektedir (Şekil 6.22).

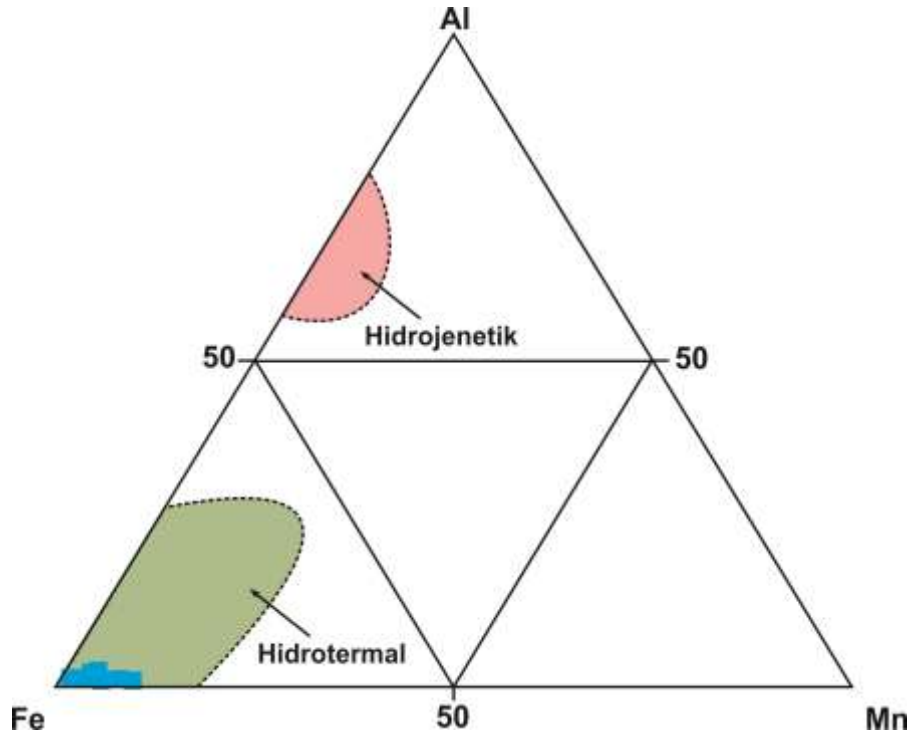


Şekil 6.22: (Cu+Ni+Co)\*10 – Fe – Mn üçgen diyagramı (Bonatti vd. 1972, Hein vd. 1994).

