

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2022 Cilt 65 Sayı 1
January 2022 Volume 65 Issue 1

- M. Selman Aydoğan**
Cihanpaşa (Yozgat) Bölgesinin Güney Kesimindeki Manganez Cevherleşmesinin Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni
The Genesis and Geochemical Characteristics of Manganese Mineralization in the Southern Part of the Cihanpaşa (Yozgat) Area..... 1
- Keyvan Khayer, Adel Shirazy, Aref Shirazi, Abdolhamid Ansari, Ardeshir Hezarkhani**
Permeability Estimation from Stoneley Waves in Carbonate Reservoirs 35
- Atike Nazik, Yeşim Büyükmeriç, Ali Murat Kılıç, Zeki Ünal Yümün**
Hovgaard ve Horseshoe Adaları (Antarktika Yarımadası) Çevresindeki Güncel Denizel Ostrakodlar (Crustacea)
Recent Marine Ostracods (Crustacea) around Hovgaard and Horseshoe Islands (Antarctica Peninsula) 43
- Ahmet Baştürk, M. Selman Aydoğan**
Balya (Balıkesir, KB Türkiye) Bölgesindeki Flotasyon ve İzabe Atıklarında Jeostatistiksel Parametreler Kullanarak Modelleme ve Kaynak Hesabına Örnek Bir Çalışma
A Case Study on Modelling and Resource Assessment Using Geostatistical Parameters for the Flotation and Smelting Mining Waste in the Balya Region (Balıkesir, NW Turkey) 53
- Adel Shirazy, Ardeshir Hezarkhani, Aref Shirazi, Shayan Khakmardan, Reza Rooki**
K-Means Clustering and General Regression Neural Network Methods for Copper Mineralization probability in Chahar-Farsakh, Iran79

TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2022 Cilt 65 Sayı 1
January 2022 Volume 65 Issue 1

ISSN 1016-9164

OCAK 2022
SAYI: 1
CİLT: 65
TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ



Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos İndeks ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts, EBSCO, Asos İndeks and ULAKBİM TR Dizin Databases.

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

TMMOB JEOLojİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

TMMOB
JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

YÖNETİM KURULU / EXECUTIVE BOARD

Hüseyin ALAN	Başkan / <i>President</i>
Faruk İLGÜN	İkinci Başkan / <i>Vice President</i>
Buket YARARBAŞ ECEMİŞ	Yazman / <i>Secretary</i>
D. Malik BAKIR	Sayman / <i>Treasurer</i>
M. Emre KIBRIS	Mesleki Uygulamalar Üyesi / <i>Member of Professional Activities</i>
Düzgün ESİNA	Sosyal İlişkiler Üyesi / <i>Member of Social Affairs</i>
Seçkin GÜLBUDAK	Yayın Üyesi / <i>Member of Publication</i>

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ
Geological Bulletin of Turkey

Yayın Kurulu / Publication Board

Editör / Editor
Erdinç YİĞİTBAŞ
eyigitbas@comu.edu.tr

Yardımcı Editörler / Associate Editors

Mustafa AVCIOĞLU m_avcioglu@comu.edu.tr	İsmail Onur TUNÇ onurtunc@comu.edu.tr
--	--

İngilizce Editörleri / English Editors

Catherine YİĞİT	Graham Howard LEE
-----------------	-------------------

Editör Kurulu / Editorial Board

AKGÜN Funda (İzmir, Türkiye)	ÖZKUL Mehmet (Denizli, Türkiye)
AKSOY Ercan (Elazığ, Türkiye)	ÖZMEN Bülent (Ankara, Türkiye)
ALDANMAZ Ercan (Kocaeli, Türkiye)	PARLAK Osman (Adana, Türkiye)
ALTUNEL Erhan (Eskişehir, Türkiye)	PAVLIDES Spyros (Selanik, Yunanistan)
BABA Alper (İzmir, Türkiye)	PIPER John D.A. (Liverpool, İngiltere)
BATI Zühtü (Ankara, Türkiye)	PIPIK Radovan Kyska (B. Bystrica, Slovakya)
BOZKURT Erdin (Ankara, Türkiye)	POLAT Ali (Windsor, Ontario, Kanada)
CAPUTO Ricardo (Ferrara, İtalya)	ROBERTSON Alastair (Edinburgh, İngiltere)
DEMİREL İsmail Hakkı (Ankara, Türkiye)	ROJAY Bora (Ankara, Türkiye)
EKMEKÇİ Mehmet (Ankara, Türkiye)	SAN Bekir Taner (Antalya, Türkiye)
EYÜBOĞLU Yener (Trabzon, Türkiye)	SARI Erol (İstanbul, Türkiye)
GENÇ Yurdal (Ankara, Türkiye)	SEYİTOĞLU Gürol (Ankara, Türkiye)
GÜL Murat (Muğla, Türkiye)	SÖZBİLİR Hasan (İzmir, Türkiye)
GÜLEÇ Nilgün (Ankara, Türkiye)	ŞENGÜLER İliker (Ankara, Türkiye)
GÜLER Cüneyt (Mersin, Türkiye)	TEKİN Uğur Kağan (Ankara, Türkiye)
GÜRSOY Halil (Sivas, Türkiye)	TEMEL Abidin (Ankara, Türkiye)
HATİPOĞLU Murat (İzmir, Türkiye)	TOPUZ Gültekin (İstanbul, Türkiye)
HELVACI Cahit (İzmir, Türkiye)	TÜYSÜZ Okan (İstanbul, Türkiye)
JOLIVET Laurent (Orleans, Fransa)	ÜNLÜ Taner (Ankara, Türkiye)
KARAYİĞİT Ali İhsan (Ankara, Türkiye)	ÜNLÜGENÇ Ulvi Can (Adana, Türkiye)
KAZANCI Nizamettin (Ankara, Türkiye)	VAŞELLİ Orlando (Floransa, İtalya)
KUSKY Timothy (Wuhan, Çin)	YAGBASAN Özlem (Ankara, Türkiye)
KUŞÇU İlkay (Muğla, Türkiye)	YALÇIN Hüseyin (Sivas, Türkiye)
MESÇİ B. Levent (Sivas, Türkiye)	YALÇIN Gürhan (Antalya, Türkiye)
NAZİK Atike (Adana, Türkiye)	YALTIRAK Cenk (İstanbul)
OBERHANSLI Roland (Potsdam, Almanya)	YAVUZ Fuat (İstanbul, Türkiye)
OKAY Aral (İstanbul, Türkiye)	YILMAZ İsmail Ömer (Ankara, Türkiye)
ÖZCAN Ercan (İstanbul, Türkiye)	YUSUFOĞLU Halil (Ankara, Türkiye)
ÖZDEMİR Yavuz (Van, Türkiye)	ZAGORCHEV Ivan (Sofya, Bulgaristan)
ÖZDEN Süha (Çanakkale, Türkiye)	

Yazışma Adresi

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK. 464 Yenisehir, 06410 Ankara
Tel: (0312) 434 36 01
Faks: (0312) 434 23 88
E-Posta: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Corresponding Address

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey
PO Box 464 Yenisehir, TR-06410 Ankara
Phone: +90 312 434 36 01
Fax: +90 312 434 23 88
E-Mail: tjb@jmo.org.tr
URL: www.jmo.org.tr

Yayın Türü	: Yaygın Süreli Yayın
Yayın şekli / <i>Frequency</i>	: Yılda 3 sayı (Türkçe -İngilizce) / 3 issues per year (Turkish - English)
Yayın Sahibi	: TMMOB JMO Adına Hüseyin ALAN
Sorumlu Yazı İşleri Müdürü	: Hüseyin ALAN
Yayın İdari Adresi	: Hatay 2 Sokak No: 21 Kocatepe / Ankara Tel: 0 312 432 30 85 Faks: 0 312 434 23 88
Baskı (Printed by)	: ERS Matbaacılık Kazım Karabekir Cad. Altuntop İşhanı No: 87/7 İskitler / Ankara Tel: 0 312 384 54 88
Baskı Tarihi	: Ocak 2022
Baskı Adedi	: 500

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

Geological Bulletin of Turkey

Ocak 2022 Cilt 65 Sayı 1
January 2022 Volume 65 Issue 1

İÇİNDEKİLER CONTENTS

- M. Selman Aydoğan**
Cihanpaşa (Yozgat) Bölgesinin Güney Kesimindeki Manganez Cevherleşmesinin Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni
The Genesis and Geochemical Characteristics of Manganese Mineralization in the Southern Part of the Cihanpaşa (Yozgat) Area..... 1
- Keyvan Khayer, Adel Shirazy, Aref Shirazi, Abdolhamid Ansari, Ardeshir Hezarkhani**
Permeability Estimation from Stoneley Waves in Carbonate Reservoirs 35
- Atike Nazik, Yeşim Büyükmeriç, Ali Murat Kılıç, Zeki Ünal Yümün**
Hovgaard ve Horseshoe Adaları (Antarktika Yarımadası) Çevresindeki Güncel Denizel Ostrakodlar (Crustacea)
Recent Marine Ostracods (Crustacea) around Hovgaard and Horseshoe Islands (Antarctica Peninsula) 43
- Ahmet Baştürk, M. Selman Aydoğan**
Balya (Balıkesir, KB Türkiye) Bölgesindeki Flotasyon ve İzabe Atıklarında Jeostatistiksel Parametreler Kullanarak Modelleme ve Kaynak Hesabına Örnek Bir Çalışma
A Case Study on Modelling and Resource Assesment Using Geostatistical Parameters for the Flotation and Smelting Mining Waste in the Balya Region (Balıkesir, NW Turkey) 53
- Adel Shirazy, Ardeshir Hezarkhani, Aref Shirazi, Shayan Khakmardan, Reza Rooki**
K-Means Clustering and General Regression Neural Network Methods for Copper Mineralization probability in Chahar-Farsakh, Iran 79

Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts ve ULAKBİM TR Dizin Veri Tabanlarında yer almaktadır.

Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:

Emerging Sources Citation Index (ESCI), Georef, Geotitles, Geoscience Documentation, Geo Archive, Geo Abstracts, Mineralogical Abstracts and ULAKBİM TR Dizin Databases.

Antroposen ve Antropojenik Kirlilik / *Anthropocene and Anthropogenic Pollution*

TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey



**Cihanpaşa (Yozgat) Bölgesinin Güney Kesimindeki Manganez Cevherleşmesinin
Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni**

*The Genesis and Geochemical Characteristics of Manganese Mineralization in the Southern Part of the
Cihanpaşa (Yozgat) Area*

M. Selman Aydoğan

Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balıkesir

• Geliş/Received: 30.07.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 28.08.2021 • Kabul/Accepted: 01.09.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 30.09.2021 • Baskı/Printed: 20.01.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Türkiye’de Neotetis Okyanusu’nun kuzey kolunun kalıntısı olan İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonunun (İAESZ) ofiyolitik melanj kompleksleri birçok manganez oksit yataklarına ev sahipliği yapmaktadır. Bu yataklar, melanj ünitelerine ait olan kırmızı-menekşe renkli radyolaryalı çört blokları içerisinde gözlenmektedir. Bu melanj birliklerinden, Artova melanjı Kırşehir Masifi (Orta Türkiye)’nin kuzey kesiminde İAESZ boyunca yayılım sunmaktadır ve aynı zamanda altere serpantin ve radyolaryalı çört blokları, yastık lav, pelajik kireçtaşı bloklarından meydana gelmektedir. Cihanpaşa (Yozgat, İç Anadolu) bölgesinden Mn-oksit cevherleşmeleri, bu oluşumların kökeni, paleoredoks özellikleri ve depolanma ortamlarını ortaya koymak için analiz edilmiştir. Cevherleşmelerinin mineral parajenezi yaygın olarak braunit, pirolusit, psilomelan ve kuvars minerallerinden oluşmaktadır. Jeokimyasal olarak, yüksek Mn/Fe (60,2), düşük Σ NYE (15,75 ppm), Cu+Ni+Co (730 ppm), negatif Ce anomalisi ve hafif negatif Y/Y* anomalisi (0,87) Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin denizaltı bir hidrotermal sistem ile oluştuğunu ortaya koymaktadır. Negatif Ce/Ce* anomalisi (0,33), düşük Ce_{anom} değerleri ($< -0,54$), redoks göstergeler $[V/(V + Ni) = 0,43; Ni/Co = 0,51, V/Mo = 6,15]$ çalışılan manganez cevherleşmelerinin hidrotermal sistem tarafından oksijenli bir sedimanter ortamda oluştuğuna işaret etmektedir. Dahası, hafif pozitif ve negatif Eu anomalisi (0,84), yüksek La_{sn}/Ce_{sn} (3,96), düşük Al/(Al + Fe) (0,34) ve Σ NYE/Fe ($30,7 \times 10^{-4}$) oranları Cihanpaşa manganez oksit cevherleşmelerinin Neotetis Okyanusu’nun yaklaşık yayılma sırtına nispeten yakın düşük sıcaklıklı hidrotermal sistemin etkisi ile şekillenmiş olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Cihanpaşa, Hidrotermal, İç Anadolu, manganez oksit cevherleşmesi, radyolaryalı çört, Yozgat.

Abstract: Late Cretaceous ophiolitic mélange complexes of the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (İAESZ) that is the remnant of the northern branch of the Neotethys Ocean host numerous manganese oxide deposits in Turkey. These deposits are observed within the red-violet radiolarian chert blocks belonging to mélange units. Of these mélange units, the Artova mélange is observed along the İAESZ in the northern part of the Kırşehir Massif, central Turkey, and is made up mainly of pelagic limestone, pillow basalt, radiolarian-chert blocks, and highly altered serpentinite. Mn-oxide mineralizations from Cihanpaşa (Yozgat, central Anatolia) region were analysed in order to determine their depositional conditions, paleo-redox signatures, origin and source. These mineralizations are composed mainly of an alternation of radiolarian cherts and mudstones that overlie altered pillow basalt in an overturned fold. Based on petrographic studies, the mineral paragenesis of the manganese oxide mineralizations is comprised predominantly of braunite, pyrolusite, psilomelane and quartz. Geochemically, high Mn/Fe (60.2), low Σ REE (15.75 ppm) and Cu+Ni+Co (730 ppm), and a negative Ce anomaly and weakly negative Y/Y* anomaly (0.87)

suggest that the Cihanpaşa manganese mineralizations formed in a submarine hydrothermal system. A negative Ce/Ce anomaly (0.33), low Ce_{anom} values (< - 0.54), and redox-sensitive tracers [V/(V + Ni) = 0.43, Ni/Co = 0.51, V/Mo = 6.15] indicate that the manganese mineralization was formed by a hydrothermal system in an oxygenated marine sedimentary environment. Further, a weakly positive and negative Eu anomaly (0.84), high La_{sn}/Ce_{sn} (3.96), low Al/(Al + Fe) (0.34) and ΣREE/Fe (30.7x10⁻⁴) ratios highlighted that the Cihanpaşa manganese mineralizations were formed via impact of a low-T hydrothermal system, which is relatively close to the spreading ridge of the Izmir-Ankara-Erzincan Ocean.*

Keywords: Central Anatolia, Cihanpaşa, hydrothermal, manganese oxide mineralization, radiolarian chert, Yozgat.

GİRİŞ

Manganez, demir-çelik, kimya, elektronik ve batarya endüstrisindeki kullanımlarından dolayı ekonomi için önemli ham maddelerden biridir. Son zamanlarda endüstride manganez kullanımının birçoğu çelik endüstrisinde manganez bileşiklerinin (ferromanganez, silikomanganez) yapımında tüketilmektedir. Son yıllarda, manganez cevher üretimi dünya genelinde yüksek oranda artmıştır (Li vd., 2019). Günümüzde, mangan dünya genelinde yayılım sunan ve farklı kayaç litolojileri içerisinde yer alan yataklardan elde edilmektedir (Petersen vd., 2016). Dünya’da farklı jenetik tiplerde gözlenen manganez yatakları Güney Afrika, Ukrayna, Brezilya, Avustralya, Gabon, Çin, Hindistan, Gana, Meksika, Kazakistan ve Malezya’da bulunmaktadır. Güney Afrika, Ukrayna, Brezilya global rezervin %60’ına karşılık gelmektedir. Bu rezervlerden, Güney Afrika, Avustralya, Brezilya ve Gabon yüksek tenörlü (Mn > %44); Hindistan, Kazakistan, Meksika orta tenörlü (Mn %30-40); Ukrayna ve Gana düşük tenörlü (Mn < %30) manganez cevherleşmelerine ev sahipliği yapmaktadır (Li vd., 2019; USGS, 2019; Şaşmaz vd., 2020; 2021).

Doğal metal kaynakları, dünya yüzeyinin 1/3’ün den daha az kısmını temsil eden karalardaki cevher yataklarından elde edilmektedir. Bununla birlikte, tüketilen cevherleşmelerin yerine yüksek tenör değerlerine sahip cevher alanlarının tespit edilmesi zorlaştığından (Petersen vd., 2016), modern okyanus havzalarında gelecekteki metallerin ana kaynağı olarak düşünülen farklı

tipteki manganez nodülleri ve kobalt bakımından zengin ferromanganez kabukları üzerine güncel araştırmalar devam etmektedir (Hein vd., 2010). Okyanus ortası yayılma sırtlarına yakın bölgeler, deniz altı sülfid yatakları ile birlikte zengin metal içeriğine sahip sedimanter kayaçlar içermektedirler. Bu sedimanter kayaçlar yüksek metal içeriğinin (Co, Cu, Ni, Mo, Te, Li) yanısıra, zengin nadir yer elementleri (NYE) potansiyeline de sahiptir (Hein vd., 2010; 2014). Günümüzde modern yayılma sırtları boyunca zengin metal içeriğine sahip olan ferromanganez kabuklar, mangan nodülleri ile birlikte sülfid yatakları üzerinde önemli çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Modern okyanuslardaki araştırmalar ile birlikte derin deniz madenciliği de tartışılmaya başlanmıştır. Derin deniz madenciliği, okyanuslarda 200 m’nin altında denizden madenlerin çıkarılması işlemi olarak bilinmektedir (IUCN, 2018). Son zamanlarda, metal fiyatlarındaki artış ve karasal ortamlardaki metalik cevher yataklarının tüketimiyle birlikte derin deniz madenciliğine olan ilgi artmaktadır. Bu büyük ölçüde, Cu, Ni, Al, Mn, Zn, Li ve Co gibi metallerin karasal ortamlardaki tüketiminden ve bu metaller için yüksek teknoloji uygulamalarındaki talebin artmasından kaynaklanmaktadır (Petersen vd., 2016). Derin deniz madenciliğinde 40 yılı aşkın süredir yapılan büyük yatırım ve araştırmalara rağmen, denizel metal (Ni, Co, Zn) içeren nodüller ticari ölçekte yüzeye çıkarılamamıştır. Bu nedenle, derin deniz manganez ve Co-zengini Mn kabuklarının yeterli oranda gelecekte ticari ölçekte çıkarılamayacağı öngörülmektedir. Minimum düzeyde ekonomik olabilmesi için, nodüllerin yıl boyunca günde

yaklaşık 5.000 tonluk bir oranda çıkarılması gerekmektedir ve nodüllerin Ni + Cu + Co içeriğinin %2,5'dan fazla olması gerekmektedir (Glasby vd., 2015).

Farklı tipte manganez oluşumları, modern yada eski okyanusları içeren sedimanter ortamlarda oluşmakta (Roy, 1997; Polgari vd., 2012; Zarasvandi vd., 2013, 2016) ve yeryuvarının okyanus havzaları hakkında kıymetli bilgiler sunmaktadır (Hein vd., 1997; Nicholson vd., 1997). Manganez yatakları, mineraloji, kimyasal bileşim, tektonik ve depolanma ortamı temelinde, hidrotermal, hidrojenetik, diyajenetik ve biyojenetik (bakteri kökenli) yataklar olmak üzere dört ana grup içerisinde incelenmektedir (Bolton vd., 1988; Hein vd., 1997; 2008; Öksüz 2011a, b; Polgári vd., 2012). Bu yataklar arasında, hidrojenetik manganez yatakları, oksijenli ortamda deniz suyundan yavaş bir kimyasal çökelim (2-10 mm/my) ile oluşmaktadır (Glasby vd., 1987, 2015; Glasby, 2006). Ferromanganez yatakları (polimetalik yataklar, Co-zengini ferromanganez kabuklar) metal içerikleri bakımından oldukça zengindir. Polimetalik nodüller, bir çekirdek civarında düzensiz şekilde bantlı konsantrik mikro-tabakalar ile karakteristiktir (Halbach vd., 1981; Wegorzewski ve Kuhn, 2014). Co-zengini ferromanganez kabuklar sedimanter veya volkanik kayalar ile temsil edilmektedir ve pelajik ortamlarda Fe-Mn oksihidroksitlerin yavaş çökelişi ile oluşmaktadır (Dubinin vd., 2018). Diyajenetik yataklar, erken diyajenez süresince manganezin direk olarak çökelişi ile oluşmaktadır. Fe-Mn bakımından zengin diyajenetik nodüller sediment-su yüzeyi yakınında veya yarı oksik sediment boşluk suyundaki metal iyonları ile meydana gelmektedirler (Wegorzewski ve Kuhn, 2014; Bau vd., 2014). Yarı oksijenli ortamdaki diyajenetik nodüller hemipelajik sedimanter ortamda bulunurken, oksijen bakımından zengin ortamda oluşan nodüller derin deniz ortamındaki oksik sedimentlerde gözlenmektedir (Dymond vd., 1984; Takematsu vd., 1989). Hidrotermal yataklar,

hidrotermal solüsyonlardan Mn-oksit ve/veya Fe-oksihidroksitlerin çökelişi ile oluşmaktadır (Hein, 2004; Hein vd., 1997, 2008). Bu yataklar, ada yayı sistemleri, plaka içi denizdağları, okyanus ortası sırt bölgeleri gibi farklı tektonik ortamlarda meydana gelmektedirler (Roy 1997).

Ülkemizde, manganez oksit yatakları Triyas'tan Oligosen dönemine kadar geniş bir yaş aralığında oluşmuştur ve farklı tektonik ortamlarda gözlenmektedir (Kuşçu ve Gedikoğlu, 1989; Öztürk, 1997; Öztürk ve Hein, 1997; Öksüz 2011a ve b; Şaşmaz vd., 2014; Gültekin ve Balcı, 2018; Öztürk vd., 2019). Bu yataklar, 4 grup içerisinde sınıflanabilmektedir: 1) radyolaryalı çört birimleri içerisinde gözlenen yataklar (Paleo-Tetis Karakaya Kompleksi, Neotetis kenet zonları), 2) şeyl içerisindeki yataklar (batı Toridler), 3) volkanik yay ile ilişkili kayalar içerisindeki yataklar (doğu Pontidler), 4) sedimanter kayaların ev sahipliği yaptığı yataklar (Trakya havzası). Bu manganez yataklarının birçoğu Tetis Okyanusu'nun evrimi ile ilişkilidir. Anadolu, Tetis Okyanusları'na ait kolların kapanması ile birçok mikro kıtasal parçaların birleşiminden meydana gelmiştir. Türkiye, kuzeyde Lavrasya ve güneyde Gondwana arasındaki çarpışma ile sonuçlanan Geç Kretase'de şekillenen Alp-Himalaya orojenik sistemin doğu-batı gidişli önemli bir bileşenidir (Şengör ve Yılmaz 1981; Okay, 1986). Bu çarpışma, kuzeyde Pontidler ve güneyde Anatolid-Torid bloğu arasında İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu (İAESZ) boyunca gelişmiştir. İAESZ, birçok ofiyolitik melanj birliklerinden meydana gelen, doğu Akdeniz bölgesindeki önemli kenet zonlarından biridir ve Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunu temsil etmektedir (Şengör ve Yılmaz 1981). Manganez oksit yataklarının büyük bir çoğunluğu İAESZ boyunca ya da yakınında bulunan ofiyolitik melanj birliklerinde (Artova melanjı, Ankara melanjı, Dağköplü melanjı, Dağardı melanjı gibi) irili-ufaklı bloklar şeklinde gözlenen radyolaryalı çört litolojileri içerisinde mostra vermektedir. Bu yataklar açık

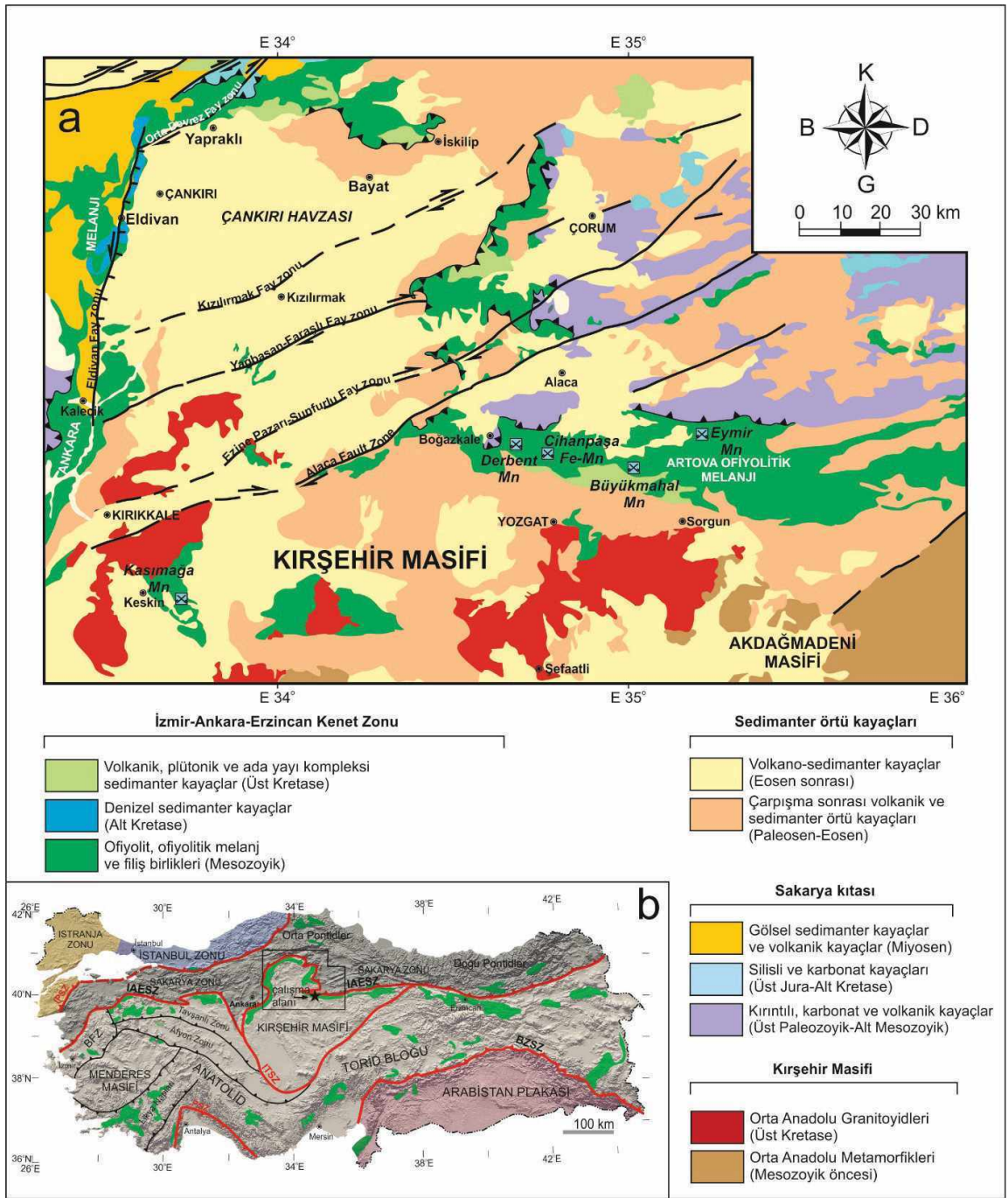
ocak işletme metodu ile işletilmektedir ve yaygın olarak yüksek silisyum (%30) ve mangan (%30) içeriklerine sahiptir. Bu zon boyunca işletilen yatakların rezervleri 5.000 - 30.000 ton arasında değişmektedir (Öztürk vd., 2019). Radyolaryalı çörtlere ile ardalanmalı şekilde ve/veya bazen bu kayaçlar içerisinde çeşitli boyutlarda mercerler şeklinde gözlenen manganez oksit yatakları üzerinde bugüne kadar gerçekleştirilen detaylı mineralojik ve jeokimyasal çalışmalar kapsamında, bu yatakların İzmir-Ankara-Erzincan Neotetis okyanusunun denizaltı bir hidrotermal sistemi ile ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır (Oygür, 1990; Koç vd., 2000; Karakuş vd., 2010; Öksüz 2011a, b; Öksüz ve Okuyucu, 2014; Kılıç vd., 2018; Öztürk, 1997; Öztürk vd., 2019).

Bu çalışma, Cihanpaşa (Yozgat) yöresinin güney kesiminde radyolaryalı çörtlere ile ilişkili mangan cevherleşmeleri üzerine gerçekleştirilmiştir. Bölgede yastık lavlar ile pelajik kayaçlar arasında mangan nodülleri bulunmaktadır. Geçmiş zamanlarda işletilmiş olan ve mangan bakımından zengin nodüller ile ilgili toplamda 10 adet numunenin jeokimyasal analizleri yapılmıştır (~%MnO: 70,4, %SiO₂: 9,9, %BaO: 1,5, Cu+Co+Ni: %0,15, ΣNYE: 113 ppm; yayımlanmamış veri) ve detay mineraloji üzerine çalışmalar Aarhus Üniversitesi (Danimarka)'nde devam etmektedir. Diğer taraftan, bölgedeki radyolaryalı çörtlere ev sahipliğini yaptığı Fe-Mn cevherleşmeleri çoğunlukla yüksek Fe₂O₃ (~%16), ve düşük MnO (~%9) değerlerine sahiptir (yayımlanmamış veri). Bu cevherleşmeler İzmir-Ankara-Erzincan Okyanusu havzasındaki yayılma sırtına yakın şekilde oluşmuştur. Dolayısıyla, bölge detaylı bir şekilde incelendiğinde bu oluşumların sırt kısmına yakın olması ile birlikte

bölgedeki Artova ofiyolit melanjı içerisinde farklı kayaç litolojilerinde metalik sülfid cevherleşmelerinin bulunma olasılığının arttığı ve maden aramalarının bölgede yoğunlaştırılması gerekliliğini ortaya konmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma bölgedeki mangan cevherleşmelerinin jeokimyasal karakterinin ortaya konulması ve kökenine yaklaşımda bulunmak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

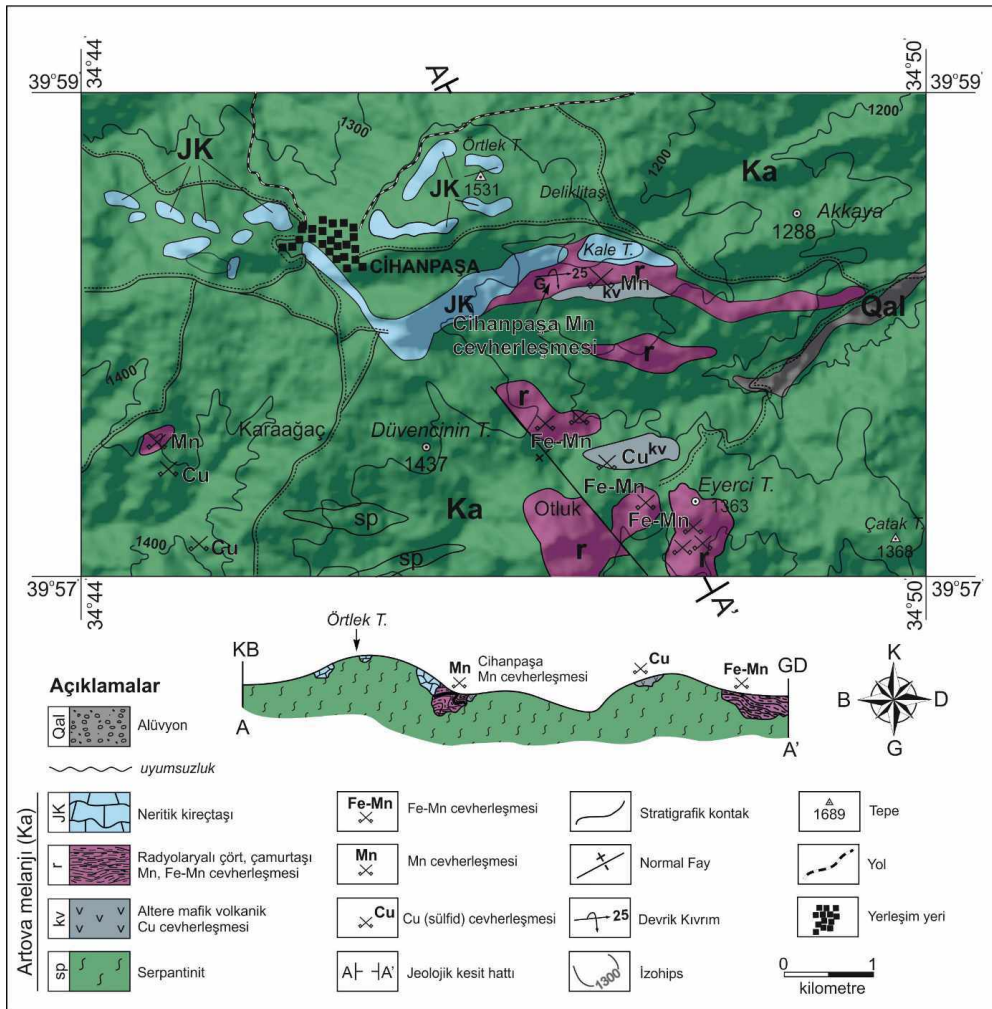
JEOLJİ

İAESZ, Türkiye'nin kuzey kesiminde batıdan doğuya doğru yaklaşık olarak 2000 km uzunluğu olan birçok ofiyolitik melanj birimlerinden meydana gelen bir zondur. Bu kenet zonu boyunca zonu temsil eden melanj birlikleri, en iyi gözlemlendiği lokasyonlarda isimlendirilmiştir (örn: Bornova melanjı, Dağköplü melanjı, Ankara melanjı, Artova melanjı, Tekelidağ melanjı, Şahvelet melanjı). Bunlardan Artova melanjı, kuzeyde Sakarya Kıtası ile güneyde Kırşehir Masifi arasında yer almaktadır ve Ankara melanjının devamı şeklinde gözlenmektedir (Şekil 1a, b). Artova melanjının kuzey kesiminde Sakarya Kıtasına ait olan Tokat Masifi bulunmaktadır. Bu masif, Triyas yaşlı Karakaya Kompleksi'nden ve Jura-Kretase yaşlı karbonat örtüden meydana gelmektedir (Okay ve Göncüoğlu, 2004) ve Artova melanjının birimleri üzerine önemli bir bindirme fayı ile itilmektedir (Yılmaz vd., 1997; Bortolotti vd., 2013, 2018; Akçay ve Beyazpirinç, 2017). Artova melanjının belirli bir kısmını temsil eden Jura yaşlı radyolaryalı çörtlere tektonik dilimleri, bölgede Eosen sonrası sıkışma rejimi süresince Karakaya Kompleksi'nin epimetamorfik kayaçları ile üst üste binmiş şekilde gözlenmektedir (Bozkurt vd., 1997).



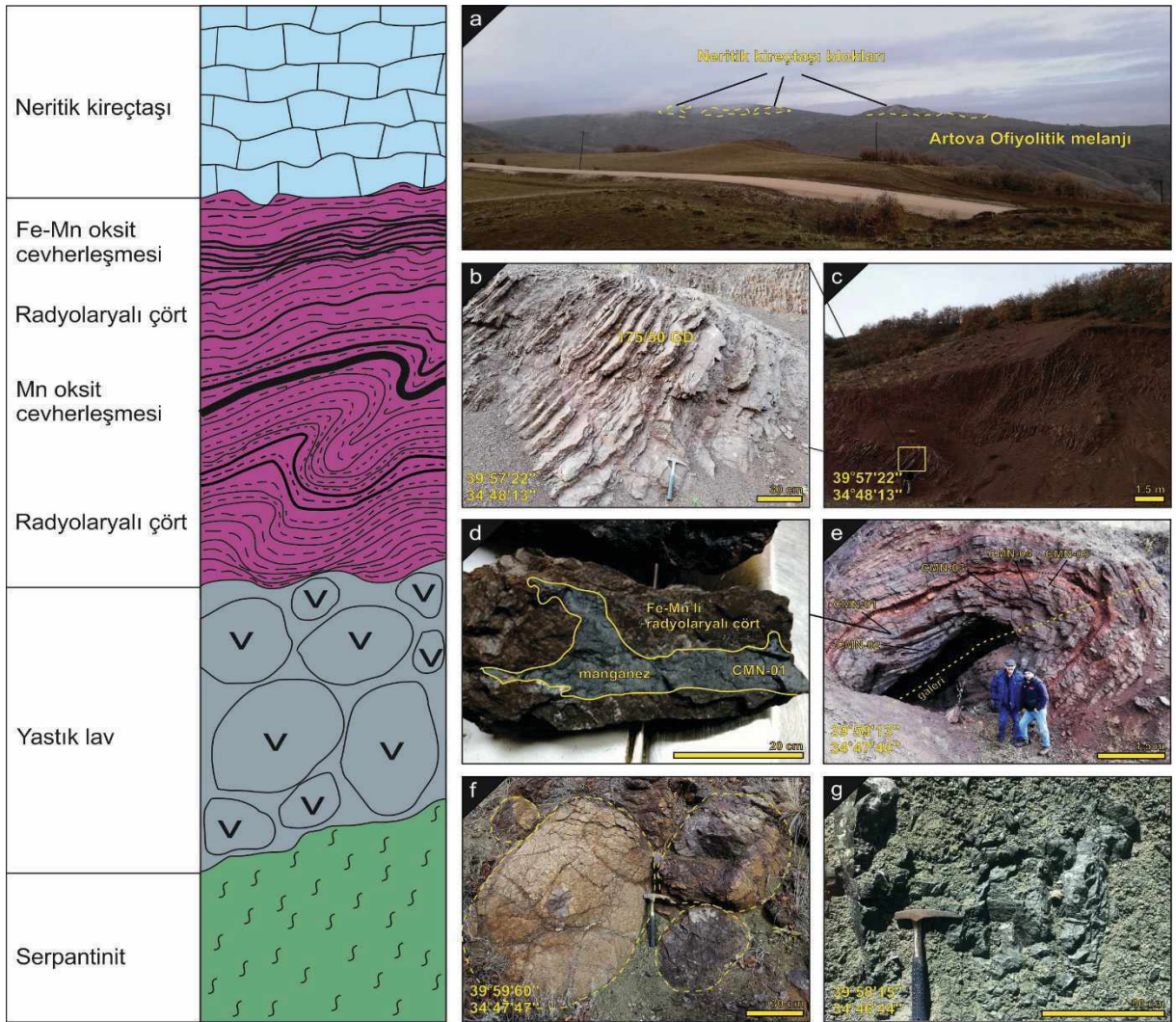
Artova melanjı, Kırşehir Masifi'nin temel kayaları üzerinde allokton konumda bulunmaktadır. Bölgede radyolaryalı çörtler, İzmir-Ankara-Erzincan okyanusal litosfer ve dalma batma eklenir prizmanın farklı üyelerine ait olan ofiyolitik kayalar ile birlikte bloklar şeklinde bulunmaktadır. Melanj, irili ufaklı birçok radyolaryalı çört, neritik kireçtaşı, mafik volkanik ve serpantinit bloklarından meydana gelmektedir (Şekil 2). Kahverengimsi, kırmızımsı renkli derin deniz pelajik kayaları bazaltik karakterli

yastık lavlar üzerinde gözlenmektedir (Şekil 3a-g). Cihanpaşa bölgesinde, bu kayalar düzgün tabakalı ve bazı lokasyonlarda oldukça güçlü kıvrımlanmalara sahiptir. İAESZ boyunca, farklı lokasyonlardan radyolaryalı çörtler ve mikritik kireçtaşlarından elde edilen paleontolojik yaşlar Orta Triyas ve Geç Kretase yaşları vermektedir (Bragin and Tekin, 1996; Tekin vd., 2002; Rojay vd., 2004; Göncüoğlu vd., 2006a, 2006b, 2010; Tekin vd., 2012; Sarıfakıoğlu vd., 2017; Bortolotti vd., 2018; Özkan vd., 2020).



Şekil 2. Cihanpaşa (Yozgat) ve civarının jeoloji haritası (Akçay vd., 2007'den düzenlenmiştir) ve A-A' hattından geçen jeoloji enine kesiti.

Figure 2. Geological map of Cihanpaşa (Yozgat) and its surroundings (modified after Akçay et al., 2007) and cross-section along A-A' line.



Şekil 3. Cihanpaşa (Yozgat) bölgesinde Artova ofiyolitik melanjının birimlerini gösteren basitleştirilmiş kolon kesit ve arazi fotoğrafları. **a)** Artova ofiyolitik melanjı ve içerisindeki kireçtaşı blokları **b, c)** çalışma alanının güney kesiminde gözlenen ince tabakalı radyolaryalı çört tabakaları **d)** manganez cevherleşmesi ve ana kayacımı içeren el örneği, **e)** İşletilmiş bir manganez galerisi ve radyolaryalı çörtü içeren devrik kıvrım **f)** eski galeri yakınında yastık lavlar, **g)** melanj içerisinde gözlenen serpantinit mostrası.

Figure 3. Simplified columnar section and field photos from units of Artova ophiolitic melange in Cihanpaşa (Yozgat) region. **a)** Panoramic photo showing Artova ophiolitic melange and limestone blocks. **b, c)** Thin-bedded radiolarian chert layers exposed in south of studied area. **d)** Hand specimen including manganese mineralization and host rock. **e)** Overturned folding of radiolarian chert and pre-operated Mn gallery. **f)** Pillow lava near the old gallery. **g)** Serpentinite outcrop observed within the melange.

Yozgat ili genelinde, özellikle Artova ofiyolit melanjı içerisinde irili ufaklı birçok Mn-oksit yatakları bulunmaktadır. Bunlardan; Derbent, Büyükmahal ve Eymir cevherleşmeleri bilimsel

anlamda çalışılmıştır (Şekil 1; Öksüz, 2011a ve b; Öksüz ve Okuyucu, 2014). Cihanpaşa Mn cevherleşmesi (39°59'7,60"K, 34°47'38,21"D, 1371 m; Şekil 2), Yozgat iline yaklaşık olarak

35 km kuzeyinde yer almaktadır ve lokasyon olarak Kale Tepe'nin güneybatı kesiminde bulunmaktadır (Şekil 2). Cevherleşme, derin deniz kökenli radyolaryalı çört birimleri ile uyumlu bir şekilde gözlenmektedir. Bu çalışmada, devrik kıvrım içerisinde radyolaryalı çört birimleri ile ardalanmalı olarak gözlenen manganez cevherleşmeleri üzerine örnekleme çalışması gerçekleştirilmiş ve analizleri yapılarak yorumlanmıştır (Şekil 3e).

MATERYAL VE YÖNTEM

Toplam 5 adet temsili numune, Cihanpaşa bölgesinin güney kesimindeki devrik bir antiklinal yapısı sunan radyolaryalı çörtler içerisindeki manganez cevherleşmelerinden alınmıştır. Örneklerin analizleri, ACME Analiz Laboratuvarları (Vancouver, Kanada)'da gerçekleştirilmiştir. Kimyasal analizler için örnekler, 700 mesh'den geçecek şekilde öğütülmüştür. Ana elementler (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, MnO, MgO, CaO, K₂O, Na₂O, P₂O₅) ICP-AES yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Herbir örnek Ateşte Zayıt ölçümü için 1000 °C'de ısıtılmıştır. Eser elementler ve nadir

toprak elementleri ICP-MS ile analiz edilmiştir. Dedeksiyon limitleri eser elementler için 0,1-8 ppm, ana elementler için %0,01-0,1 ve nadir yer elementleri için 0,1-0,01 ppm'dir. Analizler Çizelge 1'de verilmiştir. Analiz kalitesi standart referans materyalleri temelinde (<http://acmelab.com/services/method-descriptions/soiltill-and-sediment/>) gerçekleştirilmiştir (Öztürk vd., 2016). Veriler, literatürde verilen diyagramlar üzerinde değerlendirilmiş ve gerekli yorumlamalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bazı yorumlamalar için farklı hesaplamalar yapılmıştır. Şeyl, nadir yer elementleri içerikleri PAAS (McLennan, 1989) ve NASC (Gromet vd., 1984)'dan alınmıştır. Ce anomalisi, şeyl (PAAS, Post Archean Australian Shale), (NASC, North America Shale Composite)'e göre normalize edilerek hesaplanmıştır. $Ce/Ce^*_{PAAS} = 2 \times Ce_{PAAS} / (La_{PAAS} + Pr_{PAAS})$; $Pr/Pr^* = 2 \times Pr_{PAAS} / (Ce_{PAAS} + Nd_{PAAS})$; $Ce/Ce^*_{NASC} = (Ce_{smp} / Ce_{NASC}) / (2 \times Pr_{smp} / Pr_{NASC} - Nd_{NASC})$; $Y/Y^* = 2 \times Y_{PAAS} / (Dy_{PAAS} + Ho_{PAAS})$; $Eu/Eu^* = Eu_{PAAS} / (0,67 \times Sm_{PAAS} + 0,33 \times Tb_{PAAS})$ (Murray, 1994; Murray vd., 1990, 1991; Bolhar vd., 2004; Bau ve Dulski, 1999).

Çizelge 1. Cihanpaşa (Yozgat, orta Türkiye) manganez cevherleşmelerinin ana, eser ve nadir toprak element içerikleri.

Table 1. Major, minor, and rare-earth element compositions of the Cihanpaşa (Yozgat, central Turkey) manganese mineralizations.

Örnek	CMN-01-A	CMN-01-B	CMN-01-C	CMN-01-D	CMN-01-E	En az	En fazla	Ortalama
SiO ₂	45,30	32,25	60,99	81,21	60,19	32,25	81,21	55,99
Al ₂ O ₃	1,02	0,19	0,25	0,30	0,27	0,19	1,02	0,41
Fe ₂ O ₃	1,17	0,50	0,57	0,58	0,60	0,50	1,17	0,68
MgO	0,73	0,10	0,06	0,08	0,07	0,06	0,73	0,21
CaO	0,63	0,86	0,32	0,21	0,32	0,21	0,86	0,47
Na ₂ O	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
K ₂ O	0,10	0,07	0,10	0,05	0,07	0,05	0,10	0,08
TiO ₂	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
P ₂ O ₅	0,02	0,04	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,03
MnO	43,32	51,06	31,94	14,43	32,93	14,43	51,06	34,74
A.Z.	7,50	9,00	5,60	3,00	5,40	3,00	9,00	6,10
Toplam	99,83	94,09	99,87	99,91	99,9	94,09	99,91	98,72
Ni	223,1	268,5	222,3	158,5	223,8	158,50	268,50	219,24
Co	525	423,9	465,2	436,9	339,1	339,10	525,00	438,02
Sc	1	1	1	1	1	1	1	1
Ba	4543	3598	3660	3031	3083	3031,00	4543,00	3583,00

Çizelge 1. (Devamı)

Table 1. (Continuation)

Cs	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,10	0,20	0,12
Ga	6,7	3,4	4,4	1	0,7	0,70	6,70	3,24
Nb	0,4	0,1	0,3	0,4	0,2	0,10	0,40	0,28
Rb	2,7	0,2	0,3	0,1	0,3	0,10	2,70	0,72
Sr	397,5	562,2	421,8	263,4	358,7	263,40	562,20	400,72
Zr	30,5	14,2	19,4	13	13,5	13,00	30,50	18,12
Hf	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,10	0,40	0,18
Th	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20	0,60	0,28
U	1,8	4,5	2,6	1,4	3,1	1,40	4,50	2,68
V	153	244	176	107	160	107,00	244,00	168,00
Y	7,3	2,4	2,4	2,1	3,2	2,10	7,30	3,48
Mo	18,2	75,4	32,8	10,7	42,9	10,70	75,40	36,00
Cu	208,2	48,7	43,9	24,4	42,2	24,40	208,20	73,48
Pb	24,5	7,8	9,3	6,5	4,1	4,10	24,50	10,44
Zn	83	151	93	50	99	50,00	151,00	95,20
As	18,3	16,3	12	6,8	13,3	6,80	18,30	13,34
Tl	4	8,1	9,3	4,4	5,7	4,00	9,30	6,30
La	11,1	3,5	3,9	3,6	4	3,50	11,10	5,22
Ce	8,1	2,1	1,7	1,8	2,1	1,70	8,10	3,16
Pr	1,91	0,5	0,46	0,44	0,62	0,44	1,91	0,79
Nd	7,5	1,9	1,9	1,9	2,5	1,90	7,50	3,14
Sm	1,47	0,33	0,35	0,3	0,41	0,30	1,47	0,57
Eu	0,38	0,02	0,07	0,08	0,12	0,02	0,38	0,13
Gd	1,4	0,51	0,45	0,46	0,54	0,45	1,40	0,67
Tb	0,21	0,07	0,07	0,06	0,08	0,06	0,21	0,10
Dy	1,36	0,52	0,52	0,43	0,49	0,43	1,36	0,66
Ho	0,26	0,14	0,11	0,11	0,11	0,11	0,26	0,15
Er	0,86	0,41	0,39	0,32	0,41	0,32	0,86	0,48
Tm	0,11	0,07	0,06	0,05	0,06	0,05	0,11	0,07
Yb	0,71	0,62	0,47	0,31	0,5	0,31	0,71	0,52
Lu	0,11	0,09	0,09	0,05	0,08	0,05	0,11	0,08
ΣREE	35,48	10,78	10,54	9,91	12,02	9,91	35,48	15,75
Mn/Fe	40,79	111,75	60,98	26,85	60,51	26,85	111,75	60,18
Y/Ho	28,08	17,14	21,82	19,09	29,09	17,14	29,09	23,04
Co/Ni	2,35	1,58	2,09	2,76	1,52	1,52	2,76	2,06
Co/Zn	6,33	2,81	5,00	8,74	3,43	2,81	8,74	5,26
Fe/Ti	39,00	50,00	57,00	58,00	60,00	39,00	60,00	52,80
Al/(Al+Fe)	0,47	0,28	0,30	0,34	0,31	0,28	0,47	0,34
Al/(Al+Mn+Fe)	0,02	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,01
Ce _{anom.}	-0,43	-0,49	-0,62	-0,57	-0,57	-0,62	-0,43	-0,54
Ce/Ce* _{PAAS}	0,41	0,37	0,29	0,33	0,31	0,29	0,41	0,34
Ce/Ce* _{NASC}	0,41	0,37	0,29	0,33	0,31	0,29	0,41	0,34
Pr _{PAAS} /Pr _{PAAS} *	1,34	1,37	1,35	1,27	1,40	1,27	1,40	1,35
Eu/Eu* _{PAAS}	1,32	0,27	0,90	1,20	1,33	0,27	1,33	1,00
La _{PAAS} /Ce _{PAAS}	2,94	3,57	4,92	4,29	4,09	2,94	4,92	3,96
Y _{PAAS} /Ho _{PAAS}	1,03	0,63	0,80	0,70	1,07	0,63	1,07	0,85
ΣREE/Fe x10 ⁻⁴	43,36	30,83	26,44	24,43	28,65	24,43	43,36	30,74
Ti/V	1,18	0,25	0,34	0,56	0,37	0,25	1,18	0,54
Lu _{PAAS} /La _{PAAS}	0,68	1,75	1,57	0,95	1,36	0,68	1,75	1,26

ANALİTİK BULGULAR

Ana Elementler

Cihanpaşa (Yozgat) bölgesinden derlenen 5 adet manganez örneğinin jeokimyasal analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir (ortalama değerler ~ ile gösterilmiştir). Analiz edilen örnekler, yüksek MnO %14-51 (~%34,7) ve SiO₂ %32-81 (~%55,9) içeriklerine sahiptir. Her iki element arasında, oldukça güçlü negatif bir ilişki gözlenmektedir ($r_{Mn-Si} = -0.99$). Mn ve Si, çalışılan cevherleşmelerde ana bileşenler olduğundan, ana mineral fazları da bu elementleri yansıtacak mineralden oluşmaktadır. Oksit fazlar çıkartıldığında, toplam Mn (TMn) değeri, %10,9 ile %39 (~%26,6) arasında değişmektedir.

İncelenen tüm örnekler önemli oranda düşük Fe₂O₃ %0,5-1,1 (~%0,68), Al₂O₃ %0,19-1,02 (~%0,4) ve TiO₂ (%0,01-0,03) içeriğine sahiptir. Bu elementlerden alüminyum sedimenter kayaçların kırıntılı fonksiyonu ile ilişkilidir ve depolanma ortamına ilksel kırıntılı katkısı işaret etmektedir (Murray vd., 1992; Ganno vd., 2017). Al ve Ti depolanma ortamına nehirlere ile solid partiküllerin taşındığı oldukça düşük çözülebilir özelliğe sahip elementlerdir. Bu şekilde, her iki elementin düşük ya da yüksek olması, depolanma ortamına o kadar kırıntılı fazların az ya da çok giriş yaptığını göstermektedir.

MgO (%0,06-0,73), CaO %0,21-0,86 (~%0,47) ve toplam alkali (Na₂O+K₂O) %0,06-0,11 (~%0,09) düşük içerikleri, çalışılan cevherleşmelerde silikat minerallerinin oldukça düşük miktarlarda olduğunu ifade etmektedir. Ateşte zayıf değerleri, %3 ile 7,5 arasında değişmektedir ve CaO ile ateşte zayıf değerleri arasında gözlenen pozitif anomali ($r_{AZ-CaO} = 0,91$) manganez oksit cevherleşmelerindeki karbonatlı mineral fazları ile ilişkilidir. Çalışılan cevherleşmeler, düşük P₂O₅ değerleri (%0,02-0,04) içermektedir.

Eser Elementler

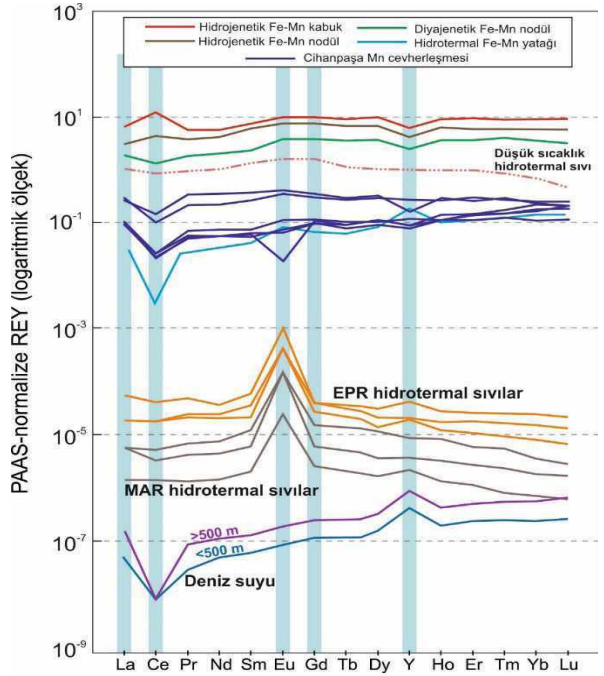
Cihanpaşa (Yozgat) manganez cevherleşmelerinin ana kaya, eser ve nadir yer element içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Eser elementler ve nadir yer elementleri, PAAS (Post Archean Australian Shale)’e göre normalize edildiğinde, düşük değerler sunmaktadır. Çalışılan manganez cevherleşmelerinin Ni içerikleri 158-268 ppm, Co içerikleri 339-525 ppm, Ba içerikleri 3.031-4.543 ppm, Sr içerikleri 263-562 ppm arasında değişmektedir. Co/Ni oranı ortalama 2,09 ppm, Co/Zn oranı ise ortalama 5,26’dir ve bu değerler Co zenginleşmesinden dolayı hidrotermal manganez yatakları için literatürde verilen değerlerden yüksektir. Bununla birlikte, bu cevherleşmelerin Cu+Co+Ni içerikleri ortalama 730 ppm’dir ve hidrojenetik yatakların içeriklerinden daha düşüktür. Farklı genetik tipler ile karşılaştırıldığında, hidrojenetik yataklar düşük Mn/Fe oranı (<1), yüksek Ni+Cu (>3.000 ppm) değerlerine sahiptirler (Bonatti vd., 1972). KB Pasifik’teki hidrojenetik yataklar, yüksek Ni+Cu (4.028 ile 6.478 ppm) ve düşük Mn/Fe (0,81 ile 1,63 ppm) oranına sahiptir (Usui ve Someya 1997). Aynı bölgeden hidrotermal yataklar ile ilgili düşük Cu (228 ppm), Ni (287 ppm) ve Co (72,3 ppm) element içerikleri Usui ve Someya (1997) tarafından rapor edilmiştir. Çalışılan manganez cevherleşmelerinin düşük Ni+Cu değerlerine (182-431 ppm, ~292 ppm) ve yüksek Mn/Fe (26-111 ppm, ~60,18 ppm) oranına sahip olması hidrotermal yatakların değerleri ile uyum sağlamaktadır. Yüksek Co, Ce ve Tl içerikleri, hidrojenetik kabukların oldukça yavaş soğurma ve oksidasyon işlemleri ile oluştuğunu gösteren hidrojenetik oksihidroksit materyallerin en tipik özelliklerinden biridir (Dubinin vd., 2008). Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin Co (~438 ppm), düşük Ce (~3,2 ppm) ve Tl (~6,3 ppm) içerikleri bu oluşumların hidrojenetik oluşumlar ile ilişkili olmadığını, aksine hidrotermal kökenli manganez cevherleşmelerine benzerlik gösterdiğini ifade etmektedir.

Y/Ho oranı manganez oluşumlarında ortamın yorumlanmasına kullanılabilir. Lan vd. (2019)'ye göre, bu oranın 26'dan yüksek olması kırıntılı getirimi ile kirlenmenin egemen olduğunu göstermektedir. Cihanpaşa manganez oluşumlarının Y/Ho oranı ortalama 23 olması kirlenmeden etkilenmediğini ya da kısmen etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 1). Kırıntılı getiriminin egemen olup olmadığını ortaya koymak için Zr ile Y/Ho oranlarının korelasyonu güçlü bilgi verebilmektedir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin Zr-Y/Ho arasındaki pozitif ilişkinin (0,48) güçlü olmaması, ortama kırıntılı getiriminin kısmi olduğunu göstermektedir.