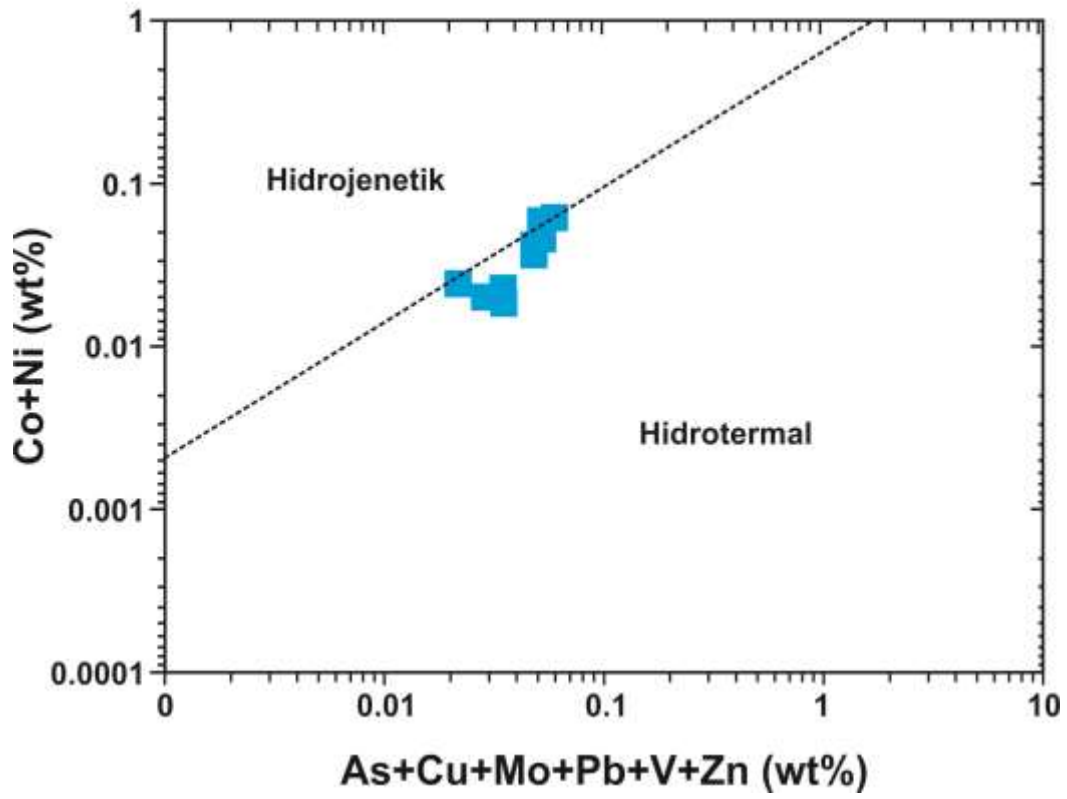
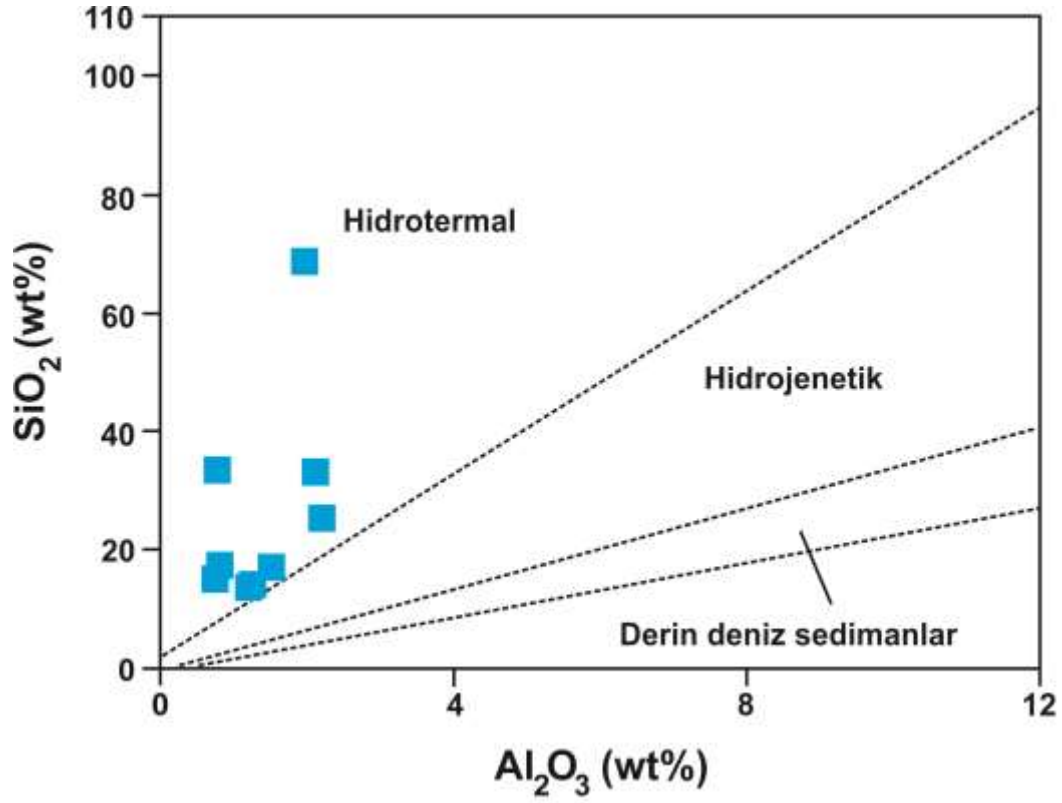
Buna ek olarak Choi ve Hariya (1992) tarafından geliştirilen, Zn – Ni – Co üçgen diyagramında çalışılan manganez cevherleşmeleri denizaltı hidrotermal manganez yatakları alanına düşmüştür (Şekil 6.23). Diğer bir ayırım diyagramı Al – Fe – Mn üçgen diyagramıdır. Adachi vd. (1986) tarafından geliştirilen diyagram, Kuzey Pasifik'teki hidrotermal olarak oluşmuş çört ve ilişkili silisli kayalar için geliştirilmiştir. Bu diyagrama göre, Kula manganez cevherleşme örnekleri hidrotermal alana düşmüştür (Şekil 6.24). Wonder vd. (1988) ve Nicholson (1992) tarafından geliştirilen, SiO<sub>2</sub> (%) – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (%) ve Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramlarında da Kula manganez Kula manganez örnekleri hidrotermal cevherleşme alanına düşmüştür (Şekil 6.25). Hidrotermal ve hidrojenetik manganez yataklarını birbirinden ayıran, Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn (Toth, 1980) diyagramında, çalışılan manganez oluşumları hidrotermal-tip manganez alanına düşmüştür (Şekil 6.25). Diğer bir diyagram Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramıdır. Bu diyagrama göre, Kula manganez örnekleri hidrotermal alana düşmüştür (Şekil 6.26). Bu çalışmada, ayırım diyagramı olarak kullanılan son diyagram U – Th diyagramıdır (Bonatti vd. 1976). Bu diyagrama göre, Kula manganez cevherleşme örnekleri hidrotermal alanına düşmüştür (Şekil 6.27).