Nadir Yer Elementleri

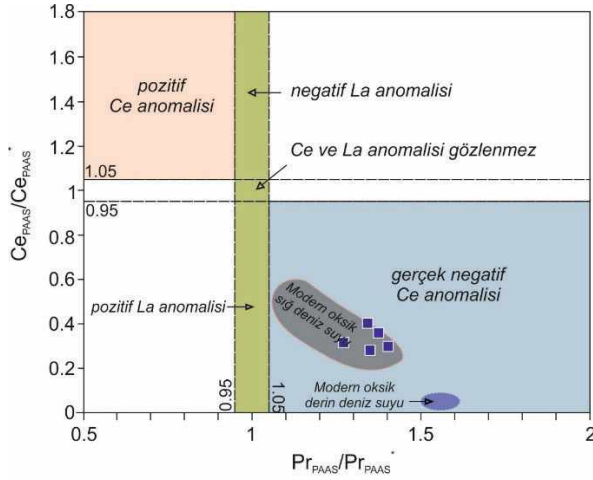
Hidrojenetik yataklar (>1.000 ppm) ile karşılaştırıldığında, hidrotermal yataklar düşük ΣNYE içeriklerine (<100 ppm) sahiptir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin ΣNYE içerikleri 9,91-35,48 ppm (~15,75 ppm) arasında değişmektedir ve düşük ΣNYE içerikleri, hidrotermal yataklar için uyumludur. Diyajenetik-tip manganez yatakları Mn/Fe oranı (>2,5), yüksek Cu-Ni ve düşük Co değerleri göstermektedir (Hein ve Koschinsky, 2014). Cihanpaşa Mn cevherleşmeleri PAAS'a göre normalize edildiğinde, negatif Ce anomalisi, hafif negatif ve pozitif Eu anomalisi göstermektedir (Şekil 4). Cihanpaşa Mn cevherleşmeleri, ağır nadir toprak elementlerine göre hafif nadir toprak elementleri ve orta nadir toprak elementlerinin fakirleşmesi ile karakteristik özelliklere sahiptir ($Gd_{PAAS}/Yb_{PAAS} < 1$ (~0,76); $La_{PAAS}/Yb_{PAAS} < 1$ (~0,73)). Çalışılmış cevherleşmeler, düşük sıcaklıklı hidrotermal yataklara benzer olarak negatif Ce ve 1,12 ile 1,36 arasında değişen pozitif Gd anomalisi sunmaktadır ve düşük sıcaklık hidrotermal sıvılara benzerlik göstermektedir. Şekil 4'te gösterildiği gibi, EPR ve MAR yüksek sıcaklık hidrotermal sıvılar oldukça güçlü Eu anomalisi ve pozitif Y/Y* anomalisi sunmaktadır. Oksijen bakımından zengin modern

deniz suyu önemli negatif Ce anomalisi, pozitif La, Y, Gd sunarken (Şekil 4), yarı oksik ve anoksik sular negatif Ce anomalisinden yoksundurlar (German ve Elderfield 1990). Cihanpaşa Mn cevherleşmeleri, pozitif La ve negatif Ce anomalisi ile modern deniz suyuna ve hidrotermal yatakların nadir toprak element desenlerine benzerlik göstermektedir. Cevherleşmelerde gözlenen negatif Ce anomalisinin gerçek olup olmadığını test etmek için $Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^* - Pr_{PAAS}/Pr_{PAAS}^*$ diyagramı kullanılmıştır (Bau vd., 1996; 1997). Bu diyagrama göre, Cihanpaşa Mn cevherleşmeleri gerçek negatif Ce anomalisi alanına düşmektedir (Şekil 5).



Şekil 4. PAAS (Post-Archean Australian shale)-normalize edilmiş NYE desenleri (McLennan, 1989). Düşük sıcaklık hidrotermal sıvı, hidrojenetik Fe-Mn kabuk, nodüller, diyajenetik Fe-Mn nodül ve hidrotermal Fe-Mn yatağı verileri (Bau ve Dulski, 1999)'den alınmıştır. Doğu Pasifik Sırtı (EPR) hidrotermal sıvılar (Douville vd., 1999); Atlantik Ortası Sırtı (MAR) hidrotermal sıvılar (Bau ve Dulski, 1999); ortalama deniz suyu (>500 ve <500 m derinlik) (Alibo ve Nozaki, 1999).

Figure 4. PAAS (Post-Archean Australian shale)-normalized REE patterns (normalized after McLennan, 1989). The low-temperature hydrothermal fluid, hydrogenetic Fe-Mn crust, nodules, diagenetic Fe-Mn nodule and hydrothermal Fe-Mn deposit are adapted from Bau and Dulski (1999). Data on East Pacific Ridge (EPR) hydrothermal fluids (Douville et al., 1999); hydrothermal fluids from the Mid-Atlantic Ridge (MAR) (Bau and Dulski, 1999); and average seawater (>500 and <500 m depth, Alibo and Nozaki, 1999) taken from named sources.



Şekil 5. Ce ve La anomalileri için Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^* - Pr_{PAAS}/Pr_{PAAS}^* ayırım diyagramı (Bau ve Dulski, 1999). Cihanpaşa manganez cevherleşmelerine ait tüm örnekler oksik depolanma ortamını ifade eden gerçek Ce anomalileri göstermektedir ve modern oksik sığ deniz suyu alanına düşmektedir. Modern derin deniz suyu Alibo ve Nozaki (1999) ve sığ oksik deniz suyu Nothdurft vd. (2004)'den alınmıştır.

Figure 5. Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^* vs Pr_{PAAS}/Pr_{PAAS}^* discrimination diagram for Ce and La anomalies (Bau and Dulski, 1996). Note that all analyzed samples of the Cihanpaşa Fe-Mn ores display true negative Ce anomalies, indicative of oxic conditions, and plot within the field of modern oxic shallow water. The fields for modern deep and shallow oxic seawater are from Alibo and Nozaki (1999) and Nothdurft et al. (2004), respectively.

TARTIŞMA

Manganez oksit yatakları deniz suyundan kimyasal ve sedimanter işlemler ile çökeltim yaparak oluşurlar ve farklı tipler altında incelenmektedirler. Bunlardan, hidrotermal-tip manganez oksit yatakları, farklı jeotektonik ortamlarda (denizaltı yayılma merkezlerinde, plaka içi deniz dağlarında, ada yaylarında) oluşan düşük sıcaklık hidrotermal solüsyonların çökeltimi ile oluşmaktadır (Roy, 1997; Fitzgerald ve Gillis, 2006). Bu yatakların oluşumunda, sedimanter ortamdaki hidrotermal etkinliğin ve bu ortama volkanik etkinin olup olmadığını ortaya koymak önemlidir. Al ve Ti elementleri, kökeni ortaya koymak ve yorumlamak için kullanılmaktadır (Crerar vd., 1982). Al, genellikle kil içeriği bakımından zengin kayalarda zenginleşmektedir ve bu elementin yüksek değerleri mangan çökeltimi süresince ortama sedimanter bir katkının olup olmadığını ifade etmektedir (Maynard, 2010). Ti, hidrotermal solüsyonlarda duraylı bir element olarak düşünülmektedir (Sugisaki, 1984). Manganez yataklarının kökenini ortaya koymada, her iki elementin düşük değerleri ortama kıvrımlı malzeme girişi ile çok az katkının olduğunu göstermektedir. Al_2O_3/TiO_2 oranı, ayrışma, sedimanter taşınım ya da diyajenez gibi olayların aksine (Hayashi vd., 1997; Sugitani vd., 1996), volkanik etki ile etkilenmektedir (Gao vd., 2018). İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun okyanusal kabuğundan şekillenmiş olan farklı tip mafik volkanik kayaların (N-MORB, E-MORB, OIB, SSZ) Al_2O_3/TiO_2 oranı 8 ile 18 arasında değişmektedir (Aldanmaz vd., 2008). Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin Al_2O_3/TiO_2 oranı 19-34 arasında (~27) arasında değişmektedir ve mafik volkanik kayalardan daha yüksek Al_2O_3/TiO_2 değerlerine sahip olması, cevherleşmelerin volkanik faaliyetlerinden etkilenmediğini göstermektedir. Buna ek olarak, çalışılan cevherleşmelerin Al_2O_3/TiO_2 oranları, Fanerozoik sedimanter kayaların (Condie 1993; Hayashi vd., 1997; Sugitani vd., 1996) değerleri arasında (20-30) yer alması, bu görüşü desteklemektedir.

Diğer taraftan, bazı denizel Fe-Mn kabuklarda Ga zenginleşmeleri literatürde rapor edilmektedir. Örneğin; Sakhno (2008), Belyaevsky Seamount (Japon Denizi)'daki ferromanganez kabuk oluşumlarının 300 ppm'e kadar Ga zenginleşmelerine sahip olduğunu ve yüksek Ga içeriklerinin sedimanter çökelim ortamına volkanik kül materyallerin taşınması ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin düşük Ga değerleri 0,7-6,7 (~3,2), bu cevherleşmelerin oluşumlarında volkanik etkinin olmadığını gösteren verilerden biridir. İnceleme alanına yakın bölgede bulunan Eymir (Yozgat, İç Anadolu) manganez cevherleşmeleri, yüksek Ga içeriklerine (~89,15 ppm) sahiptir (Öksüz, 2011a). Batı Anadolu'da Kula bölgesi Mn cevherleşmelerinin yüksek Ga değerlerine (~51,17) sahip olması, bu cevherleşmelerin oluşumlarında felsik volkanik materyalin etkin olduğunu göstermektedir ki bu volkanik materyaller radyolaryalı çörtler ile birlikte Kula (Manisa) bölgesinde gözlenebilmektedir (Kılıç vd., 2008).

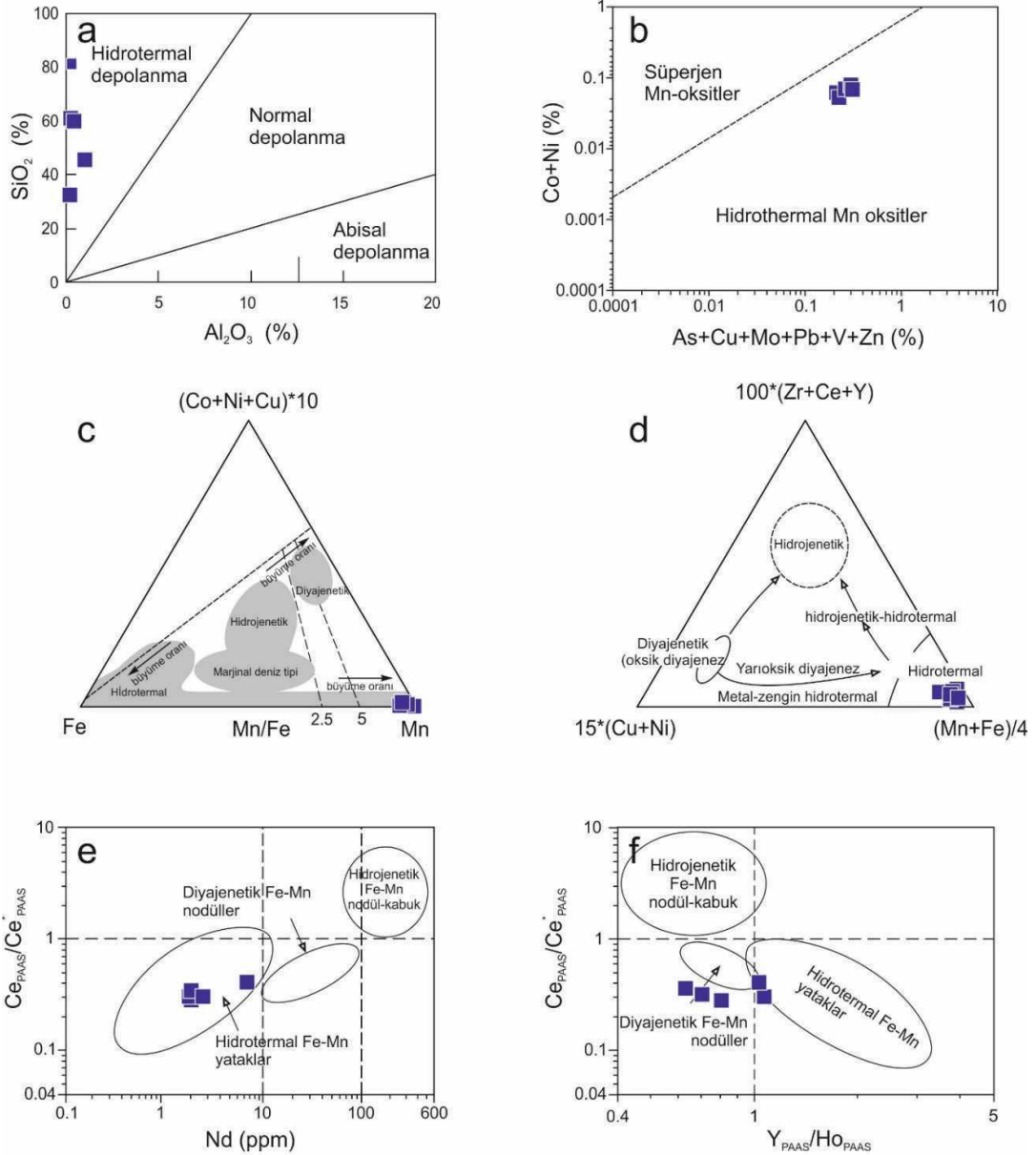
Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin kökenini ortaya koymak amacıyla literatürden bazı diyagramlardan yararlanılmıştır. Bu diyagramlardan, $SiO_2-Al_2O_3$ diyagramı, mangan içeren sedimanter kayaların kökenini ortaya koymaktadır (Bonatti, 1975). Bu diyagramda, Cihanpaşa cevherleşmeleri hidrotermal depolanma alanı içerisinde toplanmaktadır (Şekil 6a). Si/Al oranı hidrojenetik, hidrotermal, kırıntılı materyallerin kökeninin aydınlatması açısından önemlidir (Crear vd., 1982). Yüksek Si/Al oranı hidrotermal getirimi desteklerken, düşük Si/Al oranı kırıntılı materyaller ile karışmış bir hidrotermal kökeni ifade etmektedir (Holtstam ve Mansfield, 2001). Hidrojenetik ferromanganez nodüllerde Si/Al oranı yaklaşık 3 civarındayken, ferromanganez kabuklarda 5,1 ve Fe-zengini hidrotermal kabuklarda bu oran oldukça yüksektir ve 600-900 arasında değişmektedir (Alvi ve Shaif, 2020). Çalışılan cevherleşmelerde

yüksek Si/Al oranı (~190), hidrotermal getirimi desteklemektedir. Diğer taraftan, hidrojenetik yataklar ile karşılaştırıldığında, hidrotermal yataklar düşük Co ve Ni içeriklerine sahiptir. Böylece, her iki kökeni birbirinden ayıran (Co + Ni)-(As + Cu + Mo + Pb + V + Zn) diyagramında Cihanpaşa Mn-cevher örnekleri düşük Co ve Ni içeriklerine sahiptir ve hidrotermal alana düşmektedir (Şekil 6b). Bonatti vd. (1972) tarafından geliştirilen Fe-Mn-(Ni+Co+Cu) x 10 üçgen diyagramında, çalışılan manganez cevherleşmeleri hidrotermal yataklar alanına düşmektedir (Şekil 6c). Buna ek olarak, klasik diyagramların haricinde son zamanlarda Josso vd. (2017) tarafından geliştirilen (Mn+Fe)/4-100*(Zr+Ce+Y)-15*(Cu+Ni) üçgen diyagramda da aynı şekilde cevherleşmeler hidrotermal köken alanında toplanmaktadır (Şekil 6d). Benzer şekilde, Bau vd. (2014) tarafından $Y_{PAAS}/Ho_{PAAS}-Nd$ (Şekil 6e) diyagramında cevher örnekleri hidrotermal alana düşerken, $Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^*-Y_{PAAS}/Ho_{PAAS}$ (Şekil 6f) diyagramında kısmen hidrotermal alana düşmektedir. Bu diyagramda, Bau vd. (2014)'e göre, hidrotermal yataklar pozitif Y anomalisi ve negatif Ce anomalisi sunarken, hidrojenetik yataklar pozitif Ce anomalisi ve negatif Y anomalisi sunmaktadır. Diyajenetik yataklar ise negatif Ce ve Y anomalisi ile tipiktir.

Önceki okyanus ortamlarının depolanma koşullarını anlayabilmek için redoks element göstergeleri paleocoğrafyanın doğru bir şekilde ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Naeher vd. (2013)'e göre, Fe ve Mn bir sedimanter ortamda belirli redoks davranış göstermektedir. Demirin oksidasyonu mangandan daha hızlıdır ve mangan demir ile karşılaştırıldığında yüksek redoks dinamiklerine sahiptir (Engstrom ve Wright, 1984). Böylece, sedimanter ortamın redoks özelliklerini ortaya koymada Fe/Mn oranı güçlü ipuçları ortaya koyabilmektedir. Sedimanter ortam okside veya indirgen olduğu zaman, Fe ve Mn birlikte depolanma eğilimi gösterebilmektedir. Ancak, sedimanter ortam orta derecede okside olduğunda,

her iki element birbirinden ayrılabilir (Zhu vd., 2013; Gao vd., 2018). Bu nedenle, farklı jenetik tiplere ait oluşumların (manganez yatakları veya ferromanganez kabukları) Fe/Mn oranı, bu

oluşumların redoks özelliklerini ortaya koymak için kullanılabilir (Lu vd., 2006; Zhang vd., 2013).



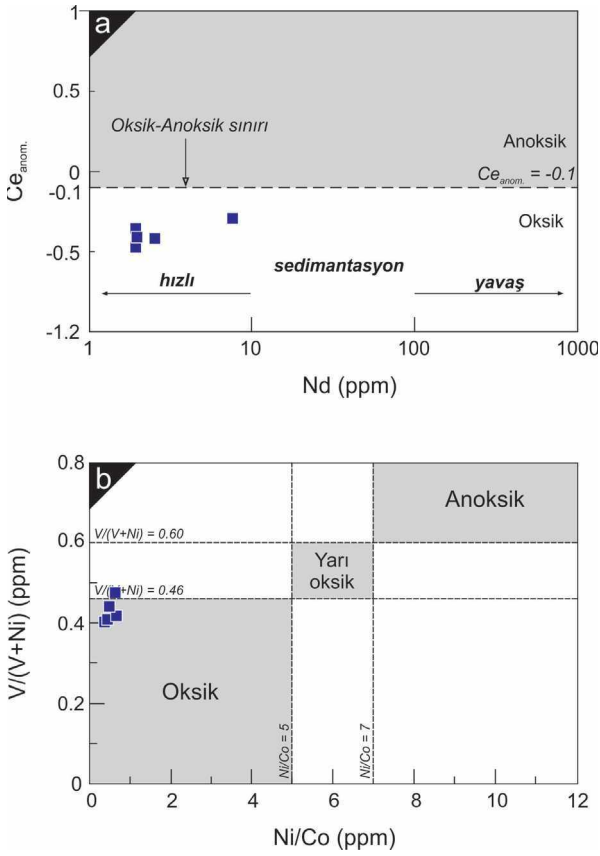
Şekil 6. Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin hidrotermal bileşimlerini ayıran üçgen ve iki değişkenli diyagramları. **a)** Hidrotermal, normal ve abisal depolanma ortamını gösteren SiO₂-Al₂O₃ diyagramı (Toth, 1980; Wonder vd., 1988). **b)** Süperjen ve hidrotermal Mn-oksitlerin alanlarını ayıran diyagram (Nicholson, 1992). **c)** Ferromanganez yataklarının jenetik modelleri için (Co + Ni + Cu)*10-Fe-Mn üçgen diyagram (Bonatti vd., 1972). Tüm datalar % şeklinde çizilmiştir. **d)** Majör (Fe, Mn), eser (Cu ve Ni), ve HFS ve NYE (Zr, Y, Ce) içerikleri temelinde hazırlanmış üçgen diyagram. **e)** Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin kökeni için Ce_{PAASt}/Ce_{PAASt}* (

anomalisi- Nd, ve f) $Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^* - Y_{PAAS}/Ho_{PAAS}$ (Bau vd., 2014) diyagramı.

Figure 6. Triangular and bivariate diagrams discriminating the hydrothermal components of the Cihanpaşa manganese mineralizations. **a)** SiO_2 vs. Al_2O_3 plot showing fields of hydrothermal, normal, and abyssal deposition (Toth, 1980; Wonder et al., 1988). **b)** Diagnostic plot discriminating fields of supergene and hydrothermal Mn-oxides (Nicholson, 1992). **c)** $(Co + Ni + Cu) \cdot 10 - Fe - Mn$ ternary diagram for genetic models of ferromanganese deposits, adapted from Bonatti et al. (1972). All data plotted as wt.%. **d)** Ternary discriminative diagram on the basis of the concentration of major (Fe and Mn), trace (Cu and Ni), and HFS and REEs (Zr, Y, Ce) (Josso et al., 2017). **e)** Plot of (Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^*) anomaly vs Nd concentrations. **f)** $Ce_{PAAS}/Ce_{PAAS}^* vs Y_{PAAS}/Ho_{PAAS}$ diagrams (Bau et al., 2014) for origin of Cihanpaşa manganese mineralizations.

Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinde 0,01-0,07 arasında (~0,02) değişen düşük Fe/Mn oranları, bu cevherleşmelerin okside bir sedimanter ortamda oluştuğunu göstermektedir. Depolanma ortamlarının redoks özelliklerini belirleyen diğer bir parametre Ce anomalisidir (Ce_{anom} ; Wright vd. (1987) ($[Ce_{anom}] = [\log (3 \times Ce_{örnek}/Ce_{şeyl} (2 \times La_{örnek}/La_{şeyl}) + (Nd_{örnek}/Nd_{şeyl})]$). Şeyl (Post-Archean Average Australian Shale, Taylor ve McLennan, 1985). Bu parametreye göre, $Ce_{anom} > -0,1$ ise, sedimanter depolanma ortamında Mn cevherleşmelerinin oluştuğu veya depolandığı ortamdaki suyun oksijen bakımından yetersiz olduğunu, $Ce_{anom} < -0,1$ ise ortamdaki sedimanter suyun oksijen bakımından zengin olduğunu göstermektedir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin Ce_{anom} değerleri -0,43 ile -0,67 arasında değişmektedir ve ortalama -0,54 ile bu oluşumların oksijen bakımından zengin bir ortamda ve düşük Nd değerleri temelinde hızlı çökelim ile oluştuğunu ifade etmektedir (Şekil 7a). Bazı eser elementler (Ni, Cr, V, Mo, Cd, Th, U) redoks şartlarını belirlemede işaretleyicidir (Morford ve Emerson, 1999). Bu elementlerin birbirine göre oranları (Ni/Co, V/(V+Ni), V/Ni,

V/Mo) paleoredoks durumları ortaya koymak için kullanılabilir (Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994). Bu indislerden, V/(V+Ni) oranı 0,54-0,82 arasında anoksik ortamı, 0,46-0,60 arasında disoksik ve <0,46 ise oksik depolanma ortamını ifade etmektedir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin V/(V+Ni) oran değerleri 0,40-0,48 (~0,43) ile oksik depolanma ortamını ifade etmektedir. Buna ek olarak, Ni/Co değerleri 5'ten küçük ise oksik, 5 ile 7 arasında ise yarı oksik ve 7'den büyük ise anoksik ortam koşullarını göstermektedir. 0,42-0,66 arasında değişen Ni/Co oranları ile Cihanpaşa Mn cevherleşmeleri, oksijen bakımından zengin bir depolanma ortamında oluşmuştur. V/(V+Ni)-Ni/Co diyagramı Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin oksijenli bir ortamda depolandığını göstermektedir (Şekil 7b). V/Ni oranı anoksik ortamda çökelim yapan sedimanter kayalarda 3'ten büyük, yarı oksik ortamlarda 1,9-3 arasında, oksik depolanma ortamlarında ise bu değer 1,9'da küçüktür (Galarraga vd., 2008). Buna göre, cevherleşmelerin V/Ni oranı 0,68-0,91 arasında (~0,76) değişmektedir ve bölgedeki manganez cevherleşmelerinin oksik ortamda depolandığını göstermektedir. Gallego-Torres vd., (2010)'e göre, V/Mo oranı depolanma ortamının redoks özellikleri hakkında bilgi vermektedir. V/Mo <2 ise anoksik, bu oran 2 ile 10 arasında ise yarı oksik ortam koşullarını ve yüksek V/Mo oranı (10-60) ise oksik ortamda depolanmış sedimentleri göstermektedir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin V/Mo oran değerleri 3,24-10 arasında değişmektedir ve ortalama V/Mo değeri 6,15'dir. Bu değerler, yarı oksijenli bir depolanma ortamını ifade etmektedir. Diğer bir parametre, uranyum ile ilişkili kırıntılı fazlar için toryumun düzeltme şeklinde kullanıldığı U_{aut} ($U_{aut} = U_{total} - (Th/3)$) değeri $5 <$ ise oksik ortamı, >5 ise anoksik ortamı ifade etmektedir (Wignall ve Myers, 1988). Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin U_{aut} değeri 1,33-4,43 (~2,59) ile oksik depolanma ortamını işaret etmektedir.



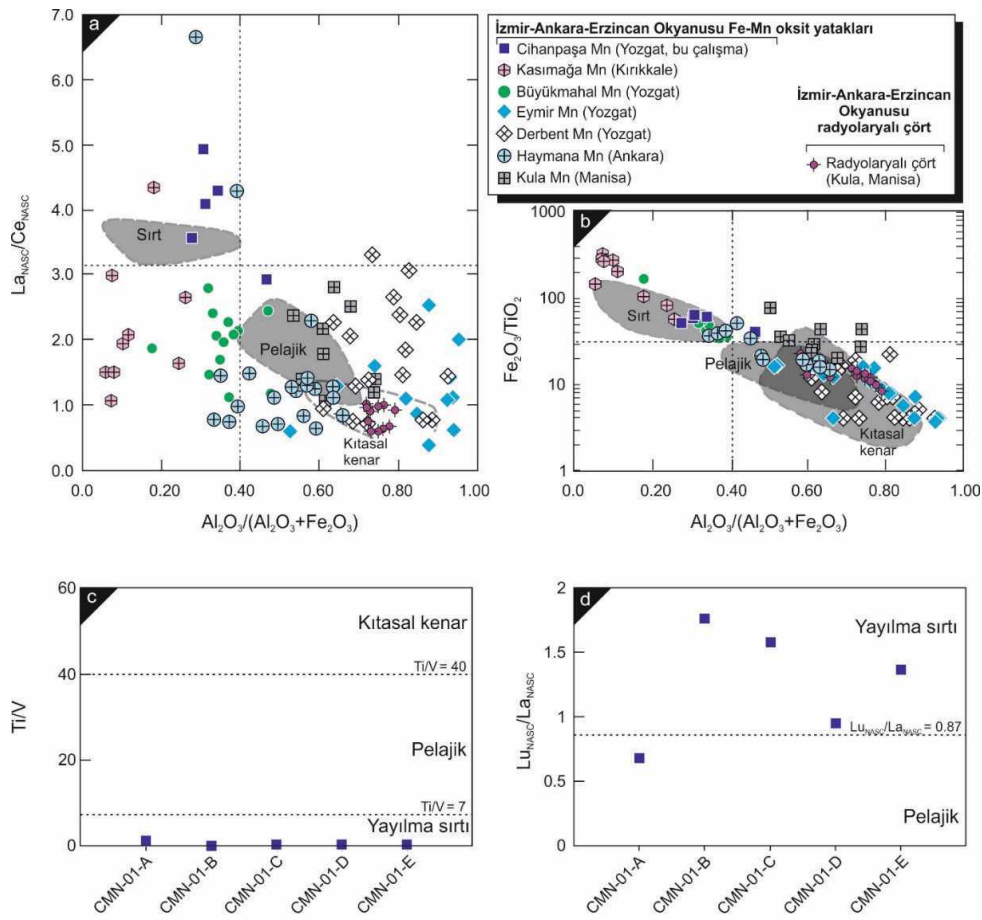
Şekil 7. Oksik, yarı oksik, anoksik ile redoks koşulları gösteren **a)** $Ce_{anom.}$ -Nd (ppm) ve **b)** $V/(V+Ni)$ -Ni/Co diyagramı (Wright vd., 1987; Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994)

Figure 7. a) $Ce_{anom.}$ vs. Nd, and **b)** $V/(V+Ni)$ vs. Ni/Co diagrams showing redox conditions as oxic, dysoxic, and anoxic environments (Wright et al., 1987; Hatch and Leventhal, 1992; Jones and Manning, 1994).

Denizel sedimanter çökelimler ile oluşan manganez oluşumlarında, depolanma ortamı 3 farklı alan bazında incelenmektedir: 1) Yayılma sırtına yakın ortamlar, 2) Pelajik (açık okyanus) ortam, 3) Kıtasal kenar ortamı (Murray vd., 1990). Çört, radyolaryalı çört, şeyl ve/veya bu birimler ile ilişkili olan manganez oluşumlarının depolanma ortamlarını yorumlayabilmek

amacıyla jeokimyasal olarak farklı element oranlı parametrelerden yararlanılmaktadır. MnO/TiO₂ oranı okyanusal fasiyesleri gösteren bir indikatördür (Sugisakivd., 1982; Kunimaru vd., 1998). MnO/TiO₂ oranı < 0,5 kıtasal kenar sedimantasyon ortamını, > 0,5 ise pelajik ortamı göstermektedir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin MnO/TiO₂ oranı ortalama 2,862 ile açık okyanus (pelajik) ortamı işaret etmektedir. Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) oranı 0,35'den küçük ise yayılma sırtına yakın ortamı, 0,35-0,70 ise pelajik (açık okyanus) ortamını ve 0,55-0,90 ise kıtasal kenar ortamını ifade etmektedir. Çalışılan Mn cevherleşmeleri 0,28-0,47 arasında değişen, ortalama 0,34 ile yayılma sırtı ile pelajik ortam arasında kalan bir lokasyonu göstermektedir. Buna ek olarak, çörtlerin depolanma ortamını ortaya koymak amacıyla kullanılan (La_{SN}/Ce_{SN})-Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) ve Fe₂O₃-Al₂O₃/(Al₂O₃ + Fe₂O₃) diagramlarında (Murray vd., 1990) (Şekil 8a ve b), Cihanpaşa örneklerinin sırt kısmına yakın alanda toplandığı gözlenebilmektedir.

Ti/V ve V/Y oranları depolanma ortamlarında kullanılan oldukça yararlı göstergelerdir. Bunlardan, Ti/V oranı ≥ 40 ve V/Y ≤ 2 kıtasal kenar ortamlarını işaret etmektedir. Bununla birlikte Ti/V ≤ 7 ve V/Y ≥ 2 yayılma sırtına yakın depolanma ortamları işaret etmektedir (Murray vd., 1991; Li 2000; Kang vd., 2011; Kemkin ve Kemkina, 2020). Pelajik ortam, 7 ile 40 arasında değişen Ti/V değerine sahiptir. Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin Ti/V oranı 0,25 ile 1,18 (~0,54) arasında değişmektedir (Şekil 8c). V/Y oranı ise 20,96 ile 101,67 arasında (~59,38) oldukça geniş aralık sunmaktadır. Diğer taraftan, Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin Lu_{SN}/La_{SN} oranı 0,68 ile 1,75 (~1,26) ile yayılma sırtına yakın ortamlara karşılık gelmektedir (Şekil 8d, Murray vd., 1991).



Şekil 8. a) La_{NASC}/Ce_{NASC} - $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ diyagramı. b) Fe_2O_3/TiO_2 - $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$. Sirt, pelajik ve kıtasal kenar ortamları Murray (1994)'dan alınmıştır. c) Ti/V, d) Lu_{NASC}/La_{NASC} oranlarının ayırım diyagramları (Murray vd., 1991; Murray, 1994).

Figure 8. a) La_{NASC}/Ce_{NASC} vs $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ diagram. **b)** Plots of Fe_2O_3/TiO_2 vs $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$. Fields of the ridge, pelagic, and continental margin, taken from Murray (1994). Discrimination diagrams of ratios **c)** Ti/V, and **d)** Lu_{NASC}/La_{NASC} (Murray et al., 1991; Murray, 1994).

Nadir Yer Elementleri (özellikle Ce, Eu) sedimanter sistemlerde günümüz modern ve geçmiş manganez yataklarının depolanma ortamlarını yorumlamada oldukça kuvvetli göstergeler sunmaktadır (Murray vd., 1990; Wright vd., 1987; Piepgras ve Jacobsen, 1992; Owen vd., 1999; Chen vd., 2006). Bu elementlerden, seryum Ce^{3+} ve Ce^{4+} şeklinde iki oksidasyon durumuna sahiptir. Oksitleyici denizel ortamlarda, Ce^{4+} egemendir ve oksik deniz suyunda Fe-Mn-oksihidroksitler seryumun fakirleşmesine yol açmaktadır (Elderfield ve Greaves, 1982; De Baar

vd., 1988; Gadd vd., 2016). Modern okyanusal ortamlarda, Ce anomalisinin varlığı, su derinliğine bağlıdır. Ce yüzey suyunda yaklaşık 1'dir, ancak deniz suyunun derin kısımlarında hareketli Fe-Mn oksit/hidroksit partikülleri nedeniyle tüketildiği için pozitif Ce anomali gösterirken Ce bakımından zayıf kalan deniz suyundan çökelimlerde negatif Ce anomalisi sunmaktadır (Gadd vd., 2016). Dolayısıyla, negatif Ce anomalisi oksijen bakımından zengin deniz suyundan çökelişi ifade etmektedir (Laurilla vd., 2014).

Murray vd. (1990, 1991, 1992), Ce anomalisi temelinde şeyl ve çört formasyonları için 3 farklı depolanma ortamı tanımlamıştır (hesaplama NASC standart şeyl ortalamalarına göre yapılmıştır, Gromet vd., 1984). Bunlar: 1) yayılma sırtına yakın alanlar ($Ce/Ce^* = \sim 0,29$), 2) okyanus havzası tabanı veya pelajik ortam ($Ce/Ce^* = \sim 0,55$), 3) kıtasal kenar ortamları ($Ce/Ce^* = \sim 0,90-1,30$). Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin Ce/Ce^* anomalisi değerleri 0,29 ile 0,41 arasında değişmektedir ($\sim 0,34$). Bu değerler, çalışmanın konusunu oluşturan cevherleşmelerin daha çok yayılma sırtına yakın, yayılma sırtı ile pelajik ortam arasında bir depolanma kısmında çökeltim yaptığını göstermektedir. Bu, $\Sigma NYE/Fe$ oranları ile de desteklenebilmektedir. Doğu Pasifik Sırtına (East Pacific Ridge, EPR) oldukça yakın olan hidrotermal sedimentlerde $\Sigma NYE/Fe$ oranı $6,2 \times 10^{-4}$ civarındadır. Bununla birlikte, EPR'den 802 km uzaklıkta olan hidrotermal sedimentlerde bu oran $28,28 \times 10^{-4}$ 'tür (Olivarez ve Owen, 1989). Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinin $\Sigma NYE/Fe$ oranı $24,4 \times 10^{-4}$ - $43,3 \times 10^{-4}$ arasında değişmektedir. Ortalama $\Sigma NYE/Fe$ oranı $30,7 \times 10^{-4}$ ile Büyükmahal (Yozgat) Fe-Mn yatağına ($\Sigma NYE/Fe = 30,26 \times 10^{-4}$; Öksüz ve Okuyucu, 2016) oldukça benzer değerler sunmaktadır ve bu değer, Olivarez ve Owen (1989) tarafından verilen çalışma konusu cevherleşmelerin İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun yayılma sırt kısmına çok uzak olmayan bir lokasyonda depolandığını göstermektedir.

Nadir yer element kompozisyonları, denizaltı ortamda bazaltik karakterli okyanusal kabuğun yüksek sıcaklıklı hidrotermal sıvılar ile alterasyona uğrayıp uğramadığı ya da bu ortamlarda çökeltimle Mn ve Fe gibi yatakların oluşumunda düşük ya da yüksek sıcaklık hidrotermal sıvıların etkin olup olmadığı ile ilgili güçlü bilgiler vermektedir. Bu bağlamda, Eu anomalisi bazaltik okyanusal kabuğun düşük ya da yüksek sıcaklık hidrotermal alterasyonunun aydınlatılmasında kullanılmaktadır. Pozitif ya da negatif Eu

anomalisi solüsyon sıcaklığı ile ilişkili hidrotermal aktiviteleri ortaya koymada önemlidir. Yaygın olarak, yüksek sıcaklık ($>350^\circ C$) hidrotermal sıvılar tipik olarak okyanus ortası sırt ve yay gerisi yayılma merkezlerinde gelişmektedir ve oldukça güçlü pozitif Eu anomalileri göstermektedir. Oysa, negatif yada oldukça zayıf Eu anomalisi tipik olarak düşük sıcaklık ($<350^\circ C$; Bau and Dulski, 1999) hidrotermal sistemler ile ilişkilidir. Oksijen bakımından zengin derin deniz suları (>2000 m) ortalama bir negatif Eu anomalisi göstermektedir, ancak yayılma sırtı boyunca gözlenen yüksek sıcaklık hidrotermal sıvılar oldukça güçlü Eu anomalisi (~ 70) sunmaktadır (Douville vd, 1999). Kato vd. (2006), yüksek sıcaklık koyu buğu (black smoker) sıvılarında tespit edilen Eu anomalilerinin 7,2 ile 15,1 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Negatif ve oldukça zayıf pozitif Eu anomalileri, Cihanpaşa manganez cevherleşmelerinin düşük hidrotermal sıvıların etkileri ile oluştuğunu göstermektedir. Alexander vd. (2008)'ne göre, deniz altı sedimentlerdeki bazı nadir yer element içeriklerinin oranları, bu sedimentlerdeki nadir toprak elementlerinin dağılımı üzerine hidrotermal sıvı girişinin katkısı ve deniz suyu ile yüksek sıcaklık hidrotermal sıvıların karışımını tanımlamaktadır. Bu çalışmada, hidrotermal sıvı ve deniz suyunun karışımını gösteren bazı nadir yer element oranları (Sm/Yb , Eu/Sm , Y/Ho) kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık hidrotermal sıvılar yüksek Eu/Sm (>2) ve Sm/Yb (>4) oranına sahiptirler, ancak düşük sıcaklık hidrotermal sıvılar bu değerlerden daha düşük Sm/Yb ve Eu/Sm oranı göstermektedirler (Alexander vd., 2008). Cihanpaşa Mn cevherleşmelerinde düşük Eu/Sm ($\sim 0,22$) ve Sm/Yb (1,03) oranları deniz suyu ile düşük sıcaklık hidrotermal sıvıların değerleri arasındadır. Dolayısıyla, elde edilen değerler yüksek sıcaklık hidrotermal sıvılardan ayrılmakla birlikte düşük sıcaklık hidrotermal sıvılar ile deniz suyunun bir karışımını ifade etmektedir (Lei vd., 2020).

Denizel sedimantasyon ortamlarında deniz suyunun tuzluluğu çökelimle yakından ilişkilidir ve Sr değerleri tuzluluk ile doğru orantılıdır (Klein vd., 1996, s. 4217). Güncel okyanus tuzluluk değerleri ile Sr ilişkisi bunu kanıtlar niteliktedir. Genel olarak, denizin tuzluluğunun artmasına paralel olarak Sr yoğunlaşması da artmaktadır (Klein vd., 1996). Bu bilgiler ışığında eski okyanusların tuzluluğu hakkında Sr değerleri incelenerek göreceli bilgi edinilebilmektedir. Çizelge 2’de ve Şekil 9’da, bazı manganez oksit yataklarının Sr içeriklerine göre karşılaştırılması verilmiştir. Bu çalışmada elde edilen düşük Sr içerikleri (~401 ppm) bu cevherleşmelerin normal tuzluluğa sahip bir ortamda çökelim yaptığını işaret etmektedir. Xie vd. (2013)’e göre, Guichi (Çin) manganez örneklerinde tespit edilen yüksek Sr içerikleri (1.500 ppm’den daha yüksek), bu cevherleşmelerin yüksek tuzluluğa sahip bir sedimenter ortamda oluştuğunu göstermektedir. Türkiye’den örnek olarak, Kula (Manisa) bölgesindeki, Vezirler melanjına ait radyolaryalı çörtler içerisinde gözlenen manganez yatağında tespit edilen oldukça yüksek Sr (20.178 ppm’e kadar, ~4.491 ppm) içerikleri, bu manganezlerin oldukça tuzlu bir depolanma ortamında oluştuğunu işaret etmektedir (Kılıç vd., 2018). Cihanpaşa bölgesinde tespit edilen korunmuş Mn nodülleri, yüksek Sr (~2.471 ppm) içeriklerine sahiptir (yayımlanmamış veri). Buna ek olarak, Triyas yaşlı Tavşanlı Zonu (KB Türkiye) mavi şistlerin içinde metamorfizmaya uğramış manganez oluşumlarında ilksel verilere göre Kula bölgesindeki manganez oluşumlarına benzer şekilde, yüksek Sr (7.860 ppm’e kadar, ~3.727 ppm) içerikleri tespit edilmiştir (yayımlanmamış veri; Şekil 9). Büyükorhan (Bursa) bölgesi metamorfizmaya uğramış manganez yatağı, Neotetis Okyanusu’na ait ilk kabuğun kırılmadan önceki bir zaman diliminde oluşmuş olabileceği tahmin edilmektedir. İAESZ boyunca radyolaryalı çört istifi içerisinde gözlenen mangan yataklarının, Nasirabad ve Esfandaghe (İran) bölgesi mangan

yataklarının ve Dounan (Çin) mangan yataklarının Sr içerikleri ise oldukça düşüktür (Şekil 9). Duan vd. (2019), Dounan (Çin) bölgesindeki manganez yatağında elde ettikleri negatif Ce anomalisi (0,74-1,23, ~0,96) değerlerinin bölgedeki cevherleşmelerin kıtasal kenar ortamında şekillendiğini ve otojenik komponentlerdeki düşük Sr (96,2 ile 743 ppm) içeriklerinin normal tuzluluğa sahip bir depolanma ortamını işaret ettiğini belirtmişlerdir. Yazarlar, sahada kurak bir iklimde oluşan jips oluşumlarına rastlanmamasını, manganez cevherleşmelerinin sığ-denizel bir ortamda bir kıtasal kenar boyunca normal tuzlu ortam koşulları ile ılık-hafif sıcak iklim koşulları altında oluştuklarını ifade etmişlerdir.

Dünya genelinde Mesozoyik’te eski okyanus suyu tuzlulukları incelendiğinde, Geç Triyas (%39,78-44,16) - Erken Jura (%39,81-44,32), tuzluluğun en fazla olduğu dönemdir ve Kretase döneminde deniz tuzluluğu kademeli olarak düşmektedir (Şekil 10b; Hay vd., 2006). Devam eden evaporasyon ile birlikte deniz suyunun tuzluluğu da artmaktadır. Akdeniz bölgesinde ve Türkiye’de denizel evaporitik oluşumlar bazı yazarlar tarafından çalışılmış ve yaygın olarak bu oluşumların Üst Triyas’dan Orta Jura’ya kadar değişen yaşlara sahip oldukları rapor edilmiştir (Patacca vd., 1979; Gündoğan vd., 2008; Escavy vd., 2012; Santantonio vd., 2013). Akdeniz bölgesindeki Triyas yaşlı evaporitler Fransa, Almanya, İspanya, Tunus, Suriye ve İsrail’de gözlenmektedir (Gündoğan vd., 2008). Türkiye’de, Honaz (Denizli, Türkiye)’da özellikle yüksek tuzluluğa işaret eden denizel evaporitler, bir tektonik dilim şeklinde Triyas yaşlı koyu renkli dolomitik karbonatlar içerisinde gözlenmektedir (Gündoğan vd., 2008). Dahası, Kozan (Adana) bölgesi, Seyhan nehri üzerinde sığ karbonatlar içerisinde 30 m’den daha fazla kalınlığa sahip Triyas yaşlı anhidrit bakımından zengin evaporitler Baraj bent kısmında tespit edilmiştir (Helvacı, 2021, sözlü görüşme).

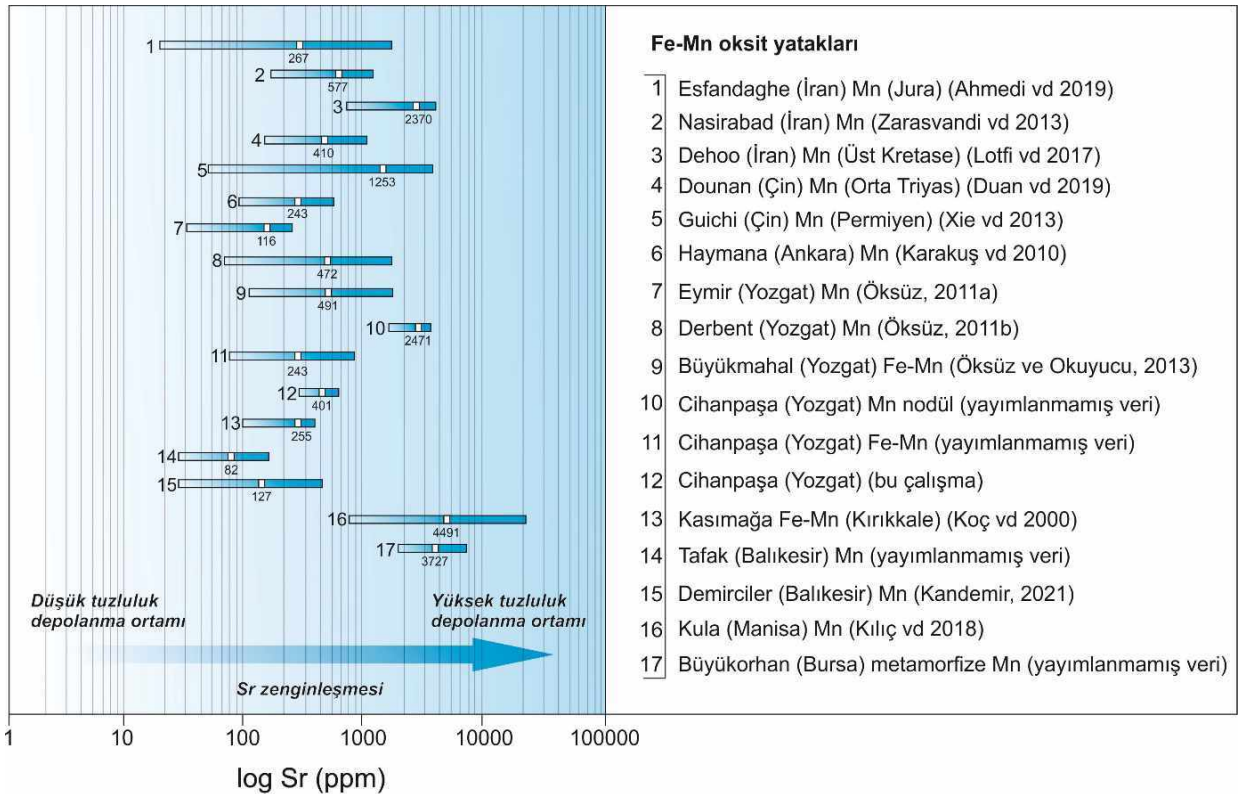
Çizelge 2. Mn-oksit yatakların farklı tipleri ve ortalama Sr (ppm) içerikleri.**Table 2.** Average Sr concentrations of different types of Mn-oxide deposits.

Bölge	Yatak	Ana kayaç	Sr (ppm)
Esfandaghe (İran) ⁽¹⁾	Mn	Radyolarit çört, şeyl	267
Nasirabad (İran) ⁽²⁾	Mn	Radyolarit çört	577
Dehoo (İran) ⁽³⁾	Mn	Radyolaryalı çört	2.370
Dounan (Çin) ⁽⁴⁾	Mn	Karbonat, klastik türbidit	410
Guichi (Çin) ⁽⁵⁾	Mn	Kalker, arjilikli, silisli kayaçlar	1.253
Haymana (Ankara) ⁽⁶⁾ Ankara melanjı	Mn	Radyolarit, marn	243
Eymir (Yozgat) ⁽⁷⁾ Artova melanjı	Mn	Radyolarit	116
Derbent (Yozgat) ⁽⁸⁾ Artova melanjı	Mn	Radyolarit	472
Büyükmahal (Yozgat) ⁽⁹⁾ Artova melanjı	Fe-Mn	Radyolarit	492
Cihanpaşa (Yozgat) ⁽¹⁰⁾ Artova melanjı	Mn nodül	Radyolaryalı çört, çamurtaşı	2.471
Cihanpaşa (Yozgat) ⁽¹¹⁾ Artova melanjı	Fe-Mn	Radyolaryalı çört	243
Cihanpaşa (Yozgat) ⁽¹²⁾ Artova melanjı	Mn	Radyolaryalı çört	401
Kasımağa (Kırıkkale) ⁽¹³⁾ Kasımağa Formasyonu	Fe-Mn	Bazalt, radyolarit, marn	255
Tafak (Balıkesir) ⁽¹⁴⁾ Dağardı melanjı	Mn	Radyolaryalı çört	82
Demirciler (Balıkesir) ⁽¹⁵⁾ Dağardı melanjı	Mn	Radyolaryalı çört	127
Kula (Manisa) ⁽¹⁶⁾ Vezirler melanjı	Mn	Radyolaryalı çört	4.491
Büyükorhan (Bursa) ⁽¹⁷⁾ Piribeyler şisti (mavişist)	Mn	Metamorfize radyolaryalı çört	3.727

⁽¹⁾Ahmadi vd. (2019), ⁽²⁾Zarasvandi vd. (2013), ⁽³⁾Lotfi vd. (2017), ⁽⁴⁾Duan vd. (2019), ⁽⁵⁾Xie vd. (2013), ⁽⁶⁾Karakuş vd. (2010), ⁽⁷⁾Öksüz (2011a), ⁽⁸⁾Öksüz (2011b), ⁽⁹⁾Öksüz ve Okuyucu (2014), ⁽¹²⁾Bu çalışma, ⁽¹³⁾Koç vd. (2000), ⁽¹⁵⁾Kandemir (2021), ⁽¹⁶⁾Kılıç vd. (2018), ^(10, 11, 14, 17)Yayımlanmamış veri.

Ayrıca, Adıyaman bölgesinde TPAO tarafından sondajlarda Triyas yaşlı evaporitler tespit edilmiş olup, kalınlığı ile ilgili herhangi bir bilgi literatürde yoktur (Helvacı (2021), sözlü görüşme). Kurtalan (Siirt) bölgesinde, Germik Fosmasyonu içerisindeki jipslerden alınan izotop analizleri bu jipslerin Triyas yaşlı evaporitler ile ilişkili olduğunu göstermektedir. İAESZ'den uzak kesimlerde Kula bölgesinde ve Triyas yaşlı Tavşanlı zonu içerisindeki mangan cevherleşmelerinde tespit

edilen oldukça yüksek Sr değerleri ile denizel evaporitlerin Triyas yaşlı olması, herhangi bir yaş verisi olmamasına rağmen Kula bölgesi mangan cevherleşmelerinin de yaklaşık olarak bu dönemde oluşmuş olabileceğini düşündürmektedir. Türkiye'de, İAESZ boyunca farklı melanj birlikleri içerisindeki radyolaryalı çörtlerden alınan radyolaryaya faunaları sistematik olarak incelenmiş ve yaşlandırılmıştır (Şekil 10 a ve b).

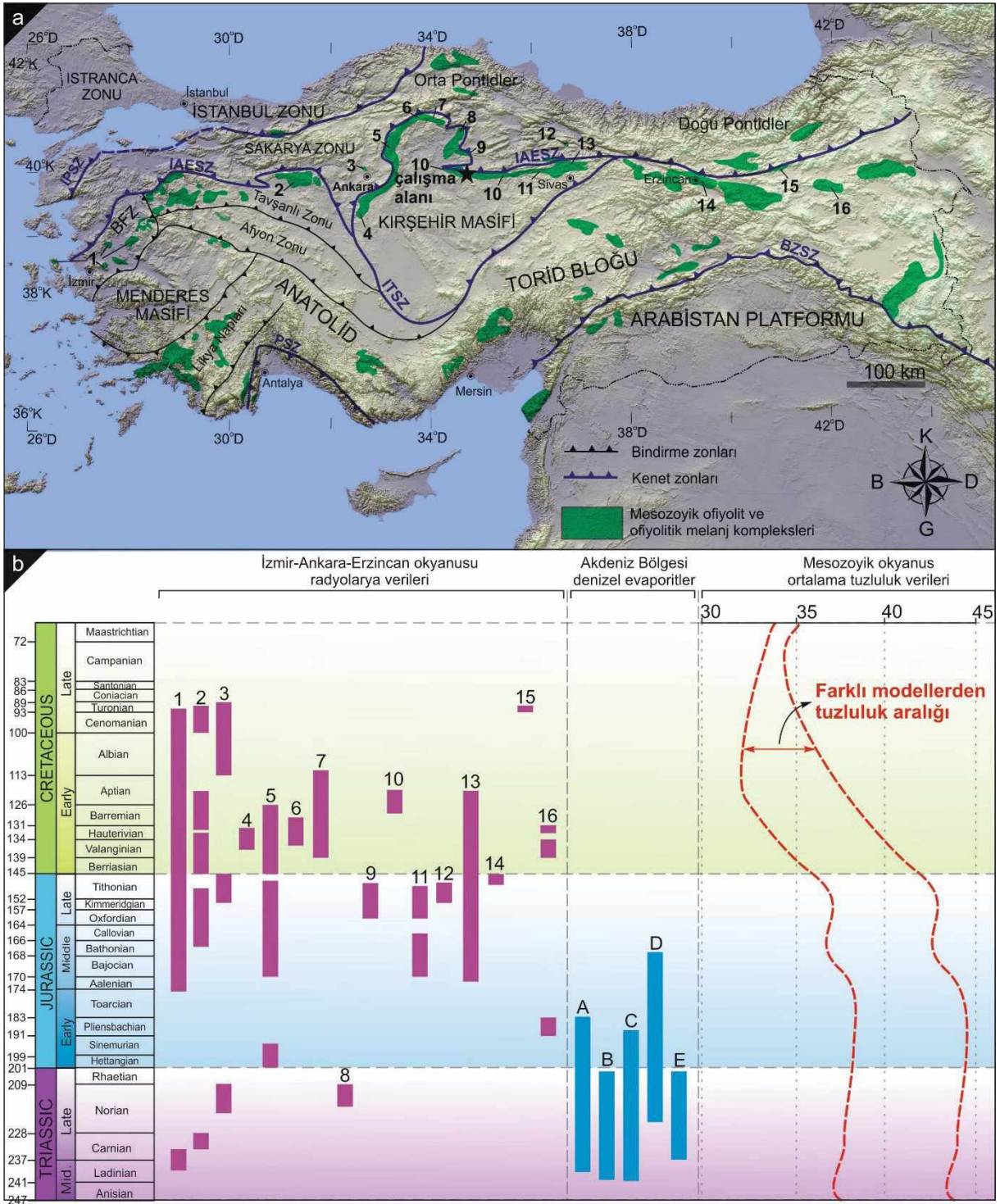


Şekil 9. Türkiye’den ve Dünya’dan manganez cevherleşmelerinin ortalama logaritmik Sr (ppm) içerikleri. Yüksek Sr içeriği yüksek tuzluluk depolanma ortamını ve düşük Sr içeriği düşük tuzluluk depolanma ortamını göstermektedir.

Figure 9. Average log Sr (ppm) contents of manganese mineralizations from Turkey and worldwide. High Sr content indicates a high salinity depositional environment, but low Sr content suggests a low salinity depositional environment.

Bu çalışmalar temelinde tespit edilen radyolaryalı fosilleri, radyolaryalı çörtlerin İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun Orta Triyas’tan Geç Kretase’ye kadar bir zaman aralığında çökelim yaptığını göstermektedir (Şekil 10 a ve b). İAESZ boyunca tespit edilen radyolaryalı yaşlarının Jura-Kretase döneminde yoğunluk göstermesine rağmen, Triyas döneminden elde edilen yaşlar oldukça azdır ve Orta-Geç Triyas yaşlı radyolaryalı fosilleri Ankara melanjı, Dağköplü melanjı ve Bornova filiş zonundan rapor edilmiştir (Bortolotti vd., 2018; Göncüoğlu vd., 2010; Tekin ve Göncüoğlu, 2007; Tekin vd., 2006; Şekil 10b). Dolayısıyla, Triyas döneminde, radyolaryalı faunalarının daha az gözlenmesi, bu zaman diliminde çökelim yapan silisli sedimanter kayaların ve içerdiği

manganez cevherleşmelerinin daha yoğun bir şekilde incelenmesini gerektirmektedir. Özellikle melanj birlikleri içerisinde radyolaryalı çörtler ile birlikte koyu renkli dolomit içerikli neritik (sıg) karbonatların ve eğer içeriyorsa evaporitik oluşumların (jips, anhidrit) keşfedilmesi ile önceki okyanus suyu depolanma koşulları hakkında yeni veriler literatüre kazandırılabilir (Helvacı, 2021 sözlü görüşme). Sonuç olarak, burada tartışılan yüksek Sr değerlerine sahip manganez cevherleşmelerinin bulunduğu lokasyonlarda yapılacak paleontolojik çalışmalarla İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun havza oluşumu ve bu okyanusun ortam koşulları hakkında bilgiler aydınlatılabilir ve bugüne kadar elde edilen bilgilere yenileri eklenmiş olacaktır.



Şekil 10. a) Türkiye'nin kuzey kesiminde ofiyolit-ofiyolitik melanj kompleksleri ve ana kenet zonlarını gösteren basitleştirilmiş kabartma harita (Şengör ve Yılmaz, 1981; Okay ve Tüysüz, 1999; Çelik vd., 2011). **b)** İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonu ile ilişkili lokasyonlar ve radyolaryla verileri ve Akdeniz bölgesinde evaporit verileri (Gündoğan vd., 2008). Mesozoyik süresince okyanusun ortalama tuzluluğunu gösteren grafik (Hay vd., 2006). Kronostratigrafi

grafik Cohen (2013)'den alınmıştır. *Alan ve lokasyon numaraları:* **Bornova melanjı: (1)** Göncüoğlu vd. (2006a, 2006b); Tekin vd. (2006); Çakmakoğlu ve Bilgin (2006); Tekin ve Göncüoğlu vd. (2007, 2009); Moix ve Goričan (2013); **Dağküplü melanjı: (2)** Göncüoğlu vd. (2000, 2006b, 2010), ve Tekin vd. (2002); **Ankara melanjı: (3)** Bragin ve Tekin (1996), Tekin (1999); **Ankara melanjı: (4)** Üner (2010); **Çankırı bölgesi: (5)** Çelik (2010); **Ankara melanjı: (6-11)** Bortolotti vd. (2018); **Tokat bölgesi: (12)** Bozkurt vd. (1997); **Tekelidağ melanjı: (13)** Özkan vd. (2020); **Erzincan bölgesi: (14)** Robertson vd. (2014); **Otlukbeli melanjı: (15), Şahvelet melanjı: (16)** Robertson vd. (2014). b) Evaporit yatakları: (A-E) (Patacca vd., 1979; Gündoğan vd., 2008; Escavy vd., 2012; Santantonio vd., 2013)

Figure10. a) Simplified relief map showing main suture zones and ophiolite-ophiolitic melange complex in northern Turkey, from Şengör and Yılmaz (1981), Okay and Tüysüz (1999), and Çelik et al. (2011). **b)** Locations and radiolarian data related to Izmir-Ankara-Erzincan Suture Zone and evaporate data in Mediterranean region (Gündoğan et al., 2008). Reconstruction of mean salinity of ocean during Mesozoic (Hay et al., 2006). Chronostratigraphic chart is from Cohen (2013). Key to area and location numbers: **Bornova mélangé: (1)** Göncüoğlu et al. (2006a, 2006b); Tekin et al., (2006); Çakmakoğlu and Bilgin (2006); Tekin and Göncüoğlu et al. (2007, 2009); Moix and Goričan (2013); **Dağküplü mélangé: (2)** Göncüoğlu et al. (2000, 2006b, 2010), and Tekin et al. (2002); **Ankara mélangé: (3)** Bragin and Tekin (1996), Tekin (1999); **Ankara mélangé: (4)** Üner (2010); **Çankırı region: (5)** Çelik (2010); **Ankara mélangé: (6-11)** Bortolotti et al. (2018); **Tokat region: (12)** Bozkurt et al. (1997); **Tekelidağ mélangé: (13)** Özkan et al. (2020); **Erzincan region: (14)** Robertson et al. (2014); **Otlukbeli mélangé: (15), Şahvelet mélangé: (16)** Robertson et al. (2014). **Evaporitic deposits: (A-E)** (from Patacca et al., 1979; Gündoğan et al., 2008; Escavy et al., 2012; Santantonio et al., 2013)

SONUÇLAR

Türkiye'nin kuzey kesiminde doğu-batı uzanımlı Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunu temsil eden İAESZ'ye ait olan Artova ofiyolitik melanjına ait radyolaryalı çört birimleri birçok lokasyonda (Eymir, Derbent, Büyükmahal, Cihanpaşa)

manganez ve ferromanganez yataklarına ev sahipliği yapmaktadır. Bunlardan, Cihanpaşa (Yozgat, İç Anadolu) manganez cevherleşmelerini temsil eden 5 adet örnek üzerinde gerçekleştirilen jeokimyasal analizler temelinde, yüksek Mn/Fe (60,2), düşük Σ NYE (15,75 ppm), Cu+Ni+Co (730 ppm) içerikleri ile bölgedeki cevherleşmeler, İzmir-Ankara-Erzincan okyanusunun denizaltı bir hidrotermal sistemin etkisi ile oluştuğunu göstermektedir. Diğer taraftan, düşük Sr değerleri (401 ppm), negatif Ce_{PAAS} anomalisi (0,33), düşük Ce_{anom} değerleri ($< -0,54$), redoks işaretleyiciler [$V/(V + Ni) = 0,43$, $Ni/Co = 0,51$, $V/Mo = 6,15$], çalışılan manganez cevherleşmelerinin oksijenli ve normal tuzluluklu okyanusal sedimanter bir ortamda oluştuğunu ortaya koymaktadır. Buna ek olarak, hafif negatif Eu anomalisi (0,84), yüksek La_{NASC}/Ce_{NASC} (3,96), düşük Al/(Al + Fe) (0,34) ve Σ NYE/Fe ($30,7 \times 10^{-4}$) oranları, çalışılan manganez oksit cevherleşmelerinin okyanusun kısmen yayılma sırtına yakın düşük sıcaklıklı hidrotermal sistemin etkisi ile şekillenmiş olduğunu göstermektedir.