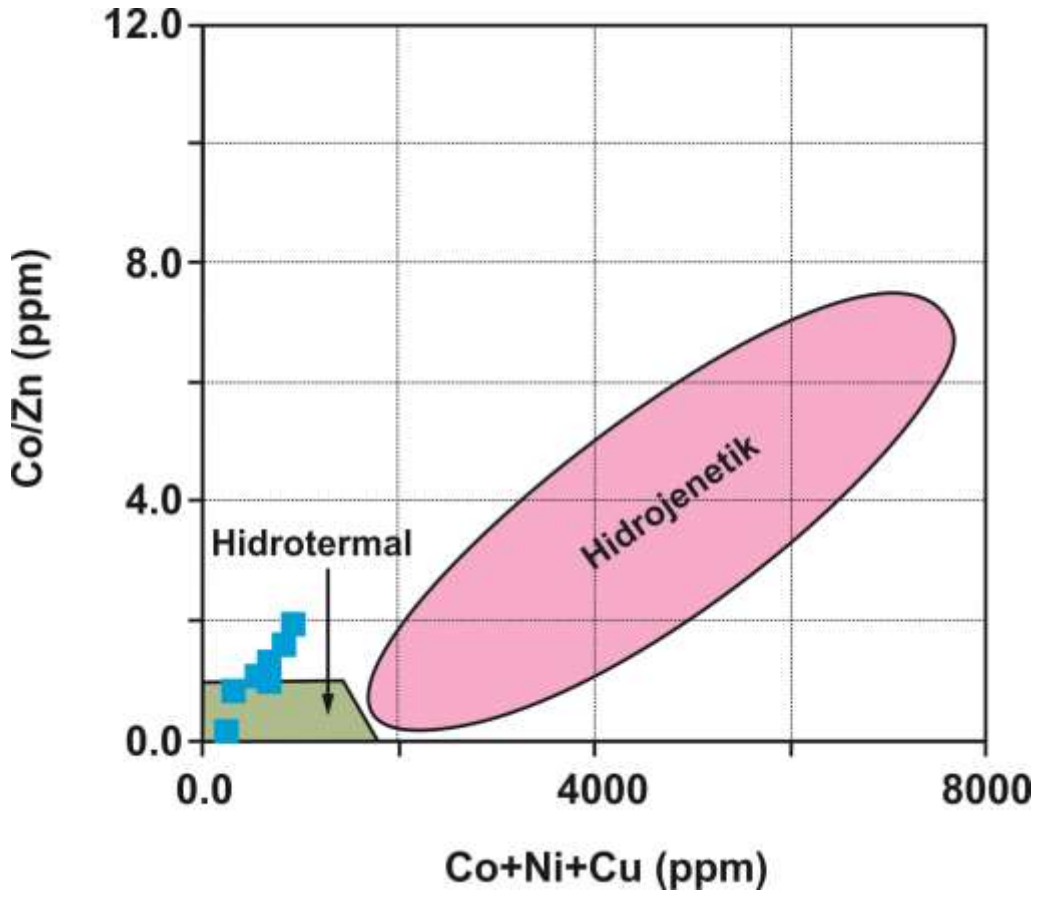
Şekil 6.23: Deniz altı hidrotermal manganez yataklarını ve hidrojenetik manganez yataklarının alanlarını gösteren Zn –Ni – Co üçgen diyagramı (Choi ve Hariya, 1992).