Günümüzdeki modern okyanuslara benzer olarak, geçmiş jeolojik zamanlarda hüküm süren okyanus tabanında oluşmuş metalik cevherleşmeler, okyanus havzasının kapanması ile birlikte eski kıta kabuğu üzerine eklenir prizmalar şeklinde itilmiş olarak gözlenmektedir. Bu yataklar, muhtemel ilksel hali bozulmuş ve parçalanmış şekilde ofiyolitik melanj birimleri içerisinde mostra verebilmektedir. Bölgede birçok cevherleşmeye ev sahipliği yapan Artova ofiyolitik melanjı, İAESZ boyunca gözlenen en iyi lokasyonlardan biridir. Bölgede, radyolaryalı çört ve çamurtaşları içerisinde korunmuş mangan nodülleri tespit edilmiş olup, üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Buna ek olarak, Cihanpaşa ve civarında altere mafik volkanik kayaç birlikleri içerisinde sülfid cevherleşmeleri de gözlenmektedir (Pb = 8.995 ppm, Cu = 1.403 ppm, Zn = 2.124 ppm, Bi = 227 ppm; yayımlanmamış veri). Sonuç olarak, bölgede melanja ait birimlerin

dikkatli bir şekilde incelenerek baz metal içerikleri bakımından zengin lokasyonlarda detay çalışmalar yapılması ile yeni cevher keşifleri ortaya çıkabilecektir.

EXTENDED SUMMARY

Many of the manganese oxide deposits occurring in Turkey are associated with the evolution of the Paleotethys and Neotethys Oceans. Anatolia was formed from the combination of many micro-continental fragments with the closure of branches of the Neotethys Ocean. The Izmir-Ankara-Erzincan Suture Zone (IAESZ) comprises many ophiolitic melange units. This zone is one of the important suture zones in the eastern Mediterranean region and represents the northern branch of the Neo-Tethyan Ocean. The majority of manganese oxide deposits outcrop in radiolarian chert lithologies observed in ophiolitic melange units along or near the IAESZ in the form of large and small blocks. Of these mélanges units, the Artova ophiolitic mélangé outcrop is between the Sakarya Continent to the north and the Kırşehir Massif to the south (Fig. 1). This mélangé comprises blocks of serpentinite, radiolarian chert, pelagic limestone, mudstone and pillow lavas within the serpentinitic mixture. In the region, radiolarian cherts hosting many Mn-oxide deposits are found on the pillow lavas of basaltic character (Figures 2, 3). Paleontological ages from radiolarian cherts and micritic limestones in different locations throughout the IAESZ yield Middle Triassic and Late Cretaceous ages.

Geochemically, analyzed samples have concentrations of MnO 14-51 wt % (~ 34.7wt %), SiO₂ 32-81 wt % (~ 55.9%), Fe₂O₃ 0.5-1.1 wt % (~ 0.68 wt %), Al₂O₃ 0.19-1.02 wt % (~ 0.4 wt %), and CaO wt %. They have values ranging between 0.21-0.86 (~ 0.47 wt %) and a total alkali of (Na₂O+K₂O) 0.06-0.11 wt % (~ 0.09 wt %). Most trace elements of all samples include Ni (158 to 268 ppm), Co (339 to 525 ppm), Ba (3031 to 4543

ppm), Sr (263 to 562 ppm), and Zn (50 to 151 ppm). The average Co/Ni ratio of the studied manganese mineralizations is 2.09 ppm, and the Co/Zn ratio is 5.26 on average; these values are higher than the values given in the literature for hydrothermal manganese deposits due to Co enrichment. The fact that the studied manganese mineralizations have low Ni+Cu values (182-431 ppm, ~292 ppm) and high Mn/Fe (26-111 ppm, ~60.18 ppm) ratios is consistent with the values of hydrothermal deposits. The Co (~438 ppm), low Ce (~3.2 ppm) and Tl (~6.3 ppm) content of the Cihanpaşa manganese mineralizations indicate that these mineralizations are not related to hydrogenetic formations; on the contrary, they are similar to hydrothermal manganese mineralizations.

The Y/Ho ratio of the Cihanpaşa manganese mineralizations is ~ 23, indicating that they are not affected by clastic input or only partially affected. The fact that there is a weakly positive relationship (0.48) between the Zr and Y/Ho of the Cihanpaşa Mn mineralizations indicates that the detrital phases are limited. The PAAS-normalized diagram shows that Cihanpaşa Mn mineralizations have a negative Ce anomaly, and a negative and positive Eu anomaly (Figure 4). These mineralizations have characteristic features with light rare earth elements and medium rare earth element depletion, compared to heavy rare earth elements ($Gd_{PAAS}/Yb_{PAAS} < 1$ (~0.76); $La_{PAAS}/Yb_{PAAS} < 1$ (~0.73)), and they have negative Ce and positive Gd anomalies ranging from 1.12 to 1.36, similar to low-temperature hydrothermal deposits. As shown in Figure 4, the EPR and MAR high temperature hydrothermal fluids present a very strong Eu anomaly and a positive Y anomaly. Modern oxygen-rich seawater shows a significant negative Ce anomaly, and positive La, Y, and Gd (Figure 4), whereas semioxic and anoxic waters lack the negative Ce anomaly. The studied Mn mineralizations are similar to modern seawater and have rare earth element patterns of hydrothermal deposits with a positive La and

negative Ce anomaly; thus they fall into the true negative Ce anomaly domain (Figure 5).

In order to reveal the origin of the mineralizations, discrimination diagrams were used, and these show that the Cihanpaşa Mn mineralizations are of hydrothermal origin (Figure 6 a-f). The Fe/Mn ratio can be used to reveal the redox properties of manganese deposits and/or the ferromanganese crust in the Cihanpaşa Mn mineralizations. The low Fe/Mn ratios varying between 0.01 and 0.07 (~0.02) indicate that these mineralizations were formed in an oxidized sedimentary environment. Ce_{anom} values of the Cihanpaşa Mn mineralizations range between -0.43 and -0.67, with an average of -0.54, indicating that they were formed in an oxidative environment with rapid precipitation (Figure 7a). In addition, the $V/(V+Ni)$ (0.40 to 0.48) and Ni/Co (0.36 to 0.63) ratios of the Cihanpaşa Mn mineralizations represent an oxic environment (Figure 7b).

In marine manganese deposits, the depositional environment is examined on the basis of 3 different areas: 1) the spreading ridge, 2) pelagic (open ocean) environment, 3) continental margin environment. The $Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ ratio of the studied Mn deposit, ranging from 0.28 to 0.47 (~0.34), shows a depositional site between the pelagic environment and the spreading ridge. In addition, the $(La_{SN}/Ce_{SN})-Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ and $Fe_2O_3-Al_2O_3/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ diagrams indicate that the Cihanpaşa Mn mineralizations were deposited close to the spreading ridge (Figure 8 a & b). Ti/V and V/Y ratios are very useful indicators used to interpret depositional environments. The Ti/V ratio of the Cihanpaşa Mn mineralizations varies between 0.25 and 1.18 (~0.54) (Figure 8c). The Lu_{SN}/La_{SN} ratio of the studied mineralizations corresponds to environments close to the spreading ridge, with 0.68 to 1.75 (~1.26) (Figure 8d). Additionally, the Ce/Ce^* anomaly is an indicator revealing the depositional site of the mineralizations. The

Ce/Ce^* anomaly values of the Cihanpaşa Mn mineralizations, varying between 0.29 and 0.41 (~0.34), show that the mineralizations were mostly deposited in a depositional zone close to the spreading ridge. This phenomenon can also be demonstrated with the $\Sigma NYE/Fe$ ratio. The $\Sigma NYE/Fe$ ratio of the Cihanpaşa Mn mineralizations, varying between 24.4×10^{-4} and 43.3×10^{-4} , suggests that they were deposited at a location not far from the spreading ridge of the Izmir-Ankara-Erzincan Ocean.

The Eu/Eu^* anomaly is used to explain the low or high temperature hydrothermal alteration of the basaltic oceanic crust. A positive or negative Eu anomaly is important in revealing hydrothermal activities related to the solution temperature. High temperature (>350 °C) hydrothermal fluids typically develop in mid-ocean ridges and back-arc spreading centers and show very strong positive Eu anomalies. However, a negative or slightly positive Eu anomaly is typically associated with low temperature (<350 °C; Bau and Dulski, 1999) hydrothermal systems. Negative (0.27, 0.90) and weakly positive Eu anomalies (1.20, 1.33) indicate that the Cihanpaşa manganese mineralizations were formed by the effect of low hydrothermal fluids. In addition, high temperature hydrothermal fluids have high Eu/Sm and Sm/Yb ratios, whereas low temperature hydrothermal fluids show high Sm/Yb and low Eu/Sm ratios. The Eu/Sm (0.22) and Sm/Yb (1.03) ratios of the Cihanpaşa Mn mineralizations are between the values of seawater and low temperature hydrothermal fluids. Therefore, these values denote a mixture of low temperature hydrothermal fluids and seawater.

The Sr content increases with an increase of seawater salinity, and/or Sr concentrations in seawater decrease with decreasing salinity. Information about the salinity of ancient oceans can be obtained by examining the Sr values (see Figure 9). The low Sr content (~401 ppm) obtained in the present study indicates that the Cihanpaşa manganese mineralizations were deposited in

a normal-salinity sedimentary environment. In western Turkey, high Sr (up to 20178 ppm, ~4491 ppm) content detected from the manganese deposits and observed within the radiolarian cherts of the Vezirler mélangé in the Kula (Manisa) region indicates that these manganese occurrences were formed in a saline depositional environment. When the ancient ocean water salinities are examined in the Mesozoic period around the world, salinity in the Late Triassic (‰39.78-44.16)-Early Jurassic (‰39.81-44.32) period was the highest, and the seawater salinity gradually decreased during the Cretaceous period (Figure 10b). Marine evaporitic occurrences in the Mediterranean region and Turkey yield ages ranging from Upper Triassic to Middle Jurassic. Consequently, information about the basin formation of the Izmir-Ankara-Erzincan Ocean and the environmental conditions of this ocean will be clarified with paleontological studies to be carried out in the regions where manganese mineralizations having high Sr values are located.

This study is concerned with manganese mineralizations that were previously mined in the southern part of the Cihanpaşa (Yozgat) area. Host rocks (radiolarian cherts) have high Fe and Mn compositions in the region, and were also deposited close to the spreading ridge of the Izmir-Ankara-Erzincan Ocean. It has been revealed, therefore, that the possibility of metallic sulfide mineralizations in different rock lithologies of the Artova ophiolitic mélangé increases with the occurrence of these formations near the ridge and the growing need for mineral exploration in the region. In conclusion, this study was carried out to determine the geochemistry of manganese mineralizations hosted by radiolarian cherts in the region and to research their genesis.

KATKI BELİRTME

Yazar, çalışmada bilimsel katkı ve destekleri için Dr. Cahit HELVACI'ya, Türkiye Jeoloji Bülteni Baş Editörü Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ'a,

Editörler Dr. İsmail Onur TUNÇ'a, Dr. Mustafa AVCIOĞLU'na ve makaledeki değerli bilimsel katkı ve eleştirilerinden dolayı hakemlere teşekkür etmektedir.

ORCID

M. Selman Aydoğan  <https://orcid.org/0000-0003-2478-8632>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Ahmadi, J., Mirnejad, H. & Modabberi, S. (2019). Geochemical Evidence for the Depositional Environment of the Esfandaghe Manganese Deposit, Kerman Province, Iran. *Geochemical International*, 57, 266-281.
- Akçay, A. E. & Beyazpirinç, M. (2017). The Geological Evolution of Sorgun (Yozgat)-Yıldızeli (Sivas) Foreland Basin, Petrographic, Geochemical Aspects and Geochronology of Volcanism Affecting the Basin. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 155, 1-31.
- Akçay, A. E., Dönmez, M., Kara, H., Yergök, A.F. & Esentürk, K. (2007). 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Yozgat-İ33 Paftası [1-16]. MTA Genel Müdürlüğü, *Jeoloji Etüdlere Dairesi*, Ankara, 80.
- Aldanmaz, E., Yalınız, M. K., Güçtekin, A. & Göncüoğlu, M. C. (2008). Geochemical characteristics of mafic lavas from the Neotethyan ophiolites in western Turkey: implications for heterogeneous source contribution during variable stages of ocean crust generation. *Geological Magazine*, 145(1):37-54.
- Alexander, B.W., Bau, M., Andersson, P. & Dulski, P. (2008). Continentally derived solutes in shallow Archean sea water: rare earth element and Nd isotope evidence in iron formation from the 2.9 Ga Pongola Supergroup, South Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72(2):378-394.
- Alibo, D. S. & Nozaki, Y. (1999). Rare earth elements in seawater: Particle association, shale-normalization, and Ce oxidation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63, 363-372.
- Alvi, S.H. & Shaif, M. (2020). Geochemical signatures of manganese ores around Barbil, Noamundi-

- Koira basin, Singhbhum Craton, Eastern India. *Geology, Ecology, and Landscapes*. <https://doi:10.1080/24749508.2020.1720489>.
- Bau, M. & Dulski, P. (1999). Comparing yttrium and rare earths in hydrothermal fluids from the Mid-Atlantic Ridge: implications for Y and REE behaviour during near vent mixing and for the Y/Ho ratio of Proterozoic seawater. *Chemical Geology*, 155 (1/2), 77-90.
- Bau, M., Koschinsky, A., Dulski, P. & Hein, J.R. (1996). Comparison of partitioning behaviours of yttrium, rare earth elements, and titanium between hydrogenetic marine ferromanganese crusts and seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 1709-1725
- Bau, M., Möller, P. & Dulski, P. (1997). Yttrium and lanthanides in eastern Mediterranean seawater and their fractionation during redox-cycling. *Marine Chemistry*, 56, 123-131.
- Bau, M., Schmidt, K., Koschinsky, A., Hein, J., Kuhn, T. & Usui, A. (2014). Discriminating between different genetic types of marine ferro-manganese crusts and nodules based on rare earth elements and yttrium. *Chemical Geology*, 381:1-9.
- Bolhar, R., Kaber, B. S., Moorbath, S., Fedo, C. M. & Whitehouse, M. J. (2004). Characterisation of early Archaean chemical sediments by trace element signatures. *Earth and Planetary Science Letters*, 222, 43-60.
- Bolton, B. R., Both, R., Exon, N. F., Hamilton, T. F., Ostwald, J. & Smith, J. D. (1988). Geochemistry and mineralogy of seafloor hydrothermal and hydrogenetic Mn oxide deposits from the Manus Basin and Bismarck Archipelago region of the southwest Pacific Ocean. *Marine Geology*, 85, 65-87.
- Bonatti, E. (1975). Metallogenesis at oceanic spreading centers. *Annu Rev Earth Planetary Science*, 3, 401-431.
- Bonatti, E., Kraemer, T. & Rydell, H. (1972). Classification and genesis of submarine iron-manganese deposits. In D.R. Horn (Ed.), *Ferromanganese Deposits of the Ocean Floor*, (pp. 473-489). Harriman, Petersfield, UK
- Bortolotti, V., Chiari, M., Göncüoğlu, M. C., Marcucci, M., Principi, G., Saccani, E., Tekin, U.K. & Tassinari, R. (2018). The Jurassic-Early Cretaceous basalt–chert association in the ophiolites of the Ankara Mélange, east of Ankara, Turkey: age and geochemistry. *Geological Magazine*, 155(2), 451-478.
- Bortolotti, V., Chiari, M., Göncüoğlu, M. C., Marcucci, M., Principi, G., Tekin, U. K., Saccani, E. & Tassinari, R. (2013) Age and geochemistry of basaltchert associations in the ophiolites of the Izmir-Ankara mélange east of Ankara, Turkey: preliminary data. *Ofioliti* 38(2), 157-173.
- Bozkurt, E., Holdsworth, B. K. & Koçyiğit, A. (1997). Implications of Jurassic chert identified in the Tokat Complex, northern Turkey. *Geological Magazine*, 134(1), 91-97.
- Bragin, N. Y. & Tekin, U. K. (1996). Age of radiolarian-chert blocks from the Senonian Ophiolitic Melange (Ankara, Turkey). *Island Arc*, 5, 114-122.
- Chen, D., Qing, H., Yan, X. & Li, H. (2006). Hydrothermal venting and basin evolution (Devonian, South China): constraints from rare earth element geochemistry of chert. *Sedimentary Geology*, 183, 203-216.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, 36, 199-204.
- Condie, K.C. (1993). Chemical composition and evolution of the Upper Continental Crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chemical Geology*, 104, 1-37.
- Crear, D.A., Namson, J., So Chyi, M., Williams, L. & Feigenson, M.D. (1982). Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage: 1. General geology, ancient and modern analogues, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centres. *Economic Geology*, 77(3), 519-540.
- Çakmakoğlu, A., Bilgin, Z.R. (2006). Pre-Neogene stratigraphy of the Karaburun peninsula (Wof İzmir Turkey). *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 132, 33-61.
- Çelik, Ö. F., Marzoli, A., Marschik, R., Chiaradia, M., Neubauer, F. & Öz, İ. (2011). Early-Middle Jurassic intra-oceanic subduction in the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean, Northern Turkey. *Tectonophysics*, 509, 120-134.

- Çelik, S. (2010). *Taxonomy and biostratigraphy of Jurassic-Early cretaceous radiolarian fauna of the pelagic deposits in Izmir-Ankara-Erzincan suture complex, NE and SW Cankiri, northern Turkey*. [Unpublished MSc. Thesis]. Hacettepe University.
- De Baar, H.J., German, C.R., Elderfield, H. & van Gaans, P. (1988). Rare earth element distributions in anoxic waters of the Cariaco Trench. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 52, 1203-1219.
- Douville, E., Bienvu, P., Charlou, J.L., Donval, J.P., Fouquet, Y., Appriou, P. & Gamo, T. (1999). Yttrium and rare earth elements in fluids from various deep-sea hydrothermal systems. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 63, 527-643.
- Duan, J., Fu, Y., Zhang, Z., Ma, X. & Xiao, J. (2019). The metallogenic environment of the Dounan manganese deposit, Southeast Yunnan, China: evidence from geochemistry and Mössbauer spectroscopic. *Acta Geochimica*, 38(1), 78-94.
- Dubinin, A. V., Kunetsov, A. B., Rimskaya-Korsakova, M. N. & Safin, T.Kh. (2018). Nd and Sr Isotope Composition in the Tooth Enamel from Fe–Mn Nodules of the Cape Basin (Atlantic Ocean): Age and Sources. *Geochemistry International*, 56(12), 1209-1219.
- Dubinin, A.V., Uspenskaya, T.Yu., Gavrilenko, G. M. & Rashidov, V. A. (2008). Geochemistry and Genesis of Fe–Mn Mineralization in Island Arcs in the West Pacific Ocean. *Geochemistry International*, 46(12), 1206-1227.
- Dymond, J., Lyle, M., Finney, B., Piper, D. Z., Murphy, K., Conard, R. & Pisias, N. (1984). Ferromanganese nodules from MANOP sites H, S and R-control of mineralogical and chemical composition by multiple accretionary processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48(5), 931-949.
- Elderfield, H. & Greaves, M. J. (1982). The rare earth elements in seawater. *Nature*, 296, 214-218.
- Engstrom, D. R. & Wright, H. E. (1984). Chemical stratigraphy of lake sediments as a record of environmental change. In: E.Y., Haworth, J.W.G. Lund (Eds.), *Lake Sediments and Environmental History* (pp. 11-67). Leicester University Press, Leicester.
- Escavy, J. I., Herrero, M. J. & Arribas, M. E. (2012). Gypsum resources of Spain: Temporal and spatial distribution. *Ore Geology Reviews*, 49, 72-84.
- Fitzgerald, C. E. & Gillis, K. M. (2006). Hydrothermal manganese oxide deposits from Baby Bare seamount in the Northeast Pacific Ocean. *Marine Geology*, 225, 145-156.
- Gadd, M. G., Layton-Matthews, D. & Peter, J. M. (2016). Non-hydrothermal origin of apatite in SEDEX mineralization and host rocks of the Howard's pass district, Yukon, Canada. *American Mineralogist*, 101(5), 1061-1071.
- Galarraga, F., Reategui, K., Martinez, A., Martinez, M., Liasas, J. F. & Marquez, G. (2008). V/Ni ratio as a parameter in palaeoenvironmental characterisation of nonmaturemedium-crude oils from several Latin American basins. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 61, 9-14.
- Gallego-Torres, D., Martinez-Ruiz, F., De Lange, G. J., Jimenez-Espejo, F. J. & Ortega-Huertas, M. (2010). Traceelemental derived paleoceanographic and paleoclimatic conditions for Pleistocene Eastern Mediterranean sapropels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293, 76-89.
- Ganno, S., Njiosseu, T.E.L., Kouankap, N.G.D., Djoukouo, S.A., Moudioh, C., Ngnotue, T. & Nzenti, J.P. (2017). A mixed seawater and hydrothermal origin of superior-type banded iron formation (BIF)-hosted Kouambo iron deposit, Palaeoproterozoic Nyong series, Southwestern Cameroon: Constraints from petrography and geochemistry. *Ore Geology Reviews*, 80, 860-875.
- Gao, J., Yang, R., Xu, H., Zhang, X., Feng, K. & Zheng, L. (2018). Genesis of Permian sedimentary manganese deposits in Zunyi, Guizhou Province, SW China: Constraints from geology and elemental geochemistry. *Journal of Geochemical Exploration*, 192, 142-154.
- German, C. R. & Elderfield, H. (1990). Application of the Ce anomaly as a paleoredox indicator: the ground rules. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 5(5), 823-833.
- Glasby, G.P. (2006). Manganese: predominant role of nodules and crusts. In: H.D. Schulz, M. Zabel (Eds.) *Marine geochemistry* (pp. 371-428). Springer, Heidelberg.

- Glasby, G.P., Gwozdz, R., Kunzendorf, H., Friedrich, G. & Thijssen, T. (1987). The distribution of rare earth and minor elements in manganese nodules and sediments from the equatorial and SW. Pacific. *Lithos*, 20(2), 97-113.
- Glasby, G. P., Li, J. & Sun, Z. (2015). Deep-Sea Nodules and Co-rich Mn Crusts. *Marine Georesources & Geotechnology*, 33, 72-78.
- Göncüoğlu, M.C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A. & Uysal, S. (2000). A geotraverse across NW Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution. In: Bozkurt E, Winchester J, Piper JA (eds) Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. *Geological Society, London, Special Publications*, 173, 139-161.
- Göncüoğlu, M. C., Sayıt, K. & Tekin, U.K. (2010). Oceanization of the northern Neotethys: geochemical evidence from ophiolitic melange basalts within the Izmir-Ankara suture belt, NW Turkey. *Lithos*, 116, 175-187.
- Göncüoğlu, M. C., Yalınız, M. K. & Tekin, U. K. (2006a). Geochemistry, tectono-magmatic discrimination and radiolarian ages of basic extrusives within the Izmir-Ankara-Suture Belt (NW Turkey): Time constraints for the Neotethyan evolution. *Ofioliti*, 31, 25-38.
- Göncüoğlu, M. C., Yalınız, M. K. & Tekin, U. K. (2006b). Geochemical features and radiolarian ages of volcanic rocks from the Izmir-Ankara Suture Belt, western Turkey. *Mesozoic ophiolite belts of the northern part of the Balkan Peninsula, International Symposium, Belgrade-Banja Luka, May 31-June 6* (pp. 41-44).
- Gromet, L.P., Dymek, R.F., Haskin, L.A. & Korotev, R.L. (1984). The "North American Shale Composite": its compilation, major and trace element characteristics. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 48(12), 2469-2482.
- Gültekin, A.H. & Balcı, N. (2018). Geochemical Characteristics of Sedimentary Manganese Deposit of Binkılıç, Trache Basin, Turkey. *Journal of Geology and Geophysics*, 7(3), 1-13.
- Gündoğan, İ., Helvacı, C. & Sözbilir, H. (2008). Gypsiferous carbonates at Honaz Dağı (Denizli): First documentation of Triassic gypsum in western Turkey and its tectonic significance. *Journal of Asian Earth Sciences*, 32, 49-65.
- Halbach, P., Scherhag, C., Hebisch, U. & Marchig, V. (1981). Geochemical and mineralogical control of different genetic types of deep-sea nodules from the Pacific Ocean. *Mineralium Deposita*, 16(1), 59-84.
- Hatch, J. R. & Leventhal, J. S. (1992). Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the upper Pennsylvanian (Missourian) stark shale member of the Dennis lime stone, Wabaunsee County, Kansas, U.S.A. *Chemical Geology*, 99(1-3), 65-82.
- Hay, W. H., Migdisov, A., Balukhovskiy, A. N., Wold, C. N., Flögel, S. & Söding, E. (2006). Evaporites and the salinity of the ocean during the Phanerozoic: Implications for climate, ocean circulation and life. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 240, 3-46.
- Hayashi, K. I., Fujisawa, H., Holland, H. D. & Ohmoto, H. (1997). Geochemistry of 1.9 Ga sedimentary rocks from Northeastern Labrador, Canada. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 61(19), 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, Int. Seabed Auth.*, (pp. 188-256). Kingston, Jamaica.
- Hein, J. R., Conrad, T. A. & Staudigel, H. (2010). Seamount Mineral Deposits: A Source of Rare Metals for High-Technology Industries. *Oceanography*, 23(1), 184-189.
- Hein, J. R. & Koschinsky, A. (2014). Deep-ocean ferromanganese crusts and nodules. In: H.D. Holland, K. K. Turekian (Eds.), Second edition *Treatise on Geochemistry*, 13, 273-291.
- Hein, J. R., Koschinsky, A., Halbach, P., Manheim, F.T., Bau, M., Kang, J-K. & Lubick, N. (1997). Iron and manganese oxide mineralization in the Pacific, In: K. Nicholson, J.R. Hein, B. Bühn, S. Desgupta (Eds.) Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits (pp.123-138). *Geological Society of London Special Publication*.
- 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(8), 1-29.
- Helvacı, C. (2021). Sözlü Görüşme. Dokuz Eylül Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Holtstam, D. & Mansfield, J. (2001). Origin of a carbonate-hosted Fe-Mn-(Ba-As-Pb-Sb-W) deposit of Långban-type in central Sweden. *Mineralium Deposita*, 36(7), 641-657.
- IUCN (International Union for Conservation of Nature Issues Brief) (2018). Deep-sea mining. <https://www.iucn.org/resources/issues-briefs/deep-sea-mining>.
- Jones, B. & Manning, D.A.C. (1994). Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111(1-4), 111-129.
- Josso, P., Pelleter, E., Pourret, O., Fouquet, Y., Etoubleau, J., Cheron, S. & Bollinger, C. (2017). A new discrimination scheme for oceanic ferromanganese deposits using high field strength and rare earth elements. *Ore Geology Reviews*, 87:3-15.
- Kandemir, T. (2021). *Demirciler (Dursunbey, Balıkesir) Radyolarit-Çörtlere İlişkili Manganez Oluşumlarının jeokimyasal özellikleri* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kang, J., Zhang, Z., Zhang, D., Huang, H., Dong, S. & Zhang, S. (2011). Geochronology and Geochemistry of the Radiolarian Cherts of the Mada'er Area, Southwestern Tianshan: implications for Depositional Environment. *Acta Geologica Sinica*, 85(4), 801-813.
- Karakuş, A., Yavuz, B. & Koç, Ş. (2010). Mineralogy and Major-Trace Element Geochemistry of the Haymana Manganese Mineralizations, Ankara, Turkey. *Geochemistry International*, 48(10), 1014-1027.
- Kato, Y., Yamaguchi, K.E. & Ohmoto, H. (2006). Rare earth elements in Precambrian banded iron formations: Secular changes of Ce and Eu anomalies and evolution of atmospheric oxygen. In: S.E. Kesler, H. Ohmoto (Eds.). *Evolution of Early Earth's Atmosphere, Hydrosphere, and Biosphere-Constraints from Ore Deposits*. *Geological Society of America*, 198, 269-289.
- Kemkin, I. & Kemkina, R.A. (2020). Comparative geochemical study of the cherty rocks of the Taukha terrane (Sikhote-Alin) and its paleogeodynamic significance. *Acta Geochimica*, 39(4), 539-560.
- Kılıç, G., Aydoğan, M.S. & Kumral, M. (2018). Preliminary results of the radiolarian-chert hosted manganese deposit within the Vezirler ophiolitic mélange (Kula-Manisa, western Turkey): constraints on the origin, paleo-redox conditions, and depositional environments. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(628), 1-22.
- Klein, R. T., Lohmann, K. C. & Thayer, C. W. (1996). Sr/Ca and ¹³C/¹²C ratios in skeletal calcite of *Mytilus trossulus*: covariation with metabolic rate, salinity, and carbon isotopic composition of seawater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(21), 4207-4221.
- Koç, Ş., Özmen, Ö. & Öksüz, N. (2000). Geochemistry characteristic of Kasımağa (Keskin-Kırıkkale) manganese oxide mineralizations. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 122, 107-118.
- Kunimaru, T., Shimizu, H., Takahashi, K. & Yabuki, S. (1998). Differences in geochemical features between Permian and Triassic cherts from the southern Chichibu terrane, Southwest Japan: REE abundances, major element compositions and Sr isotope ratios. *Sedimentary Geology*, 119, 195-217.
- Kuşçu, M. & Gedikoğlu, A. (1989). Ulukent (Tavas-Denizli) güneyi manganez yataklarının jeokimyasal özellikleri. *Yerbilimcinin Sesi*, 17, 29-48.
- Lan, C., Yang, A. Y., Wang, C. & Zhao, T. (2019). Geochemistry, U-Pb zircon geochronology and Sm-Nd isotopes of the Xincai banded iron formation in the southern margin of the North China Craton: implications on Neoproterozoic seawater compositions and solute sources. *Precambrian Research*, 326, 240-257.
- Laurilla, T. E., Hannington, M. D., Petersen, S. & Garbe-Schönberg, D. (2014). Early depositional of metalliferous sediments in the Atlantis II Deep of the Red Sea: evidence from rare earth element geochemistry. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 126, 146-168.