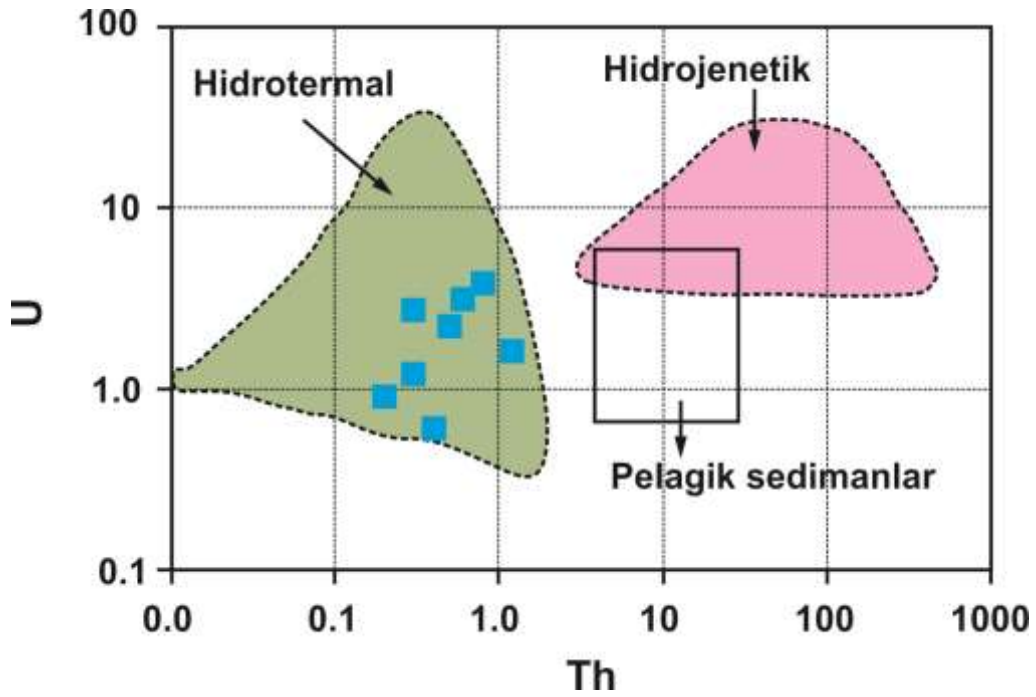
Şekil 6.24: Hidrotermal çört ve silisik kayaların ortamını gösteren Al – Fe – Mn diyagramı (Adachi vd. 1986).



Şekil 6.25: Hidrojenetik ve hidrotermal yatakları birbirinden ayıran SiO<sub>2</sub> – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Wonder vd. 1988), Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramı (Nicholson, 1992).



Şekil 6.26: Co+Ni – As+Cu+Mo+Pb+V+Zn diyagramı (Toth, 1980).



Şekil 6.27: Hidrojenetik-hidrotermal kökenli manganez yatakları ve pelajik sedimanların ayırımını yapan U – Th diyagramı (Bonatti vd. 1976).



## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Stratigrafik olarak, bölgede temelde Paleozoyik yaşlı gnays-şistler olup, bunların üzerine tektonik olarak Kretase yaşlı Vezirler Melanjı gelmektedir. Vezirler Melanı üzerinde Pliyo-Miyosen yaşlı gölsel sedimanter kayaçlar uyumsuz olarak örtmektedir. En üstte ise Kula bölgesinde çok yaygın mostralara veren Kuvaterner yaşlı Kula Volkanitleri bulunmaktadır.
- Çalışmanın konusunu oluşturan manganez oluşumları, bölgedeki melanj karakterli Vezirler Melanjı içerisindeki radyolarit-çört litolojileri içerisinde bulunmaktadır. Manganezlere ev sahipliği yapan birimler, tabakalanmalı, bazı lokasyonlarda oldukça kıvrımlıdır ve bol kırık çatlaklıdır.
- Manganez oluşumlarının kalınlığı 10 cm ile 1 m arasında değişmektedir. Manganez oluşumlarının bulunduğu bölgede daha önceden kısmen işletilmiş bir galeri bulunmaktadır.
- İnceleme alanından alttan üste doğru toplam 9 adet manganez örneği derlenmiştir. 9 adet örnek üzerinde parlak kesit çalışması, XRD, XRF-ICPMS çalışmaları gerçekleştirilmiş ve sonuçlar yorumlanmıştır.
- Parlak kesit çalışmalarında parajenez pirolusit, psilomelan, braunit minerallerinden meydana gelmektedir. Çok nadir manjiyorit ve todorokit mineralleri de tespit edilmiştir.
- XRD çalışmalarında, braunit, psilomelan, pirolusit, hematit, manjiyorit, klinoklor, pirofillit, talk, kuvars ve kalsit mineralleri tespit edilmiştir.
- XRF-ICPMS analizleri ile bölgedeki manganezlerin kimyasal analiz sonuçları literatürdeki birçok diyagram üzerinde yorumlanmış ve bu manganez oluşumlarının sedimanter bir denizel ortamda oluştuğu ve kökenin hidrotermal tip manganez olduğu tespit edilmiştir.

## 8. KAYNAKLAR

Adachi, M., Yamamoto, K., Sugisaki, R. (1986). Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the northern Pacific their geological significance as indication of ocean ridge activity. *Sedimentary Geology*, 47, 125-148.

Akdeniz, N., Konak, N., 1979. Simav-Emet-Tavsanlı-Dursunbey-Demirci yöresinin jeolojisi. *MTA Raporu* No: 6547, Ankara.

Aydar, E. (1998). Early Miocene to Quaternary evolution of volcanism and the basin formation in western Anatolia: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 69-82.

Bonatti, E., Kraemer, T. and Rydell, H. (1972). Classification and genesis of submarine iron–manganese deposits. pp. 473–489 in: *Ferromanganese Deposits of the Ocean Floor* (D.R. Horn, editor). Harriman, Petersfield, UK.

Bonatti, E., Zerbi, M., Kay, R., Rydell, H., 1976. Metalliferous deposits from the Apennine ophiolites: Mesozoic equivalents of modern deposits from oceanic spreading centers. *Geol. Soc. Am. Bull.* 87, 83–94.

Choi, J.H. and Hariya, Y. (1992) Geochemistry and depositional environment of Mn oxide deposits in the Tokoro Belt, Northeastern Hokkaido, Japan. *Economic Geology*, 87, 1265–1274.

Crerar, D.A., Namson, J., Chyi, M.S., Williams, L. ve Feigenson, M.D. (1982). Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: I. General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers. *Economic Geology*, 77, 519-540

Cronan, D. S., G. P. Glasby, S. A. Moorby, J. Thomson, K. E. Knedler, and J. C. McDougall (1982), A submarine hydrothermal manganese deposit from the southwest Pacific island arc, *Nature*, 298, 456 – 458

Cronan, D. S., R. Hodkinson, and T. D. S. Rogers (2002), Diagenetically modified buried hydrothermal manganese crusts from the Lau Basin, S.W. Pacific, Mar. Georesour. *Geotechnol.*, 20, 51 – 72

Dannat, C. (1997). “Geochemie, geochronologie und Nd-Sm Isotopie der granitoiden Kerngneiss des Menderes Massivs, SW-Turkey”, *PhD thesis*, Johannes Gutenberg Universitat Mainz.