- Lei, R-X., Zhang, K., Muhtar, M. N. & Wu, C-Z. (2020). Neoproterozoic non-glaciogenic iron formation: Insights from Fe isotope and elemental geochemistry of the Shalong iron formation from the Central Tianshan block, southern Altai. *Precambrian Research*, 351, Article 105959. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2020.105959>.
- Li, X. (2000). Geochemistry of the Late Paleozoic radiolarian cherts within the NE Jiangxi ophiolite melange and its tectonic significance. *Science in China Series D: Earth Sciences* 43(6), 617-624.
- Li, S., Yan, J., Pei, Q., Sha, J., Mou, S. & Xiao, Y. (2019). Risk Identification and Evaluation of the Long-term Supply of Manganese Mines in China Based on the VW-BGR Method. *Sustainability*, 11(9), 1-23.
- Lotfi, M., Kahrazehi, M. & Ghaderi, M. (2017). Geochemistry and origin of Dehoo manganese deposit, south Zahedan, southeastern Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(142), 1-17.
- Lu, Z. L., Ling, H. F., Zhou, F., Jiang, S.Y., Chen, X. M. & Zhou, H. Y. (2005). Variation of the Fe/Mn ratio of ferromanganese crusts from the Central North Pacific: implication for paleoclimate changes. *Progress in Natural Science*, 15, 530-537.
- Maynard, J. (2010). The chemistry of manganese ores through time: a signal of increasing diversity of earthsurface environments. *Economic Geology*, 105, 535-552.
- McLennan, S. M. (1989). Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. In: B.R. Lipin, G.A. McKay (Eds.), *Geochemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements* (pp. 168-200). *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*, Washington.
- Moix, P. & Goricán, Š. (2013). Jurassic and cretaceous radiolarian assemblages from the Bornova mélange in northern Karaburun peninsula (western Turkey) and its connection to the İzmir-Ankara mélanges. *Geodinamica Acta*, 26(1-2), 56-67.
- Morford, J. L. & Emerson, S. (1999). The geochemistry of redox sensitive trace metals in sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63(11-12), 1735-1750.
- MTA (2002). Türkiye Jeoloji Haritaları, (Ed.: M. Şenel, Düzenleyen: N. Turhan). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, Ankara Paftası.
- Murray, R.W. (1994). Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. *Sedimentary Geology*, 90, 213-232.
- Murray, R.W., Buchholtz ten Brink, M.R., Jones, D.L., Gerlach, D.C. & Russ, G.P. (1990). Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments. *Geology*, 18, 268-271.
- Murray, R. W., Buchholtz ten Brink, M.R., Gerlach, D. C., Russ, G. P. & Jones, D. L. (1991). Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California; assessing REE sources to fine-grained marine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 1875-1895.
- Murray, R. W., Jones, D. L. & Buchholtz ten Brink, M. R. (1992). Diagenetic formation of bedded chert: Evidence from chemistry of the chert-shale couplet. *Geology*, 20(3), 271-274.
- Naeher, S., Gilli, A., North, R. P., Hamann, Y. & Schubert, C. J. (2013). Tracing bottom water oxygenation with sedimentary Mn/Fe ratios in Lake Zurich, Switzerland. *Chemical Geology*, 352, 125-133.
- Nicholson, K. (1992). Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides; guides to metallogenesis. *Economic Geology*, 87, 1253-1264.
- Nicholson, K., Nayak, V. K. & Nanda, J. K. (1997). Manganese ores of the Ghoriajhor-Monmunda area, Sundergarh District, Orissa, India: geochemical evidence for a mixed Mn source. In: K. Nicholson, J.R. Hein, B. Bühn & S. Dasgupta (Eds.), *Manganese mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits*. *Geological Society London Special Publication*, 119, 117-121.
- Nothdurft, L. D., Webb, G. E. & Kamer, B. S. (2004). Rare earth element geochemistry of Late Devonian reefal carbonates, Canning Basin, Western Australia: confirmation of a seawater REE proxy in ancient limestones. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 263-283.

- Okay, A. I. (1986). High pressure/low temperature metamorphic rocks of Turkey. In: B.W. Evans, & E. H. Brown (Eds.), *Blueschists and Eclogites, Geological Society of America*, 164, 333-348.
- Okay, A.I. & Tüysüz, O. (1999). Tethyan sutures of northern Turkey. In: B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth, M. Séranne (Eds.) *The Mediterranean basins: tertiary extension within the alpine orogen. Geological Society, London, Special Publications*, 156, 475-515.
- Okay, A. I. & Göncüoğlu, M. C. (2004). The Karakaya Complex: A Review of Data and Concepts. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 13, 77-95.
- Olivarez, A. M. & Owen, R. M. (1989). REE/Fe variations in hydrothermal sediments: Implications for the REE content of seawater. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 53, 757-762.
- Owen, A., Armstrong, H. & Floyd, J. (1999). Rare earth elements in chert clast as provenance indicators in the Ordovician and Silurian of the Southern Uplands of Scotland. *Sedimentary Geology*, 124, 185-195.
- Oygür, V. (1990). Çayirli (Ankara-Haymana) Manganez Yatağının Jeolojisi, Oluşumu ve Kökeni Üzerine Görüşler. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 110, 29-43.
- Öksüz, N. (2011a). Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) manganese deposit, Turkey. *Journal of Rare Earths*, 29(3), 287-296.
- Öksüz, N. (2011b). Geochemistry and the Origin of Manganese Mineralizations in Derbent (Yozgat) Region. *Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University*, 32(3), 213-234
- Öksüz, N. & Okuyucu, N. (2014). Mineralogy, Geochemistry, and Origin of Büyükmahal Manganese Mineralization in the Artova Ophiolitic Complex, Yozgat, Turkey. *Journal of Chemistry*, 2014, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/837972>.
- Özkan, M., Çelik, Ö. F., Soyca, H., Çörtük, R. M. & Marzoli, A. (2020). The Middle Jurassic and Early Cretaceous basalt-radiolarian chert association from the Tekelidağ Mélange, eastern Izmir-Ankara-Erzincan suture zone (northern Turkey). *Cretaceous Research*, 107, 104-280.
- Öztürk, H. (1997). Manganese Deposits in Turkey: Distribution, Types and Tectonic Setting. *Ore Geology Reviews*, 12, 187-203.
- Öztürk, H. & Hein, J. R. (1997). Mineralogy and Stable Isotopes of Black Shale-Hosted Manganese Ores, Southwestern Taurides, Turkey. *Economic Geology*, 92(1), 733-744.
- Öztürk, H., Kasapçı, C., Cansu, Z. & Haniççi, N. (2016). Geochemical characteristics of iron ore deposits in central eastern Turkey: an approach to their genesis. *International Geology Review*, 58(13), 1-18.
- Öztürk, H., Kasapçı, C. & Özbaş, F. (2019). Manganese Deposits of Turkey. In: F. Pirajno, T. Ünlü, C. Dönmez & M.B. Şahin (Eds.) *Mineral Resources of Turkey* (pp. 261-282). Springer Verlag.
- Patacca, E., Scandone, P., & Giunta, G. (1979). Mesozoic paleotectonic evolution of the Ragusa zone (Southeastern Sicily). *Geologica Romana*, 18, 331-369.
- Petersen, S., Kratschell, A., Jamieson, J., Hein, J. R. & Hannington, M. D. (2016). News from the seabed – Geological characteristics and resource potential of deep-sea mineral resources. *Marine Policy*, 70, 175-187.
- Piepgras, D. J. & Jacobsen, B. (1992). The behavior of rare earth elements in seawater: precise determination of variations in the North Pacific water column. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 56, 1851-1862.
- Polgári, M., Hein, J. R., Vigh, T., Szabó-Drubina, M., Fórizs, I., Bíró, L., Müller, A. & Tóth, A.L. (2012). Microbial processes and the origin of the Úrkút manganese deposit, Hungary. *Ore Geology Reviews*, 47, 87-109.
- Robertson, A., Parlak, O., Ustaömer, T., Taşlı, K., İnan, N., Dumitrica, P. & Karaoğlan, F. (2014). Subduction, ophiolite genesis and collision history of Tethys adjacent to the Eurasian continental margin: New evidence from the Eastern Pontides, Turkey. *Geodinamica Acta*, 26, 230-293.
- Rojay, B., Altner, D., Özkan-Altner, S., Önen, A. P., James, S. & Thirlwall, M. F. (2004). Geodynamic significance of the cretaceous pillow basalts from north Anatolian Ophiolitic Mélange (Central Anatolia, Turkey): geochemical and

- paleontological constraints. *Geodinamica Acta* 17, 349-361.
- Roy, S. (1997). Genetic diversity of manganese deposition in the terrestrial geological record. In: K. Nicholson, J.R. Hein, B. Buhn & S. Dasgupta (Eds.) *Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits. Geological Society, Special Publication, London 119*, 5-27.
- Sakhno, V. G. (2008). Recent and present-day volcanism in the southern Far East [in Russian]. *Dal'nauka, Vladivostok*.
- Santantonio, M., Scrocca, D., & Lipparini, L. (2013). The Ombrina-Rospo Plateau (Apulian Platform): Evolution of a Carbonate Platform and its Margins during the Jurassic and Cretaceous. *Marine and Petroleum Geology*, 42, 4-29.
- Sarıfakıoğlu, E., Dilek, Y. & Sevin, M. (2017). New synthesis of the Izmir-Ankara-Erzincan suture zone and the Ankara mélange in northern Anatolia based on new geochemical and geochronological constraints. In: R. Sorkhabi (Ed.) *Tectonic Evolution, Collision, and Seismicity of Southwest Asia: In Honor of Manuel Berberian's Forty-Five Years of Research Contributions: Geological Society of America Special Paper*, 525.
- Sugisaki, R. (1984). Relation between chemical composition and sedimentation rate of Pacific Ocean-floor sediments deposited since the middle cretaceous: basic evidence for chemical constraints on depositional environments of ancient sediments. *The Journal of Geology*, 92(3), 235-259
- Sugisaki, R., Yamamoto, K. & Adachi, M. (1982). Triassic bedded cherts in central Japan are not pelagic. *Nature*, 298, 644-647.
- Sugitani, K., Horiuchi, Y., Adachi, M. & Sugisaki, R. (1996). Anomalously low Al_2O_3/TiO_2 ratios for Archean cherts from the Pilbara Block, Western Australia-possible evidence for extensive chemical weathering on the early earth. *Precambrian Research*, 80, 49-76.
- Şaşmaz, A., Türkyılmaz, 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.
- Şaşmaz, A., Zagnitko, V.M. & Şaşmaz, B. (2020). Major, trace and rare earth element (REE) geochemistry of the Oligocene stratiform manganese oxide-hydroxide deposits in the Nikopol, Ukraine. *Ore Geology Reviews*, 126, 103772.
- Şaşmaz, A., Şaşmaz, B., Hein, J.R. (2021). Geochemical approach to the genesis of the Oligocene-stratiform manganese-oxide deposit, Chiatura (Georgia). *Ore Geology Reviews*, 128, Article 103910. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103910>.
- Şengör, A. M. C. & Yılmaz, Y. (1981). Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Takematsu, N., Sato, Y. & Okabe, S. (1989). Factors controlling the chemical composition of marine manganese nodules and crusts: a review and synthesis. *Marine Chemistry*, 26(1), 41-56.
- Taylor, S. R. & McLennan, S. M. (1985). *The continental crust: its composition and evolution*. Blackwell, Oxford
- Tekin, U.K. (1999). Biostratigraphy and systematics of late middle to late Triassic radiolarians from the Taurus mountains and Ankara region, Turkey. *Geol Paläont Mitt. Innsbruck, Sonderband 5*: 1-296
- Tekin, U. K., Göncüoğlu, M. C. & Turhan, N. (2002). First evidence of late Carnian radiolarians from the Izmir-Ankara suture complex, Central Sakarya, Turkey: implications for the opening age of the Izmir-Ankara branch of neo-Tethys. *Geobios*, 35(1),127-135.
- Tekin, U. K., Göncüoğlu, M. C., Özkan-Altın, S. & Yalınız, M.K. (2006). Dating of Neotethyan volcanics by planktonic fauna, Bornova flysch zone, NWAnatolia (unpublished).
- Tekin, U. K. & Göncüoğlu, M. C. (2007). Discovery of oldest (late Ladinian to middle Carnian) radiolarian assemblages from the Bornova flysch zone in western Turkey: implications for the evolution of the Neotethyan Izmir-Ankara Ocean. *Ofioliti*, 32(2),131-150.
- Tekin, U. K. & Göncüoğlu, M. C. (2009). Late middle Jurassic (late Bathonianearly Callovian) radiolarian Cherts from the Neotethyan Bornova flysch zone, Spil Mountains, Western Turkey. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 17(3), 298-308.

- Toth, J. R. (1980). Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. *Geological Society of America Bulletin*, 91, 44-54.
- U.S. Geological Survey (USGS). Mineral Commodity Summaries. 2019. Available online: <https://doi.org/10.3133/70202434> (accessed on 10 May 2019).
- Usui, A. & Someya, M. (1997). Distribution and composition of marine hydrogenetic and hydrothermal manganese deposits in the northwest Pacific. In: K. Nicholson, J.R. Hein, B. Buhn, S. Dasgupta (Eds.), *Manganese Mineralization: Geochemistry and Mineralogy of Terrestrial and Marine Deposits* (pp. 177-198). Geological Society Special Publication, London.
- Üner, T. (2010). *Petrology of Eldivan and Ahlat (Cankiri) ophiolites* [Unpublished PhD Thesis]. Ankara: Hacettepe University.
- Wegorzewski, A. V. & Kuhn, T. (2014). The influence of suboxic diagenesis on the formation of manganese nodules in the Clarion Clipperton nodule belt of the Pacific Ocean. *Marine Geology*, 357, 123-138.
- Wignall, P. B. & Myers, K. J. (1988). Age and geochemistry of late Precambrian sediments of the Hammamat series from the northeastern desert of Egypt. *Journal of Geological Society, London*, 146, 213-215.
- Wonder, J. D., Spry, P. G. & 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., Schrader, H. & Holser, W. T. (1987). Paleoredox variations in ancient oceans recorded by rare earth elements in fossil apatite. *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 51(3), 631-644.
- Xie, J., Sun, W., Du, J., Xu, W. Wu, L., Yang, S. & 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.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş. C. & Şengör, A. M. C. (1997). Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: A.G. Robinson, (Ed.), *Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. American Association of Petroleum Geologists*, 68, 183-226.
- Yolsal-Çevikbilen, S., Biryol, C.K., Bech, S., Zandt, G., Taymaz, T., Adıyaman, H. E. & Özacar, A.A. (2012). 3-D crustal structure along the North Anatolian Fault Zone in north-central Anatolia revealed by local earthquake tomography. *Geophysical Journal International*, 188, 819-849.
- Zarasvandi, A., Lentz, D., Rezaei, M. & Pourkaseb, H. (2013). Genesis of the Nasirabad manganese occurrence, Fars province, Iran: geochemical evidences. *Chemie der Erde Geochemistry*, 73, 495-508.
- 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.
- Zhang, F. F., Yan, B., Guo, Y.L., Zhu, X. K., Zhou, Q. & Yang, D. Z. (2013). Precipitation from of manganese ore deposits in Gucheng, Hubei province, and its paleoenvironment implication. *Acta Geologica Sinica*, 87(2), 245-258 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, X. K., Peng, Q. Y., Zhang, R.B., An, Z. Z., Zhang, F. F., Yan, B., Li, J., Gao, Z. F., Qin, Y. & Pan, W. (2013). Geological and geochemical characteristics of the Daotuo superlarge manganese ore deposit at Songtao County in Guizhou province. *Acta Geologica Sinica* 87(9), 1335-1348 (in Chinese with English abstract).



Permeability Estimation from Stoneley Waves in Carbonate Reservoirs

Keyvan Khayer¹ , Adel Shirazy^{2*} , Aref Shirazi² , Abdolhamid Ansari³ 
Ardeshir Hezarkhani² 

¹Faculty of Mining, Petroleum & Geophysics Engineering, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

²Faculty of Mining Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

³Faculty of Mining & Metallurgical Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

• Geliş/Received: 26.07.2021

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 17.09.2021

• Kabul/Accepted: 20.09.2021

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 14.10.2021

• Baskı/Printed: 20.01.2022

Research Article/Araştırma Makalesi

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: Permeability is one of the petrophysical properties of oil and gas reservoirs and is defined as the ability of rock to transmit fluids through the porous media. After exploration of any reservoir, permeability information is necessary to optimize the well completion method, oil and gas production and field development. Permeability is determined by both direct and indirect methods. Direct methods are core analysis, well testing, and modular dynamic tester (MDT) and the indirect method is using well logging data such as nuclear magnetic resonance (NMR) and porosity. Determination of permeability from the Stoneley slowness is one of the indirect and continuous methods in the whole well-bore and has been chosen as the goal of this study. The result of this correlation has been plotted against other well logging data and there is a very good match between this result and other petrophysical properties. Due to the complex nature of permeability in carbonate reservoirs, most of the time there is not a good match between this parameter and other petrophysical properties. This study has been conducted on the data of a single well and correlation has been determined. The results show that in calculation of permeability from Stoneley waves, the effective parameters are porosity, lithology, Stoneley slowness and accuracy of the MDT tool. For more precise correlation in a reservoir or a specific geological area, more data from other wells or reservoirs are necessary.

Keywords: Carbonate reservoirs, Dipole Shear Sonic imager, permeability, stoneley waves.

INTRODUCTION

Knowledge of permeability and its distribution is critical in many aspects, such as planning and implementing completion strategies for successful water flooding programs and constructing a representative simulation model for effective reservoir management. Nowadays in industry, core analysis is considered as the most representative permeability tool for micro scale characterization, and well test acquisition is considered as the most representative method to measure permeability for entire reservoir modeling (Burchette, 2012). Core analysis is not

possible unless coring a representative sample during or after the drilling operation. In addition, if there is large scale heterogeneity, like in carbonate reservoirs, then a core sample might represent the only local variation. In a carbonate reservoir, high permeability thin streaks might exist, which will be masked by the overall permeability seen through the testing operation. In addition, both coring and testing wells are not performed in every well in a field.

Since logs are generally performed in every well, several empirical attempts were made to utilize the available log data to estimate

* Correspondence / Yazışma: adel.shirazy@aut.ac.ir

permeability. In 1927, Kozeny proposed an equation which related measurable rock properties to permeability that was modified by Carman (Ren et al., 2016). In 1968, based on laboratory studies of 155 sandstone cores from different US oil fields, Timur (1968) proposed a slightly different relationship that was used by the entire oil industry. Neasham (1977) studied the impact of clay on the porosity-permeability relationship in sandstones. In order to measure rock permeability by acoustic logs, the relation between permeability and borehole acoustic waves has been studied both theoretically and experimentally over the past several decades. Rosenbaum (1974) simulated acoustic logs in a porous formation by applying Biot's poroelastic wave theory (Biot, 1962) and found a relationship between permeability and the borehole Stoneley wave (Guan, et al., 2013). This model is therefore termed as the Biot-Rosenbaum model (Tang & Cheng, 1996). From acoustic logging data, Williams et al. (1984) also recognized that the velocity and the attenuation of the Stoneley wave are related to formation permeability (Zemanek et al., 1984). Then Tang and Cheng (1996) proposed a fast inversion method to determine formation permeability from Stoneley wave logs (Tang & Cheng, 1996). Brie et al. (2000) proposed an equation that the Stoneley slowness in a nonpermeable zone can be calculated (Abbott et al., 2000). Al-Adani & Barati (2003) studied the effect of permeability on Stoneley slowness. They presented Stoneley slowness around the borehole divided into Stoneley slowness in nonpermeable and permeable zones. Hadavandand and Moradzadeh (2007) used Al-Adani's method in sandstone reservoirs and showed that this method is useable in carbonate and sandstone reservoirs (Al-Adani & Al-Khatib, 2008). Mosalman-Nejad (2008) compared the permeability obtained from Stoneley waves with permeability obtained from NMR (nuclear magnetic resonance) and showed that the result of Stoneley waves has more similarities with core

analysis (Jafari et al., 2012). Sun et al. in 2012 studied the full spectrum of sonic waves and examined permeability associated with each type of sonic waves (Sun & Han, 2012). They found that the variation in speed and the extent of slowness in a Stoneley wave is more related to permeability. Guan et al. (2013) investigated Stoneley waves in water saturated pores and obtained a continuous log that showed the permeability changes around a borehole (Guan et al., 2013; Shirazy et al., 2020a & b). Permeability is one of the indicators that can be checked using remote sensing (Shirazi et al., 2018a, b, c, d, & e). It can also be used to study mineral processing (Doodran et al., 2020; Khakmardan et al., 2020; Shirazy et al., 2020a & b; Shirazy et al., 2021a & b).

The aim of this study is to obtain a continuous graph of permeability changes throughout the reservoir formation. For this purpose, using acetone waves and mathematical relations, the permeability value was calculated continuously throughout the formation. The values obtained were also compared with the values measured by the MDT tool.

METHODOLOGY

The subject of the study is wave-based permeability in carbonate reservoirs. When boreholes are drilled in permeable areas, the movement of liquids in that area increases, which slows down and dampens the wave. In fact, what reflects the wave in the rock is the strong impedance contrasts that appear as Chevron patterns in the variable density log (VDL) display (Ahmed et al., 1991; Brie et al., 2000).

As mentioned above, because the slowness of Stoneley waves is affected by dynamic processes between the borehole and formations, this factor is a qualitative indicator of permeability variation in the whole well-bore. After plotting Stoneley slowness against permeability (MDT

permeability) data, and calibration of this data with available permeability, this qualitative indicator is converted to a quantitative relationship between permeability and Stoneley slowness (Equation1):

$$K = \frac{DT_{st} - DT_{st \text{ non-permeable}}}{\sum_{i=1}^n m_i v_i} \quad (1)$$

where DT_{st} is total Stoneley slowness time, $DT_{st \text{ non-permeable}}$ is Stoneley slowness time in a non-permeable zone, and n is the porosity factor necessary to be determined in each reservoir or single well individually. M is $\sum m_i v_i$ where v_i is the fraction volume of different lithologies (from petrophysical analysis) and m_i is determined by solving a system of two equations that are represented in Equation 2. This equation can determine the accordance factor between Stoneley slowness and the variation of lithology in the formation. (In Equation 2, two types of lithology are assumed, illite and calcite.):

$$\begin{cases} V_{ill} m_{ill} + V_{clc} m_{clc} = M_{oil \text{ zone}} \\ V_{ill} m_{ill} + V_{clc} m_{clc} = M_{water \text{ zone}} \end{cases} \quad (2)$$

where m_{ill} is the accordance factor between Stoneley slowness and illite, m_{clc} is the accordance factor between Stoneley slowness and calcite, V_{ill} is the average volume of illite in each zone, V_{clc} is the average volume of calcite in each zone, and $M_{oil \text{ zone}}$ and $M_{water \text{ zone}}$ are the accordance factors in the oil zone and water zone, respectively.

Stoneley slowness in a non-permeable zone is calculated by using the expression in Equation 3:

$$Dt_{st \text{ non-permeable}}^2 = \frac{\rho_m}{\rho_b} (Dt_{sh})^2 + Dt_{bf}^2 \quad (3)$$

$Dt_{st \text{ non-permeable}}$ is the slowness in a non-permeable zone.

ρ_b is the bulk density of the rock.

Dt_{bf} is the borehole fluid (mud) slowness.

ρ_m is the density mud.

Dt_{sh} is the shear slowness of the rock.

The difference between $Dt_{st \text{ non-permeable}}$ and Dt_{st} indicates the fluid mobility indicator. By cross plotting $Dt_{st \text{ non-permeable}}$ versus $\frac{Dt_{sh}}{\rho_b}$ across non-permeable zones, the slope of the straight line is $\frac{\rho_b}{\rho_m}$ and the y-intercept is Dt_{bf}^2 .

There is one condition in such a linear fit; that all data on the cross plot should be above or on the fit line. According to Equation 4, by determining Dt_{bf}^2 , then $Dt_{st \text{ non-permeable}}$ can be calculated around the borehole:

$$Dt_{st} = Dt_{st \text{ non-permeable}} + Dt_p \quad (4)$$

DATA

In this study, the aim is to determine the permeability by Stoneley waves in one of the carbonate reservoirs in the south of Iran. The Fahlian formation is the main reservoir rock of this field, having about 500 meters of carbonate deposits, a gradual boundary over the Garou formation, and a discontinuous boundary under the Gadvan formation. In this study, the Resistivity, SGR, NPHI, Sonic logs and MDT test were acquired. Firstly, the petrophysical analysis was carried out using IP software (Interactive Petrophysics). The petrophysical parameters were determined and are shown in Figure 1. The clay mineral type could not be identified accurately due to the very low concentration of clay in the study zone. Illite was assumed as the main clay mineral in this formation.

RESULTS and DISCUSSION

First, the calibration factor was determined in each oil and water zone by cross plotting MDT permeability versus DT_{st} . The slope of the straight line represents the calibration factor. Figures 2 and 3 show these cross plots in the oil and water zone, respectively.

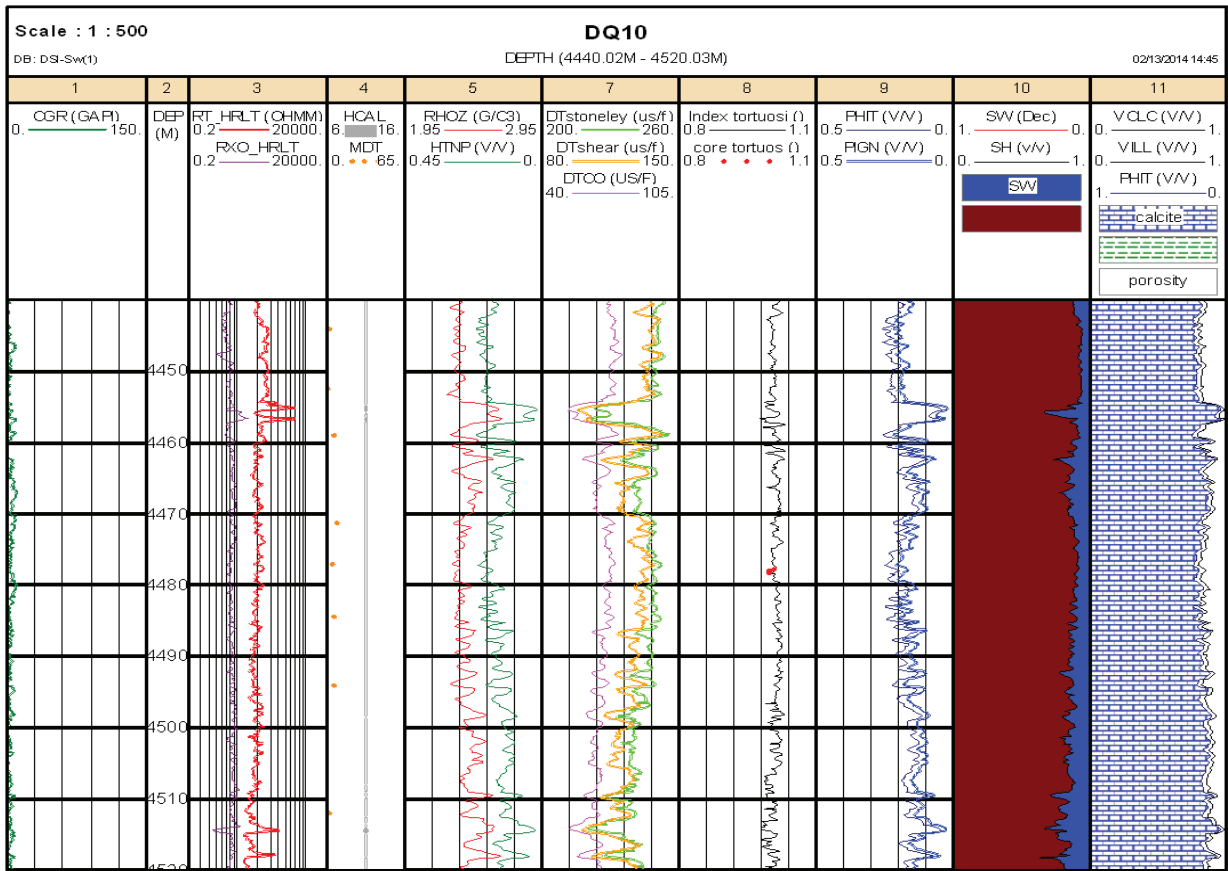


Figure 1. Petrophysical logs in studied well.