Delian F. (1994). Geological and Geochemical Research of the Manganese ore Bed (in Chinese). M 1. Beijing: Weather Publishing Pres.

Dora, Ö., Kun, N., Candan, O. (1992). Menderes Masifi'nin Metamorfik Tarihçesi Ve Jeotektonik Konumu. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 35, 1-14.

Dubinin, A.V., Volkov, I.I., 1986. Rare earth elements in metalliferous sediments of the East Pacific Rise. *Geokhimija* 5, 645–662.

Dueñas-Bohórquez, A., Elisabeth da Rocha, R., Kuroyanagi, A., Bijma, B., Reichart, G.J. (2009). Effect of salinity and seawater calcite saturation state on Mg and Sr incorporation in cultured planktonic foraminifera. *Marine Micropaleontology* 73, 178–189.

Ercan, T., Dinçel, A., Metin, S., Türkecan, A., Günay, E. (1978). Uşak Yöresindeki Neojen Havzalarının Jeolojisi. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 21, 97-106.

Ercan, T. (1981). Kula yöresinin jeolojisi ve volkanitlerin petrolojisi: *Doktora tezi*, İstanbul Üniv. Yerbilimleri Fakültesi, 165 s., yayınlanmamış.

Ercan, T. (1993). Interpretation of Geochemical, Radiometric and Isotopic Data on Kula Volcanics (Manisa-W Anatoia). *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 36, 113-129.

Ercan, T. ve Öztunalı, Ö. (1982). Kula Volkanizmasının özellikleri ve içerdiği “Base Surge” tabaka şekilleri. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 25, 117-125.

Ercan, T., Türkecan, A., Dinçel, A., Günay, E. (1983). Kula-Selendi (Manisa) Dolaylarının Jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği*, 3-28.

Evensen, M.N., Hamilton, P. and O’Nions, R.K. (1978). Rare-earth abundances in chondritic meteorites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 1199.

Fan, D.L. (1994). Geological and Geochemical Research of the Manganese Ore Bed. *Weather Publishing Press*, Beijing.

Fan, D.L., Yang, P. (1999). Introduce to and classification of manganese deposits of China. *Ore Geology Reviews* 15, 1–15.

Fernandez, A. ve Moro, M.C. (1998). Origin and depositional environment of Ordovician stratiform iron mineralization from Zamora (NW Iberian Peninsula). *Mineralium Deposita*. 33, 606-619

Hayashi, K.I., Fujisawa, H., Holland, H.D., Ohmoto, H. (1997). Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from northeastern Labrador, Canada. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61, 4115–4137.

Hein, J. R. (2004). Cobalt-rich ferromanganese crusts: Global distribution, composition, origin and research activities: *In Workshop on Minerals Other than Polymetallic Nodules of the International Seabed Area*, vol. 1, pp. 188–256, Int. Seabed Auth., Kingston, Jamaica.

Hein, J. R., et al. (1992), Geology, geophysics, geochemistry, and deep-sea mineral deposits, Federated States of Micronesia: KORDI-USGS R. V. Farnella cruise F11 –90-CP, U.S. *Geol. Open File Rep.*, 92– 218, 191 pp.

Hein, J.R., Yeh, H.-W., Gunn, S.H., Gibbs, A.E., Wang, C.-H., 1994. Composition of hydrothermal ironstones from central Pacific seamounts. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 58, 179–189.

Hein, J.R., Fan, D.L., Ye, J., Liu, T.B., Yeh, H.W. (1999). Composition and origin of Early Cambrian Tiantaishan phosphorite-Mn carbonate ores, Shaanxi Province, China. *Ore Geology Reviews* 15, 95–134.

Hein, J.R., Schulz, M.S., Dunham, R.E., Stern, R.J., Bloomer, S.H. (2008). Diffuse flow hydrothermal manganese mineralization along the active Mariana and southern Izu-Bonin arc system, western Pacific. *Journal of Geophysical Research*, 113

Jach, R., Dudek, T. (2005). Origin of a Toarcian manganese carbonate/silicate deposit from the Križna unit, Tatra Mountains, Poland. *Chem. Geol.* 224, 136–152.

Klein, R.T., Lohmann, K.C., Thayer, C.W. (1996). Sr/Ca and  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  ratios in skeletal calcite of *Mytilus trossulus*: Covariation with metabolic rate, salinity, and carbon isotopic composition of seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 60, 4207–4221.

Levasseur, S., Frank, M., Hein, J.R., Halliday, A.N., 2004. The global variation in the iron isotope composition of marine hydrogenetic ferromanganese deposits: implications for seawater chemistry? *Earth and Planetary Science Letters* 224, 91–105.

Liakopoulos, A., Glasby, G.P., Papavassiliou, C.T., Boulegue, J. (2001). Nature and origin of the Vani manganese deposit, Misos, Greece: an overview. *Ore Geology Reviews* 18, 181-209.

Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 2001. Metal Madenler Alt Komisyonu Diğer Metal Madenler Çalışma Grubu Raporu, Antimuan-Tungsten-Nikel-Vanadyum-Molibden-Kalay-Manganez. 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT.2629, ÖİK.640, s.63-79, Ankara

Maghfouri, S., Rastad, E., Mousivand, F., Choulet, F., Ye, L. (2017). Geological and geochemical constraints on the Cheshmeh-Frezi volcanogenic stratiform manganese deposit, southwest Sabzevar basin, Iran. *Ore Geology Reviews* 89, 96-113.

Maynard, J. (2010) The chemistry of manganese ores through time: a signal of increasing diversity of earthsurface environments. *Economic Geology*, 105, 535–552.

Mohapatra, B.K., Mishra, P.P. and Singh, P.P. (2009). Manganese ore deposits in Koira- Noamundi province of iron ore group, north Orissa, India: in the light of geochemical signature. *Chemie der Erde Geochemistry*, 69, 377–394.

Murray, R.W. (1994) Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology*, 90, 213–232.

Nayan, J., Rongfen J., Ziyu W. (1994). Permian palaeogeography and geochemical environment in Lower Yangtze region, China. *Petroleum Industry Press*, Beijing, 206.

Nicholson, K. (1992). Contrasting mineralogical–geochemical signatures of manganese oxides; guides to metallogenesis. *Economic Geology* 87, 1253-1264.

Nyame, F.K., Beukes, N.J., Kase, K., Yamamoto, M. (2002). Compositional variations in manganese carbonate micronodules from the Lower Proterozoic Nsuta deposit, Ghana: product of authigenic precipitation or post-formational diagenesis? *Sedimentary Geology* 154, 159–175.

Öksüz, N., 2010. Eymir (Sorgun-Yozgat-Türkiye) Bölgesi Manganez Yatağının Jeokimyasal Karakteristikleri. 63. *Türkiye Ulusal Jeoloji Kurultayı*. 5-9 Nisan 2010, MTA Genel Müdürlüğü, Ankara, 113.

Öksüz, N. (2011a). Derbent (Yozgat) Bölgesindeki Manganez Cevherleşmelerinin Jeokimyası ve Kökeni. *Yerbilimleri*, 32 (3), 213-234.

Öksüz, N. (2011b). Geochemical Characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) Manganese Deposit, Turkey. *Journal of Rare Earths*, 29, 287-297.

Öksüz, N. ve Okuyucu, N. (2014). Mineralogy, Geochemistry, and Origin of Büyükmahal Manganese Mineralization in the Artova Ophiolitic Complex, Yozgat, Turkey. *Journal of Geochemistry*, 1-11 p.

Piegras, D.J., Jacobsen, B. (1992). The behavior of rare earth elements in seawater: precise determination of variations in the North Pacific water column. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 56, 1851–1862.

Polgári, M., Hein, J.R., Vigh, T., Szabó-Drubina, M., Főrizs, I., Bíró, L., Müller, A. and Tóth, A.L. (2012). Microbial processes and the origin of the Úrkút manganese deposit, Hungary. *Ore Geology Reviews*, 47, 87–109.