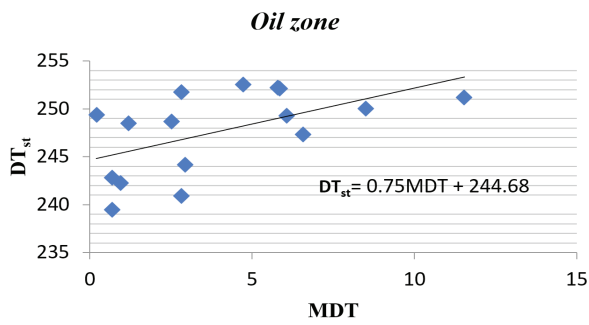


Figure 2. Cross plot of MDT versus DT_{st} in oil zone.

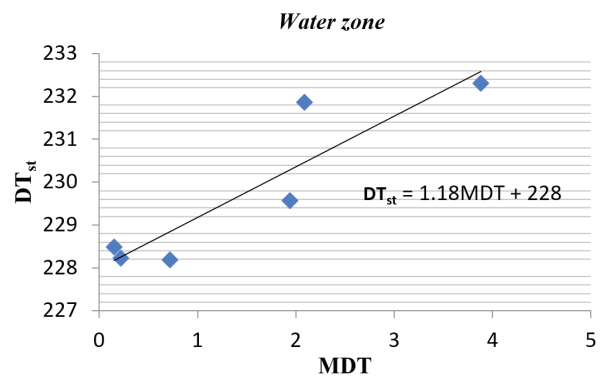


Figure 3. Cross plot of MDT versus DT_{st} in water zone.

As shown in the figures, the calibration factor in the oil zone is equal to 0.75 and in water zone it is equal to 1.18.

From Equation 2 the m_{oil} equals 85.213, and m_{water} equals 0.347 from Equation 5.

$$\begin{cases} 0.00525m_{oil} + 0.8746m_{water} = 0.75 \\ 0.01m_{oil} + 0.9325m_{water} = 1.18 \end{cases} \quad (5)$$

Now the Stoneley slowness in non-permeable zone has been calculated by Equation 3 and 4, then by using Equation 1, the continuous quantitative permeability along the bore-hole can be calculated. The generated permeability log with Stoneley slowness measured by the DSI tool is shown in column 9 of Figure 4. The red point on the log refers to MDT permeability. There is a good fit between the generated log and MDT permeability (Figure 5), equal to 89%.

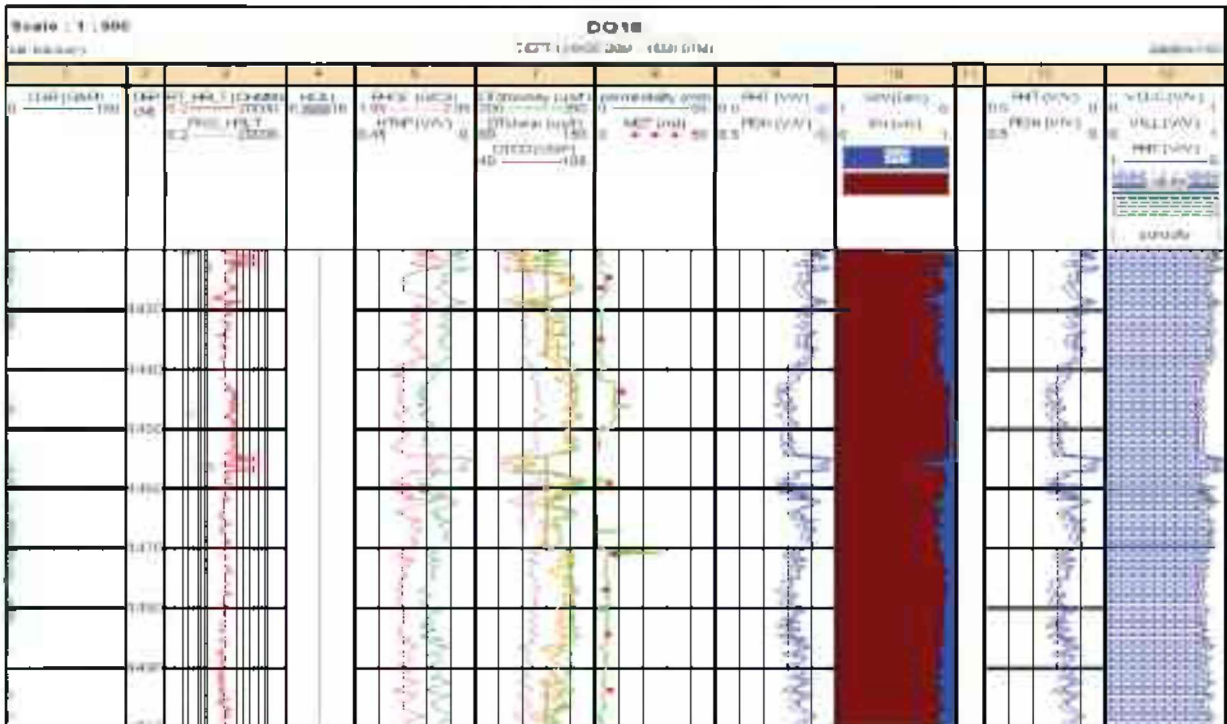


Figure 4. Generated permeability log by Stoneley slowness in column 7. The red points are MDT permeability

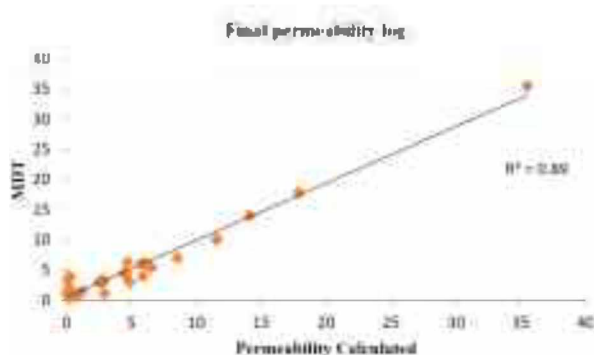


Figure 5. Good match between calculated values and MDT (mD).

CONCLUSION

The main advantage of using Stoneley waves in estimating permeability is by providing a continuous log of permeability changes through the borehole without using core data, which are obtained by recording the intrinsic properties of Stoneley waves influenced by permeability and by quantifying the relation between these waves and permeability. In order to calculate an accurate value of permeability by this method, it is

necessary to consider all parameters which affect permeability.

Results show that one of the effective parameters in this method is the slowness of Stoneley waves in a rock matrix. If the values of this parameter are not accurate enough, the values of the calculated permeability cannot be sufficiently precise. In this study, we used advanced sonic technology to determine permeability in a prolific oil reservoir in one of the carbonate reservoirs in southern Iran. The advanced sonic technology method uses Stoneley wave analysis, in which the input parameters are calibrated with the MDT data. Accordingly, the result of this correlation was plotted against other well logging data and there is a very good match between this result and other petrophysical properties. Due to complex nature of permeability in carbonate reservoirs, there is generally not a good match among the parameters of the cementation coefficient and the porosity and tortuosity coefficients in comparison with other permeability calculation methods, such as artificial neural networks.

This study has been conducted on the data of a single well and a certain correlation has been determined. For more precise correlation in a reservoir or specific geological area, more data is required, such as more wells from which the DSI chart is prepared, or the FMI log.

ORCID

Keyvan Khayer  <https://orcid.org/0000-0002-7613-1707>

Adel Shirazy  <https://orcid.org/0000-0001-7756-3205>

Aref Shirazi  <https://orcid.org/0000-0001-7623-301X>

Abdolhamid Ansari  <https://orcid.org/0000-0003-4777-4065>

Ardeshir Hezarkhani  <https://orcid.org/0000-0002-1149-3440>

REFERENCES

- Abbott, B., Abolins, M., Abramov, V., Acharya, B., Adams, D., Adams, M. & Anderson, E. (2000). The bb production cross section and angular correlations in pp collisions at $s=1.8$ TeV. *Physics Letters B*, 487(3-4), 264-272. [https://doi.org/10.1016/S0370-2693\(00\)00844-3](https://doi.org/10.1016/S0370-2693(00)00844-3)
- Ahmed, U., Crary, S. & Coates, G. (1991). Permeability estimation: the various sources and their interrelationships. *Journal of Petroleum Technology*, 43(05), 578-587.
- Al-Adani, N. & Al-Khatib, H. (2008). The Identification of Natural Fractures in Inclined Highly Fractured Formation. *2008 CSPG CSEG CWLS Convention, Calgary, Canada*, May 12-15, 2008.
- Al-Adani, N. & Barati, A. (2003). New hydraulic unit permeability approach with DSI. *SPWLA 9th Formation Evaluation Symposium of Japan* (pp. 25-26).
- Biot, M. A. (1962). Mechanics of deformation and acoustic propagation in porous media. *Journal of Applied Physics*, 33(4), 1482-1498.
- Burchette, T. P. (2012). Carbonate rocks and petroleum reservoirs: a geological perspective from the industry. *Geological Society, London, Special Publications*, 370(1), 17-37.
- Brie, A., Endo, T., Johnson, D. & Pampuri, F. (2000). Quantitative formation permeability evaluation from Stoneley waves. *SPE Reservoir Evaluation & Engineering*, 3(02), 109-117.
- Doodran, R. J., Khakmardan, S., Shirazi, A. & Shirazy, A. (2020). Minimalization of Ash from Iranian Gilsonite by Froth Flotation. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*, 9(1), 1-13.
- Guan, W., Hu, H. & Wang, Z. (2013). Permeability inversion from low-frequency seismoelectric logs in fluid-saturated porous formations. *Geophysical Prospecting*, 61(1), 120-133.
- Hodavand, M. & Moradzadeh, A., (2007). *Estimation of reservoir permeability by studying Stoneley waves* [Master's Thesis]. Shahrood University of Technology, Iran
- Jafari, S., Mashohor S., Ramli A. R., & Marhaban M. H. (2012). Expert Pruning Based on Genetic Algorithm in Regression Problems. In: J.S. Pan, S. M.Chen & Nguyen N.T. (Eds.), *Intelligent Information and Database Systems. ACIIDS 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7198*. Springer, Berlin, Heidelberg.

- Khakmardan, S., Doodran, R. J., Shirazy, A., Shirazi, A. & Mozaffari, E. (2020). Evaluation of Chromite Recovery from Shaking Table Tailings by Magnetic Separation Method. *Open Journal of Geology*, 10(12), 1153-1163.
- Khakmardan, S., Shirazi, A., Shirazy, A. & Hosseingholi, H. (2018). Copper oxide ore leaching ability and cementation behavior, mesgaran deposit in Iran. *Open Journal of Geology*, 8(09), 841.
- Mosalman-nejad, H., Rezaei, M., Dehghanzadeh, M. (2008), Quantitative permeability evaluation using acoustic waves and comparison with permeability from NMR and core analysis (Kangan Formation in South Pars field). *The first congress of Iranian Petroleum Engineering*. 106-122
- Neasham, J. W. (1977). The morphology of dispersed clay in sandstone reservoirs and its effect on sandstone shaliness, pore space and fluid flow properties. *52nd Annual Fall Technical Conference and Exhibition of the Society of Petroleum Engineers of AIME, Denver, Colorado*.
- Ren, X., Zhao, Y., Deng, Q., Kang, J., Li, D. & Wang, D. (2016). A relation of hydraulic conductivity—void ratio for soils based on Kozeny-Carman equation. *Engineering Geology*, 213, 89-97.
- Rosenbaum, J. H. (1974). Synthetic microseismograms: Logging in porous formations. *Geophysics*, 39(1), 14-32.
- Shirazi, A., Hezarkhani, A. & Shirazy, A., (2018a). Exploration Geochemistry Data-Application for Cu Anomaly Separation Based On Classical and Modern Statistical Methods in South Khorasan, Iran. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7, 39-44.
- Shirazi, A., Hezarkhani, A. & Shirazy, A., (2018b). Remote sensing studies for mapping of iron oxide regions, South of Kerman, Iran. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(4), 45-51.
- Shirazi, A., Shirazy, A. & Karami, J. (2018c). Remote sensing to identify copper alterations and promising regions, Sarbishe, South Khorasan, Iran. *International Journal of Geology and Earth Sciences*, 4(2), 36-52.
- Shirazi, A., Shirazy, A., Saki, S. & Hezarkhani, A. (2018d). Geostatistics studies and geochemical modeling based on core data, sheytoor iron deposit, Iran. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 6, 124-133.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Heidarlaki, S. & Ziiai, M. (2018e). Exploratory Remote Sensing Studies to Determine the Mineralization Zones around the Zarshuran Gold Mine. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(9), 274-279.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Ferdossi, M. H. & Ziiai, M. (2019). Geochemical and geostatistical studies for estimating gold grade in tarq prospect area by k-means clustering method. *Open Journal of Geology*, 9(6), 306-326.
- Shirazy, A., Ziiai, M. & Hezarkhani, A. (2020a). Geochemical Behavior Investigation Based on K-means and Artificial Neural Network Prediction for Copper, in Kivi region, Ardabil province, IRAN. *Iranian Journal of Mining Engineering*, 14(45), 96-112.
- Shirazy, A., Ziiai, M., Hezarkhani, A. & Timkin, T. (2020b). Geostatistical and remote sensing studies to identify high metallogenic potential regions in the Kivi area of Iran. *Minerals*, 10(10), 869.
- Shirazy, A., Shirazy, A. & Nazerian, H. (2021a). Application of Remote Sensing in Earth Sciences—A Review. *International Journal of Science and Engineering Applications* 10(5), 45-51.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Nazerian, H., & Khayer, K. (2021b). Geophysical study: Estimation of deposit depth using gravimetric data and Euler method (Jalalabad iron mine, kerman province of IRAN). *Open Journal of Geology*, 11, 340-355.
- Sun, Y. & Han, J. (2012), Mining heterogeneous information networks: principles and methodologies. *Synthesis Lectures on Data Mining and Knowledge Discovery*, 3(2), 1-159.
- Tang, X. & Cheng, C.-H. (1996). Fast inversion of formation permeability from Stoneley wave logs using a simplified Biot-Rosenbaum model. *Geophysics*, 61(3), 639-645.
- Timur, A. (1968). An investigation of permeability, porosity, & residual water saturation relationships for sandstone reservoirs. *The Log Analyst*, 9, 3-5.

Williams, J. R., Jones, C. A. & Dyke, P. T. (1984).
A modeling approach to determining the
relationship between erosion and soil productivity.
Transactions of the ASAE, 27(1), 129-0144.

Zemanek, J., Angona, F., Williams, D. & Caldwell, R. L.
(1984). Continuous acoustic shear wave logging.
SPWLA 25th Annual Logging Symposium.



**Hovgaard ve Horseshoe Adaları (Antarktika Yarımadası)
Çevresindeki Güncel Denizel Ostrakodlar (Crustacea)**

Recent Marine Ostracods (Crustacea) around Hovgaard and Horseshoe Islands (Antarctica Peninsula)

Atike Nazik*¹, Yeşim Büyükmeriç², Ali Murat Kılıç³, Zeki Ünal Yümün⁴

¹ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sarıçam, Adana/Türkiye

² Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
İncivez/Zonguldak /Türkiye

³ Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Balıkesir/Türkiye

⁴ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,
Süleymanpaşa/Tekirdağ/Türkiye

• Geliş/Received: 29.09.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 10.11.2021 • Kabul/Accepted: 19.11.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 12.01.2022 • Baskı/Printed: 20.01.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Antarktika Kıtası'nın kuzeybatısında gerçekleştirilen II. Türk Antarktika Sefereri (TAE-II) rotası üzerinde King George ve Horseshoe adaları arasında, -20 ile -60 m derinliklerde yedi ayrı lokasyondan 12 adet keçe numunesi alınmıştır. Derlenen örnekler, yeşilimsi gri renkli siltli kil ve ince kumlu silt, kahverengimsi gri renkli, ince çakıl taneleri içeren kumlu siltli kil birimlerinden oluşmaktadır.

Hovgaard ve Horseshoe adaları örneklerinde ostrakodlardan altı cins ve altı tür tanımlanmıştır: *Copytus caligula* Skogsberg, *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale), *Australicythere devexa* (Müller), *Cativella bensoni* Neale, *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann ve *Loxoreticulatum fallax* (Müller). Bulunan türler kriyofilik endemik ostrakodlardır. Faunal göçleri temsil eden türlerden, Antarktika'dan Güney Amerika'ya göç eden *Austrotrachyleberis antarctica* ile Güney Amerika'dan Antarktika'ya göç eden *Cativella bensoni* türlerinin inceleme alanında varlığı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Antarktika, güncel, Ostrakod, zoocoğrafya.

Abstract: On the route of the II Turkish Antarctic Expedition (TAE-II) in the NW of the continent of Antarctica, twelve grab sediment samples were collected from seven different locations at depths of -20 and -60 m between King George and Horseshoe islands in NW Antarctica. The collected samples consist of greenish gray silty clay and fine sandy silt, as well as brownish gray sandy silty clay units containing fine gravel grains.

In the Hovgaard and Horseshoe islands, six genera and six species of ostracods were identified: *Copytus caligula* Skogsberg, *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale), *Australicythere devexa* (Müller), *Cativella bensoni* Neale, *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann and *Loxoreticulatum fallax* (Müller). The species are cryophilic endemic ostracods. When the fossil and current findings are compared, *Austrotrachyleberis antarctica*, which has been known since the Oligocene, migrated from Antarctica to South America and *Cativella bensoni* migrated from South America to Antarctica.

Keywords: Antarctica, Ostracod, Recent, zoogeography.

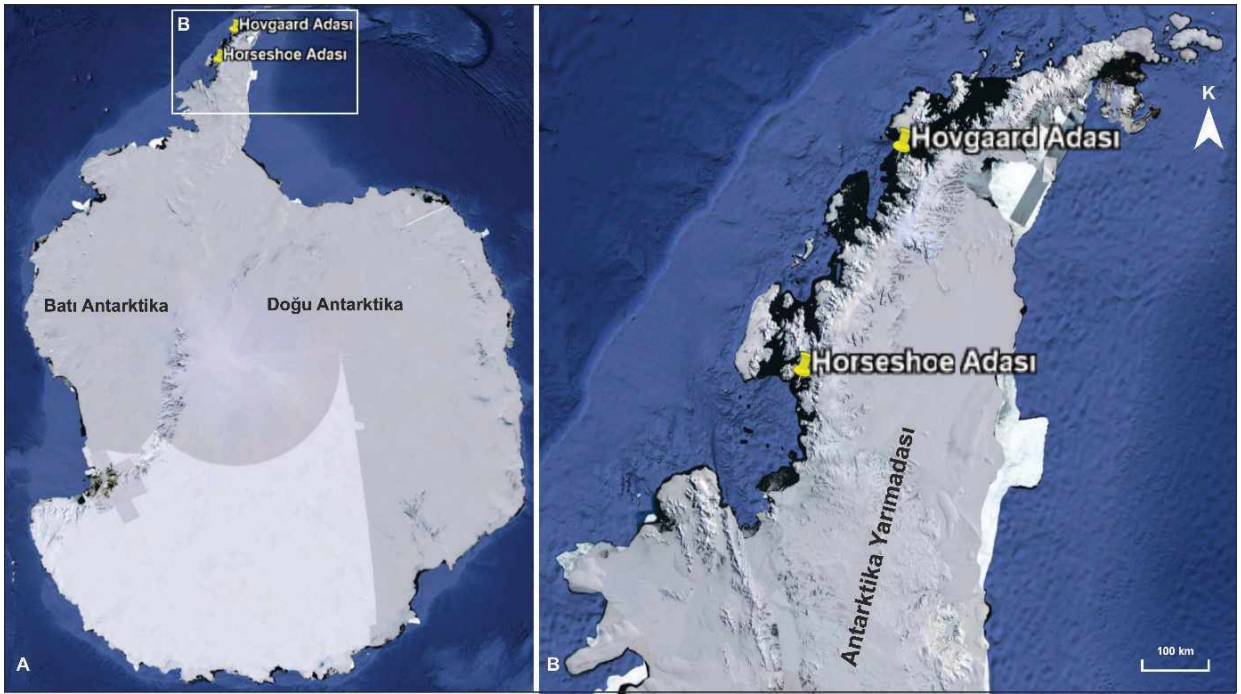
GİRİŞ

Bu çalışma, T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi koordinasyonunca desteklenen “Antarktika Yarımadasının Kuvaterner ve Daha Yaşlı Birimlerinin Stratigrafik Tarihçesi” başlıklı projenin ostrakodları ile ilgili olan kısmını kapsamaktadır. Proje kapsamında elde edilen bazı bulgular bildiri olarak sunulmuştur (Kılıç vd., 2018; Büyükmeriç vd. 2019, 2021; Nazik vd. 2021).

Antarktika Kıtası, Transantarktik Dağları ile ayrılan Doğu Antarktika ve Batı Antarktika

olmak üzere iki tektonik bölgeden oluşur. Bugün buzullarla kaplı olan Doğu ve Batı Antarktika, jeolojileri açısından birbirinden oldukça farklıdır. Doğu Antarktika bölümü, metamorfik kayaların hakim olduğu Prekambriyen yaşlı kraton ve üzerindeki Paleozoyik-Erken Senozoyik tortul kayalarından oluşur. Batı Antarktika ise tersine, sadece son 500 milyon yılı temsil eden kayalardan oluşmaktadır (<https://www.swisseduc.ch/glaciers/antarctic/geology/index-en.html>).

İnceleme alanı, Antarktika Yarımadası'nın batısında yer alan Horseshoe Adası (Lystad Koyu) ve Hovgaard Adası çevresidir (Şekil 1).



Şekil 1. Yer bulduru haritası. **A)** Antarktika Kıtası genel görünümü, **B)** Antarktika Yarımadası'nda yer alan Horseshoe (Enlem: 67°51'0,01”G; Boylam: 67°12'0,05”B) ve Hovgaard adaları (Enlem: 65°7'0,00”G; Boylam: 64°4'0,07”B).

Figure 1. Location map. **A)** General view of Antarctic Continent, **B)** Horseshoe (Latitude: 67°51'0,01”S; Longitude: 67°12'0,05”W) and Hovgaard (Latitude: 65°7'0,00”S; Longitude: 64°4'0,07”W) islands located on the Antarctic Peninsula.

Antarktika çevresinde denizel alanlarda bentik ostrakodlarının incelenmesi, 19. yüzyılda HMS Challenger'ın dünya çapındaki keşif gezisi sırasında ve ardından bir dizi ulusal Antarktika seferi (örneğin Belçikalı, İngiliz, Fransız, Alman, İskoç) kapsamında toplanan örneklerle başlamıştır. 20. yüzyılın ortalarında, çoğunlukla belirli taksonlar (örneğin, *Pontocypria* Müller 1894) veya belirli bölgelerdeki faunalar (örn. McMurdo Boğazı, Halley Körfezi) ile oşinografik keşifler üzerine yapılan bir dizi çalışma ile ikinci bir araştırma aşamasına geçildiği belirtilmektedir (Brando ve Dingle, 2014). Özellikle iki araştırmacı, Gerd Hartmann ve Louis Kornicker, Güney Okyanusu için tanımlama kılavuzları üreterek taksonomik bilgimize büyük katkıda bulunmuşlardır (Kornicker, 1970, 1971 ve 1975; Hartmann, 1986, 1987, 1988, 1989a, b, 1990 ve 1992). Halen, ostrakodların paleoekolojisi ve paleobiyocoğrafyası ile Güney Okyanusu'nun paleoşinografik, paleoçevresel ve paleoklimatik tarihçeleri, mostralardan, uzun deniz korlarından veya derin deniz projeleri (DSDP-Deep Sea Drilling Project / ODP-Ocean Drilling Program) sondaj karotlarından toplanan ostrakod örnekleri kullanılarak kapsamlı bir şekilde araştırılmaktadır (Brando ve Dingle, 2014).

1920'lerden sonra yapılan çalışmalar dikkate alınarak Brando ve Dingle (2014) tarafından güncel ostrakod türlerinin Güney Okyanusu'ndaki coğrafik dağılımı ile ilgili bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada amaç, Horseshoe Adası (Lystad Koyu) ve Hovgaard Adası çevresindeki denizel alandan alınan dip sediment örneklerinde bulunan ostrakod içeriğini belirlemek ve bulunan türlerin Güney Okyanusta yapılan önceki çalışmalarla karşılaştırılarak benzerlik ve farklılıklarını ortaya koymaktır.

MATERYAL ve METOD

TAE-II rotası üzerinde Antarktika koşullarında örnek almaya uygun olan toplam yedi ayrı lokaliteden (King George, Horseshoe, Calmette, Videla, Hovgaard, Nansen ve Deception adaları) 12 adet örnek alınmıştır. Bu örnekler gemiden veya Zodyak bot yardımıyla deniz tabanından kepçe örnekleme yöntemiyle derlenen dip sedimanlarıdır (Kılıç vd. 2018, Şekil 2). Örnekleme çalışmaları projeyi temsilen sefere katılan Doç. Dr. Ali Murat KILIÇ tarafından gerçekleştirilmiştir. Örnekler -20 ile -60 m derinliklerden alınmış olup, yeşilimsi gri renkli siltli kil ve ince kumlu silt, kahverengimsi gri renkli, ince çakıl taneleri içeren kumlu, siltli kil birimlerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, üç örnekte (HOQ-1801, HIQ-1801 ve HIQ-1803) ostrakodlar bulunmuş ve incelenmiştir (Çizelge 1).

Örnekler, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında standart yaş elek analizi (2 mm, 125µm ve 63 µm) yapılarak incelemeye hazırlanmıştır. Stereomikroskop altında sedimanlar içinden ostrakodlar ayıklanmıştır. Ostrakodların cins ve tür tayinleri Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Ostrakod cins ve tür tayinlerinde Müller (1908), Neale (1967), Hartmann (1992), Majewski ve Olempska (2005), Yasuhara vd. (2007), Brandão ve Dingle (2014), Brandão vd. (2016) yayınlarından ve "Antarktika Deniz Türlerinin Kaydı" çevrimiçi veri tabanından (De Broyer vd. 2021) yararlanılmıştır.

Ostrakodların Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) fotoğrafları Çukurova Üniversitesi, Merkezi Araştırma Laboratuvarında (ÇÜMERLAB) çekilmiştir. Fotoğraflanan cins ve türler Ç.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümünde bulunmaktadır.



Şekil 2. Örneklemeye çalışmaları. **a)** Antarctic Warrior Gemisinin zodyak botu, **b)** Araştırma ekibinin çalışmaları, **c)** Çalışılan suların genel görünümü (Kılıç vd. 2018).

Figure 2. Sampling studies. **a)** Zodiac boat of the Antarctic Warrior Ship, **b)** Studies of the research team, **c)** General view of the studied waters (Kılıç et al. 2018).

Çizelge 1. İncelenen örnekler hakkında bilgiler.

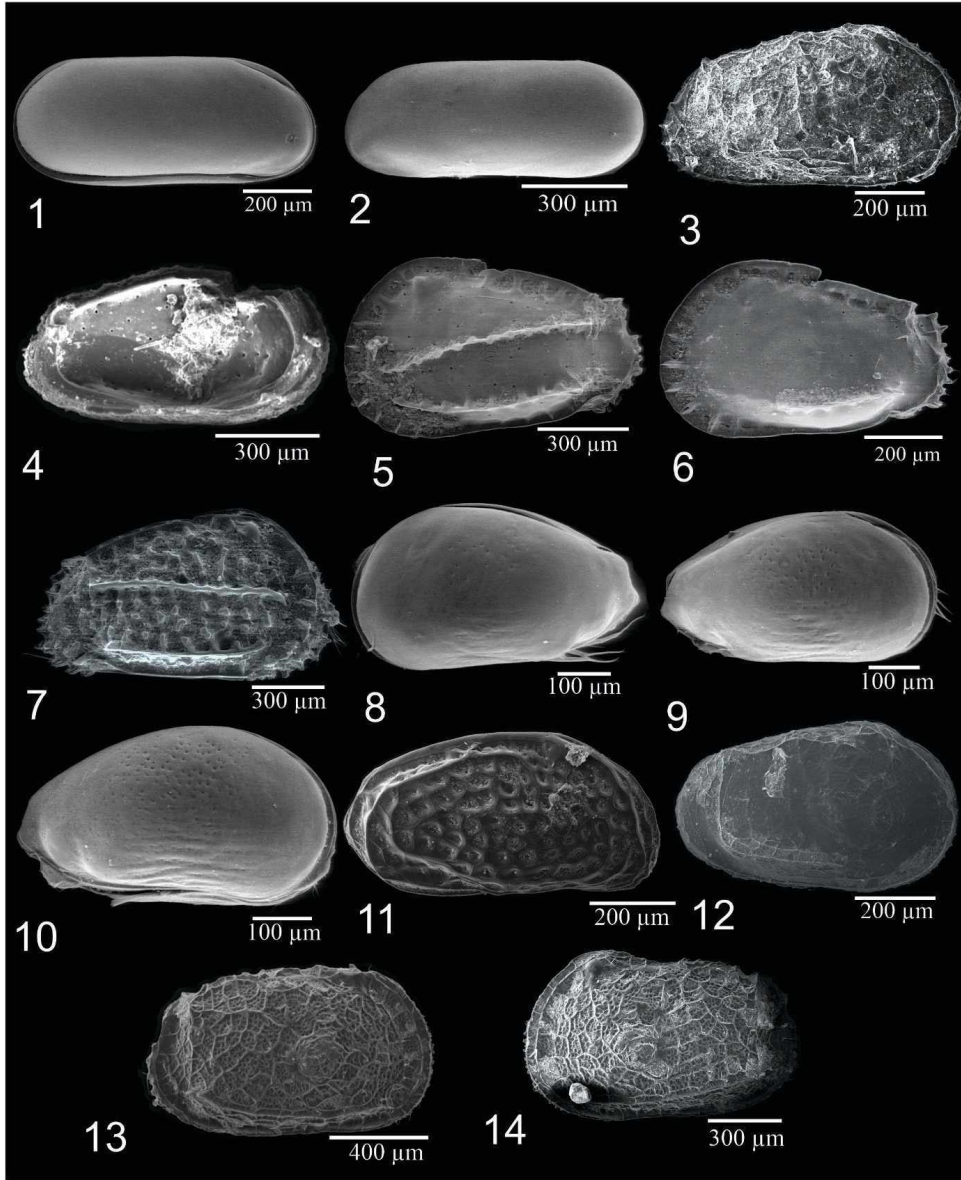
Table 1. The information about examined samples.