Roy, S. (1992) Environment and processes of manganese deposition. *Economic Geology*, 87, 1218–1236.

Shah, M.T. and Moon, C.J. (2007) Manganese and ferromanganese ores from different tectonic settings in the NW Himalayas, Pakistan. *Journal Asian Earth Science*, 29, 455–465.

Sun, S.S., McDonough, W.F. (1989). Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: Saunders, A.D., Norry, M.J. (Eds.), *Magmatism in ocean basins*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 42: 313-345.

Şaşmaz, A., Türkyilmaz, B., Öztürk, N., Yavuz, F., Kumral, M. (2014). Geology and geochemistry of Middle Eocene Maden complex ferromanganese deposits from the Elazığ-Malatya region, eastern Turkey. *Ore Geology Reviews* 56, 352-372.

Şen, E., Aydar, E., Bayhan, H., Gourgaud, A. (2014). Alkali Bazalt ve Piroklastik Çökellerin Volkanolojik Özellikleri, Kula Volkanları, Batı Anadolu. *Yerbilimleri*, 35 (3), 219-252.

Taylor, S.R. and McLennan, S.M. (1985) *The Continental Crustal: Its Composition and Evolution*. Blackwell, Oxford, UK, 312 pp.

Teker, Y. (2010). Isparta ve Burdur yöresi manganez cevherleşmeleri ile Türkiye'nin farklı kökenli bazı önemli manganez yataklarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri ile oluşumlarının karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 262 s.

Tokçaer, M., Agostini, S., Savaşçın, M.Y. (2005). Geotectonic Setting and Origin of the Youngest Kula Volcanics (Western Anatolia), with a New Emplacement Model. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 14, 145-166.

Toth, J.R. (1980) Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. *Geological Society of America Bulletin*, 91, 44–54.

Trefry, J. H., D. B. Butterfield, S. Metz, G. J. Massoth, R. P. Trocine, and R. A. Feely (1994), Trace metals in hydrothermal solutions from Cleft segment on the southern Juan de Fuca Ridge, *Journal of Geophysical Research* 99, 4925– 4935

Usui, A. and Someya, M. (1997) Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific. pp. 177–198 in: Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits (K. Nicholson, J.R. Hein, B. Buhn and S. Dasgupta, editors). *Geological Society, London, Special Publications*, 19.

Wonder, J.D., Spry, P.G. ve Windom, K.E. (1988). Geochemistry and origin of manganese-rich rocks related to iron-formation and sulfide deposits, western Georgia. *Economic Geology*, 83, 1070–1081.

Wright, J., Holser, W.T., 1987. Paletedox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 51, 631-644.

Xie, J., Sun, W., Du, J., Xu, W., Wu, L., Yang, S. And Zhou, S. (2013) Geochemical studies on Permian manganese deposits in Guichi, eastern China: Implications for their origin and formative environments. *Journal of Asian Earth Sciences*, 74, 155–166.

Varnavaz, S.P., Papaioannu, J. and Catani, J. (1988) A hydrothermal manganese deposit from the Eratosthenes Seamount, eastern Mediterranean Sea. *Marine Geology*, 81, 205–214.



Zarasvandi, A., Rezaei, M., Sadeghi, M., Pourkaseb, H., Sepahvand, M. (2016). Rare-earth element distribution and genesis of manganese ores associated with Tethyan ophiolites, Iran: A review. *Mineralogical Magazine*, 80 (1), 127-142.

Zhao, Z.H. (1997). *Geochemistry Principle of Trace Elements*. Science publishing, Beijing.

Zhou, L., Kyte, F.T. (1988). The Permian-Triassic boundary event: a geochemical study of three Chinese sections. *Earth and Planetary Science Letters* 90, 411-421.

# **EKLER**

**EK-A:** Pabuçlu (Kula, Manisa) civarının jeoloji haritası ve jeoloji enine kesiti (Ercan vd., 1978'den değiştirilerek)