	Örnek Numarası / Sample Number	Lokasyon / Location	Koordinat / Coordinates	Derinlik / Depth (-m)
5.04.2018	HOQ-1801	Hovgaard Adası Kuzeyi	65°06.347S/64°04.433W	~60 m
27.03.2018	HIQ-1801	Horseshoe Adası (Lystad Koyu)	67°50.522S/67°19.699W	49 m
27.03.2018	HIQ-1803	Horseshoe Adası (Lystad Koyu)	67°50.989S/67°16.726W	~24 m

OSTRAKOD BULGULARI

Ostrakodlar, Neocytherideidae familyasından *Copypus caligula* Skogsberg, 1939; Trachyleberididae familyasından *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967) ve *Cativella bensoni* Neale, 1967; Cytheruridae familyasından *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann, 1986 ve *Loxoreticulatum fallax* (Müller, 1908) ile Hemicytheridae familyasından

Australicythere devexa (Müller, 1908) olmak üzere altı cins ve altı tür olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Bulunan ostrakodlar %30-35 arasındaki tuzlulukta yaşayabilen türlerdir (<https://obis.org/taxon/504095>). Bu türlerin özellikleri, kronostratigrafik ve paleobiyocoğrafik dağılımları aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır. Bu çalışmada, Hovgaard Adası kuzeyi, ~60 m derinlikte *Loxoreticulatum fallax*, diğer türler ise Horseshoe Adası 49 m’de bulunmuştur.



Şekil 3. 1-2. *Copytus caligula* Skogsberg, 1939, 1-Kabuk sağ dış görünüm, HIQ-1801, 2. Kabuk sol dış görünüm, HIQ-1803. 3-4. *Australicythere devexa* (Müller, 1908), 3. Sağ kapak, dış görünüm, 4. Sol kapak iç görünüm, HIQ-1801. 5-7. *Cativella bensoni* Neale, 1967, 5-6. Kabuk sol dış görünüm, juvenil, 7. Kabuk sağ dış görünüm, HIQ-1801. 8-10. *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann, 1986, 8. Kabuk sol dış görünüm, 9-10. Kabuk sağ dış görünüm, HIQ-1803. 11. *Loxoreticulatum fallax* (Müller, 1908), sağ kapak dış görünüm, H0Q-1801. 12-14. *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967), 12-13. Sağ kapak dış görünüm, 14. Sol kapak dış görünüm, HIQ-1801.

Figure 3. 1-2. *Copytus caligula* Skogsberg, 1939, 1. Carapace right external view, HIQ-1801, 2. Carapace left external view, HIQ-1803. 3-4. *Australicythere devexa* (Müller, 1908), 3. Right valve external view, 4. Left valve internal view, HIQ-1801. 5-7. *Cativella bensoni* Neale, 1967, 5-6. Carapace left external view, juvenile, 7. Carapace right external view, HIQ-1801. 8-10. *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann, 1986, 8. Carapace left external view, 9-10. Carapace right external view, HIQ-1803. 11. *Loxoreticulatum fallax* (Müller, 1908), right valve external view, H0Q-1801. 12-14. *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967), 12-13. Right valve external view, 14. Left valve external view, HIQ-1801.

***Copytus caligula* Skogsberg, 1939**

Copytus caligula ilk olarak Güney Atlantik'te Güney Georgia adası civarında tanımlanmış (Skogsberg, 1939) olup, Admiralty Körfezi, King George Adası, Batı Antarktika (Majewski ve Olempska, 2005), Antarktika Yarımadası'nın Elephant Adası (Hartmann, 1986, 1990, 1992) ve Cockburn Adası'nda (Szczechura ve Blaszyk, 1996) bulunmuştur. Bu tür, deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 25 °C'a kadar bulunabilmekte ancak, -5 ile 5 °C arasında fert sayısı daha bol olarak gözlenmektedir (<https://obis.org/taxon/391240>). Pliyosen-Güncel yaş aralığında yayılım göstermektedir.

***Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967)**

Austrotrachyleberis antarctica, ilk olarak *Cythere cristatella* Brady, 1880 olarak Chapman (1919) tarafından ~67°S ve ~94-140°E'da kaydedildi. Neale (1967)'de *Robertsonites antarctica* yeni tür olarak Halley Körfezi'nde tanımlanmıştır. Daha sonra Hartmann (1988) tarafından Güney Georgia'da, Hartmann (1992) tarafından Elephant Adası ile Antarktika Yarımadası çevresindeki sularda ve Hartmann (1997) tarafından ise Kuzey Antarktika Yarımadası'nın çeşitli kesimlerinde bulmuştur. Whatley vd. (1996) Şili'nin güneyindeki Macellan Boğazı bölgesinde derlediği *A. antarctica* formlarını *Abyssocythere* cinsine dahil etmiştir. *Abyssocythere antarctica* (Neal, 1967), *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967) olarak kabul edilmiştir (Brandão vd., 2016; <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=391251>). Bu tür, Oligosen-Güncel yaşlıdır. Antarktika'dan Güney Amerika'ya göç ettiği belirtilmektedir (Yasuhara vd. 2007). Bu türün, 1-500 m derinlikler arasında, deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 15 °C'a kadar olan sularda bulunabildiği, ancak -5 ile 0 °C derece arasında fert sayısının daha bol olarak gözlemlendiği belirtilmektedir (<https://obis.org/taxon/391251>).

***Cativella bensoni* Neale, 1967**

Cativella bensoni, ilk olarak Halley Körfezi'nde (Coats Land, Weddel Denizi) Neale (1967) tarafından tanımlanmış olup, bugün hem Güney Amerika'da hem de Antarktika'da yaygın olarak bilinmektedir. Fosil kayıtları Güney Amerika'da (Oligosen-Güncel) Antarktika'dan (Pleyistosen-Güncel) daha önceye dayanmaktadır (Yasuhara vd. 2007). *Cativella bensoni* 37-448 m'de bulunur, ancak en çok 208 ila 286 m derinlikleri arasında yaşamaktadır (Dingle, 2003). Deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 20 °C'a kadar olan sularda bulunabilmekte ancak, -5 ile 0 °C arasında fert sayısı daha bol olarak gözlenmektedir (<https://obis.org/taxon/391255>).

***Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann, 1986**

Cytheropteron acuticaudatum'ın varlığı King George Adası, Antarktika Yarımadası Kuzeyi (Hope Körfezi), Joinville ve D'Urville Adaları, Bransfield Boğazı, Güney Georgia ve Admiralty Körfezi'nde (Hartmann, 1997; Majewski ve Olempska, 2005) bilinmektedir. Deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 5 °C'a kadar olan sularda bulunabilmekte ancak, -5 ile 0 °C arasında fert sayısı daha bol olarak gözlenmektedir (<https://obis.org/taxon/391349>).

***Loxoreticulatum fallax* (Müller, 1908)**

Müller (1908) tarafından Alman Güney Kutbu Seferi çalışmasında *Cytheropteron fallax* olarak adlandırılan bu tür, Benson (1964) tarafından McMurdo Boğazı ve Ross Denizi'nde (Antarktika) yaptığı çalışmasında yeni tanımladığı *Loxoreticulatum* cinsinin türü (*Loxoreticulatum fallax*) olarak verilmiştir. Hartmann (1986)'da ise yeni bir kombinasyon yaparak *Cytheropteron (Loxoreticulatum) fallax* (Müller, 1908) adı ile kullanmıştır. Bu kombinasyon, "World Ostracoda Database-Dünya Ostrakod Veri Tabanı"nda (Brando ve Karanovic, 2021) ve "Register of

Antarctic Marine Species - Antarktika Deniz Türleri Kaydı”nda (De Broyer vd., 2021) sinonim olarak belirtilmekte ve *Loxoreticulatum fallax* (Mueller, 1908) olarak kullanılmaktadır. *Loxoreticulatum fallax*, Antarktika’da ve Güney Amerika’da Pleyistosen-Güncel yaşlı olarak bilinmektedir (Yasuhara vd., 2007). Deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 5 °C’a kadar olan sularda bulunabilmekte olup, -5 ile 0 °C derece arasında fert sayısı daha bol olarak gözlenmektedir (<https://obis.org/taxon/504095>). Bu çalışmada, Hovgaard adası, ~60 m derinlikte bulunmuştur.

Australicythere devexa (Müller, 1908)

Bu tür, ilk olarak Alman Güney Kutbu Seferi çalışmalarında Müller (1908) tarafından *Cythereis* cinsi altında (*C. devexa*) tanımlanmıştır. Daha sonra Benson (1964), Antarktika’da McMurdo Boğazı ve Ross Denizi’nde *Patagonacythere devexa* olarak yeni bir kombinasyonla tanımlamıştır. Yasuhara vd. (2007), *Ambostracon* (*Patagonacythere*) *devexa* olarak Doğu Antarktika, Lützw-Holm

Körfezi’nde, güncel olarak bulmuş olup, bu türün Güney Amerika’dan Antarktika’ya göç ettiği belirtilmektedir. Deniz yüzeyi su sıcaklığı -5 ile 10 °C’a kadar olan sularda bulunabilmektedir (<https://obis.org/taxon/597748>).

SONUÇLAR

Antarktika’da Horseshoe Adası (Lystad Koyu) ve Hovgaard Adası çevresindeki denizel alanlardan alınarak çalışılan dip sediment örneklerinde güncel olarak bulunan ostrakodların kronostratigrafik dağılımı incelendiğinde, 2 türün Oligosen-Güncel, 1 türün Pliyosen-Güncel, 1 türün Pleyistosen-Güncel yaş aralığında ve 2 türün de güncel olarak tanımlanmış olduğu gözlenmiştir (Çizelge 2).

Derlenen örneklerdeki Güncel ostrakod faunasının, Güney Okyanusu’nda Güney Afrika ve Yeni Zelanda / Güney Avustralya ile ortak bir tür göstermediği, ancak Güney Amerika’nın güneyi ile ortak türleri paylaştığı ve kriyofilik türler (soğuğu seven mikroorganizma) olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışılan alanda bulunan ostrakodların kronostratigrafik dağılımı.

Table 2. The chronostratigraphic distribution of finding ostracods in investigated area.

OSTRACODA	Oligosen	Miyosen	Pliyosen	Pleyistosen	Holosen
<i>Australicythere devexa</i> (Müller, 1908)					
<i>Cytheropteron acuticaudatum</i> Hartmann, 1986					
<i>Loxoreticulatum fallax</i> (Müller, 1908)					
<i>Copytus caligula</i> Skogsberg, 1939					
<i>Austrotrachyleberis antarctica</i> (Neale, 1967)					
<i>Cativalva bensoni</i> Neale, 1967					

Ayrıca, Güney Amerika ve Antarktika arasında faunal göçler sonucu bölgeye yerleşen türler bulunmuştur. Bunlar, Güney Amerika'dan Antarktika'ya yerleşen *Australicythere devexa* ve *Cativella bensoni* ile Antarktika'dan Güney Amerika'ya yerleşen *Austrotrachyleberis antarctica*'dır.

EXTENDED SUMMARY

This study was carried out mainly in the NW part of Antarctica during the Turkish Antarctic Expedition-II (TAE-II) between March 7 and April 25, 2018 under the auspices of the Turkish Republic Presidency supported by the Ministry of Science, Industry and Technology, and coordinated by the Polar Research Centre (PolReC) at Istanbul Technical University (ITU). This research is part of the project entitled "Stratigraphic history of Quaternary units on the route of TAE-II in the west of Antarctica Peninsula (latitude 68° South)". During TAE-II, twelve grab sediment samples were collected from seven different locations in depths of -20 and -60 m between King George and Horseshoe islands in NW Antarctica. The collected samples consist of greenish gray silty clay and fine sandy silt, and brownish gray sandy silty clay units containing fine gravel grains. In this study, ostracods were found and examined in three samples taken from around the Horseshoe and Hovgaard islands.





*Ostracoda were observed in six genera and six species including *Copypus caligula* Skogsberg, 1939 from the *Neocytheideidae* family; *Austrotrachyleberis antarctica* (Neale, 1967) and *Cativella bensoni* Neale, 1967 from *Trachyleberididae* family; *Cytheropteron acuticaudatum* Hartmann, 1986 and *Loxoreticulatum fallax* (Müller, 1908) from the *Cytheruridae* family and *Australicythere devexa* (Mueller, 1908) from the *Hemicytheridae* family.*

The species are cryophilic endemic ostracods. The observed ostracod species can live in salinity between 30-35‰. The determined ostracod species in this study are similar with ostracod species of southern South America.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, T.C. Cumhurbaşkanlığı himayesinde, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı uhdesinde ve İTÜ Kutup Araştırmaları Uyg-Ar Merkezi (PolReC) koordinesinde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında incelenen örneklerin hazırlanmasında emeği geçen Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği Laboratuvar sorumlularına, Taramalı Elektron Mikroskop (SEM) fotoğraflarının çekimi için Fizikçi Derya AKALAN'a (Ç.Ü. Merkezi Araştırma Laboratuvarı), levha ve şekilleri düzenleyen Dr. Emine ŞEKER ZOR'a (Ç.Ü.) ve Dr. Emre PINARCI'ya (Ç.Ü.) teşekkür ederiz. Ayrıca, değerlendirmeleri ve önerileri ile makalemizin geliştirilmesine katkı sağlayan hakemlere şükranlarımızı sunarız.

ORCID

Atike Nazik  <https://orcid.org/0000-0001-7996-7430>
Yeşim BüyükmERIC  <https://orcid.org/0000-0003-2678-3907>
Ali Murat Kılıç  <https://orcid.org/0000-0003-4679-1111>
Zeki Ünal Yümün  <https://orcid.org/0000-0003-0658-0416>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Benson, R. H. (1964). Recent Cytheracean ostracodes from McMurdo Sound and the Ross Sea, Antarctica. *The University of Kansas Paleontological Contributions, Arthropoda*, 6, 1-36.
- Brandão, S. N. & Dingle, R. V. (2014). Chapter 5.15. Benthic Ostracoda. In DeBroyer, C., Koubbi, P., Griffiths, H. J., Raymond, B. & Udekemd'Acoz, C.d'. (Eds.), *Biogeographic Atlas of the Southern Ocean. Scientific Committee on Antarctic Research*, (pp. 142-148). Cambridge.
- Brandão, S.N. & Karanovic, I. (2021). *World Ostracoda Database*. *Loxoreticulatum fallax* (Mueller, 1908).

- Accessed through: World Register of Marine Species at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=391362> on 2021-11-09.
- Brandão, S. N., Stuhlmann, A., Vital, H. & Brandt, A. (2016). Biogeography of *Abyssocythere* and *Dutoitella* (Ostracoda), with descriptions of three new species. *Zootaxa* 4139(3), 391-418. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4139.3.4>
- Büyükmeriç, Y., Yümün, Z. Ü., Nazik, A., Kılıç, A. M., Alçiçek, H., Yılmaz, İ. Ö., Kaya-Özer, C., Kayseri-Özer, M. S., Alçiçek, M.C. ve Koral, H. (2019). Antarktika Yarımadası'nın Kuzeybatısında (Horseshoe, Hovgaard, King George ve Nansen Adaları Çevresi) Güncel Kıyı Çökellerinin Sedimentolojik, Jeokimyasal Özellikleri ve Bentik Topluluklar: Ön Bulgular (s. 39-40). 3. *Kutup Bilimleri Çalıştayı*, (5-6 Eylül 2019, Ankara).
- Büyükmeriç, Y., Kılıç, A. M., Yümün, Z.Ü., Nazik, A., Güney, A., Kayseri-Özer, M.S., Alçiçek, H., Yılmaz, İ. Ö. ve Kaya-Özer, C. (2021). Horseshoe, Hovgaard, King George ve Nansen Adaları çevresindeki (KB Antarktika Yarımadası) Güncel Denizel Çökellerden Elde Edilen Yeni Jeolojik Bulgular: Birleştirilmiş Bir Yaklaşım (s. 956-958). Parlak, O., Sayıt, K., Mesci, B. L., Akıllı, H. ve Akyıldız, M. (Ed.ler). 73. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*. Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Chapman, F. (1919). Ostracoda. Australasian Antarctic Expedition, 1911-1914. *Scientific Reports, Series C., Zoology and Botany*, 5, 5-45.
- De Broyer, C., Clarke, A., Koubbi, P., Pakhomov, E., Scott, F., Vanden Berghe, E. & Danis, B. (Eds.) 2021. *Register of Antarctic Marine Species*. Accessed at <http://www.marinespecies.org/rams> on 2021-09-22.
- Hartmann, G. (1986). Antarktische benthische Ostracoden I (Mit einer Tabelle der bislang aus der Antarktis bekannten Ostracoden). Auswertung der Fahrten der "Polarstern" Ant III/2 (Sibex-Schnitte) und der Reise 68/1 der "Walther Herwig" (1. Teil: Elephant Island) in die Antarktis. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen zoologischen Museum und Institut*, 83, 147-221.
- Hartmann, G. (1988). Antarktische benthische Ostracoden III. Auswertung der Reise des FFS "Walther Herwig" 68/1. 3. Teil: Süd-Orkney-Inseln. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen zoologischen Museum und Institut*, 85, 141-162.
- Hartmann, G. (1989a). Antarktische benthische Ostracoden IV. Auswertung der während der Reise von FFS "Walther Herwig" (68/1) bei Stid-Georgien gesammelten Ostracoden. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen zoologischen Museum und Institut*, 86, 209-230.
- Hartmann, G. (1989b). Antarktische benthische Ostracoden V. Auswertung tier Südwinterreise von FS "Polarstern" (Ps 9/V-1) im Bereich Elephant Island und der Antarktischen Halbinsel. *Mitteilungen aus dem Hamburgischen zoologischen Museum und Institut*, 86, 231-288.
- Hartmann, G. (1990). Antarktische benthische Ostracoden VI. Auswertung der Reise der "Polarstern" Ant. VI-2 (1. Teil, Meiofauna und Zehnerserien) sowie Versuch einer vorläufigen Auswertung aller bislang vorliegenden Daten). *Mitteilungen aus dem Hamburgischen zoologischen Museum und Institut*, 87, 191-245.
- Hartmann G. (1992). Antarktische benthische Ostracoden. VIII. Auswertung der Reise der "Meteor" (Ant. 11/4) in die Gewässer um Elephant Island und der Antarktischen Halbinsel. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 46, 405-424.
- Hartmann, G., 1997. Antarktische und Subantarktische Podocopa (Ostracoda). In: J. W. Wagele & J. Sieg (Eds.), *Synopses of the Antarctic Benthos*, 7. Koeltz Scientific Books, Koenigstein, 355 pp.
- <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=391251>, 8 Kasım 2021
- <https://www.swisseduc.ch/glaciers/antarctic/geology/index-en.html>, 8 Kasım 2021.
- <https://obis.org/taxon/391240>, 8 Kasım 2021
- <https://obis.org/taxon/391251>, 8 Kasım 2021
- <https://obis.org/taxon/391255>, 8 Kasım 2021
- <https://obis.org/taxon/391349>, 8 Kasım 2021
- <https://obis.org/taxon/504095>, 8 Kasım 2021
- <https://obis.org/taxon/597748>, 8 Kasım 2021
- Kılıç, A. M., Büyükmeriç, Y., Yümün, Z.Ü., Alçiçek, H., Alçiçek, M.C., Nazik, A., Kaya-Özer, C., Kayseri-Özer, M. S., Yılmaz, İ. Ö. ve Koral, H. (2018). *İkinci Türk Antarktik Ekspediyonu kapsamında*

- gerçekleştirilen “Antarktik Yarımadasının Kuvaterner ve daha yaşlı birimlerinin stratigrafik tarihçesi” üzerine ön rapor (s.25-25). II. Kutup Bilimleri Çalıştayı Özet Kitabı (12-13 Eylül 2018), İstanbul.
- Kornicker, L. S. (1970). Ostracoda (Myodocopina) from the Peru-Chile Trench and the Antarctic Ocean. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 32, 1-42. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.32>
- Kornicker, L. S. (1971). Benthic Ostracoda (Myodocopina, Cypridinacea), from the South Shetland Islands and the Palmer Archipelago, Antarctica (pp. 167-216). In: Llano, G. A. & Wallen, I. E. (Ed.), *Antarctic Research Series, Biology of the Antarctic seas IV*, 17.
- Kornicker, L. S. (1975). Antarctic Ostracoda (Myodocopina). P. 1 and 2. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 163, 1-720.
- Majewski, W. & Olempska, E. (2005). Recent ostracods from Admiralty Bay, King George Island, West Antarctica. *Polish Polar Research*, 26, 13-36.
- Müller, G. W. (1894). Die Ostracoden des Golfes von Neapel und der angrenzenden Meeresabschnitte. Z. S. zu Neapel (Ed.), *Fauna und Flora Golf von Neapel und der angrenzenden Meeres-Abschnitte*. Berlin 1894, pp. 1-404.
- Müller, G.W. (1908). Die Ostrakoden der Deutschen Südpolar-Expedition 1901-1903. *Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903 im Auftrage des Reichsamtes des Innern*, 2(4), 51-182.
- Nazik, A., Büyükmeriç, Kılıç, A. M., Y. ve Yümün, Z. Ü. (2021). Antarktika'nın Kuzeybatısı (680 Güney Enlemi Bölgesi), TAE-II Rotası Taban Çökeli Ostrakodları (s. 915-916). Parlak, O., Sayıt, K., Mesci, B. L., Akıllı, H. ve Akyıldız, M. (Ed.ler). *73. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri Kitabı*. Jeoloji Mühendisleri Odası.
- Neale, J. W. (1967). An ostracod fauna from Halley Bay, Coats Land, British Antarctic Territory. *British Antarctic Survey Scientific Reports*, 58, 1-50
- Skogsberg, T. (1939). A new genus and species of marine ostracods from South Georgia. *Proceedings of the California Academy of Sciences*, 4,23(27), 415-425
- Szcechura, J. & Blaszyk, J. (1996). Ostracods from the Pecten Conglomerate (Pliocene) of Cockburn Island. Antarctic Peninsula. 111: A. Gazdzicki (ed.) *Palaeontological Results of the Polish Antarctic Expeditions. Part 11. Palaeontologica Polonica SS*, 175-1 86.
- Whatley, R. C., Staunton, M., Kaesler, R. L. & Moguilevsky, A. (1996). The taxonomy of recent Ostracoda from the southern part of the Strait of Magellan. *Revista Española de Micropaleontologia*, 28, 51-76.
- Yasuhara, M., Kato, M., Ikeya, N. & Seto, K. (2007). Modern benthic ostracodes from Lützow-Holm Bay, East Antarctica: paleoceanographic, paleobiogeographic, and evolutionary significance. *Micropaleontology*, 53, 469-196.



Balya (Balıkesir, KB Türkiye) Bölgesindeki Flotasyon ve İzabe Atıklarında Jeostatistiksel Parametreler Kullanarak Modelleme ve Kaynak Hesabına Örnek Bir Çalışma
A Case Study on Modelling and Resource Assessment Using Geostatistical Parameters for the Flotation and Smelting Mining Waste in the Balya Region (Balıkesir, NW Turkey)

Ahmet Baştürk¹ , M. Selman Aydoğan^{2*} 

¹ *Esan Eczacıbaşı A.Ş. Balya, Balıkesir*

² *Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 10145 Balıkesir*

• Geliş/Received: 22.09.2021 • Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 18.10.2021 • Kabul/Accepted: 19.10.2021
• Çevrimiçi Yayın/Available online: 06.01.2022 • Baskı/Printed: 20.01.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Öz: Balya (Balıkesir)'de maden atıkları flotasyon ve izabe atıkları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 90 adet flotasyon ve 14 adet izabe numunesi üzerinde Pb, Zn, Fe, Cu element içerikleri için XRF (X-Ray Floresans) çalışması gerçekleştirilmiştir. XRF çalışmaları sonucunda, izabe atıkları ortalama %3,16 Pb, %11,08 Zn ve %26,53 Fe ve %0,22 Cu içeriklerine sahiptir. Flotasyon atıklarının ise ortalama %4,38 Pb, %4,1 Zn ve %8,48 Fe ve %0,29 Cu içerdiği tespit edilmiştir. Atıkların kimyasal analiz verileri temelinde jeostatistiksel analiz çalışması yapılmıştır. Aynı zamanda, bunların variogram modellemeleri yapılarak kriging ile ilgili jeostatistiksel parametreler belirlenmiştir. Bu jeostatistiksel parametreler temelinde ordinary kriging yöntemi kullanılarak atık sahasının tenör bazında alansal değişimi saptanmıştır. Tenör, yoğunluk ve tonaj değişim değerleri oluşturulan blok modelde değerlendirilmiş ve maden atıklarının 516.674 ton kaynağa sahip oldukları ortaya konulmuştur. Fe ve Cu haricinde, bu çalışma bölgedeki atıkların Pb ve Zn açısından değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Ancak, atıkların kısmi sedimantasyon geçirmesi, heterojen yapı sunması, sülfat mineralleri bakımından zengin olması nedeniyle, bölgedeki atıkların işletilebilmesi için detaylı AR-GE çalışması yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Atık, Balıkesir, Balya, blok model, flotasyon, izabe, kaynak.

Abstract: Mining waste at Balya (Balıkesir) was studied and divided into two categories, flotation and smelting. 90 flotation samples and 14 smelting samples from the waste were collected to analyse the valuable elements. XRF results show that the flotation waste has an average of 4.38 wt% Pb, 4.1 wt% Zn, 8.48 wt% Fe and 0.29 wt% Cu content; while the smelting waste includes an average concentration of 3.16 wt% Pb, 11.08 wt% Zn, 26.53 wt% Fe, and 0.22 wt% Cu. The chemical data related to the waste were interpreted by statistical analysis. Using the determined geostatistical parameters, the area variation on the basis of grade was determined using the Ordinary Kriging method. Quantity, tonnage, density and tonnage change values of the mining waste were used in the constructed block model. The amount of the possible reserves of the waste was then determined. A resource of 516,674 tons for the smelting and flotation waste was assessed. Excluding Fe and Cu, this study revealed that mining waste in the Balya region has an operable content of Pb and Zn. However, more detailed research and development work is required for the recovery and disposal process of the Pb-Zn-rich areas, due to the presence of some sulphate minerals (bassanite, anglesite), the oxidation processes, and the partial sedimentation and heterogeneous structure of these wastes.

Keywords: Balıkesir, Balya, block model, flotation, smelting, resource, waste.

GİRİŞ

Belli bir bölgede bulunan hammadde kaynağının miktarını ve endüstriyel özelliklerinin ortaya çıkartılması amacıyla yapılan işleme “Rezerv” denilmektedir. Ekonomik varlıkların kesinlik derecesine göre, rezervleri görünür, muhtemel, mümkün ve jeolojik olmak üzere 4 grup incelemek mümkündür (Akıncı, 2003; Gökçe, 2005). Üretilmesi düşünülen bir metalik maden yatağının kaynak hesabı genellikle üçgen, poligon gibi klasik metodlarla ve son zamanlarda bilgisayar destekli jeostatistiksel yöntemlerle yapılmaktadır. Klasik yöntemlerle karşılaştırıldığında, jeostatistiksel yöntemler bir maden yatağını temsil edecek şekilde oluşturulan blok modeldeki bloklara değer ataması sırasında varolan blokların çevresindeki diğer blokların da belirli ağırlıklarda dikkate alınması ile hata payının oldukça düşük olmasıyla gerçek değerlere daha yakın sonuçlar vermektedir (Tahmasebi ve Hezarkhani 2010; Erel, 2011). Jeostatistiksel yöntemler ile kaynak hesabı, küresel ya da yersel olarak madencilik endüstrisinde standart bir uygulamadır. Kriging, madencilik endüstrisinde giriş noktası verilerinin enterpolasyonu ve bir blok modelin tahmini için kullanılan jeostatistiksel bir enterpolasyon tekniğidir. “Kriking” ismi, Güney Afrikalı maden Mühendisi Danie Krige’nin onuruna Prof. Georges Matheron tarafından verilmiştir. Bu teknik, yaygın olarak varyogram olarak bilinen, verilerin yapısını temsil eden ve istatistiksel model gerektiren en uygun regresyon tekniğidir. Girdi verileri varyogram modeline, arama parametrelerine ve bir bloğu tahmin etmek için kullanılan örnek sayısına göre yapılmaktadır. Kriking tekniklerinin birçoğu maden endüstrisinde kullanılmaktadır. En yaygın kriking teknikleri, “doğrusal kriging” teknikleri olarak gruplanan sıradan kriging çeşitleridir. Gösterge kriging, ayırıcı kriging vb. gibi daha karmaşık kriging teknikleri, derecelerin doğrusal olmayan dönüşümüne dayanır ve “doğrusal olmayan kriging” teknikleri olarak gruplanmaktadır (Daya, 2012). Madencilik çalışmalarında başarı, cevher tenörlerinin dağılımı kadar kaynak değerlendirmesinin doğruluğuna da bağlıdır.

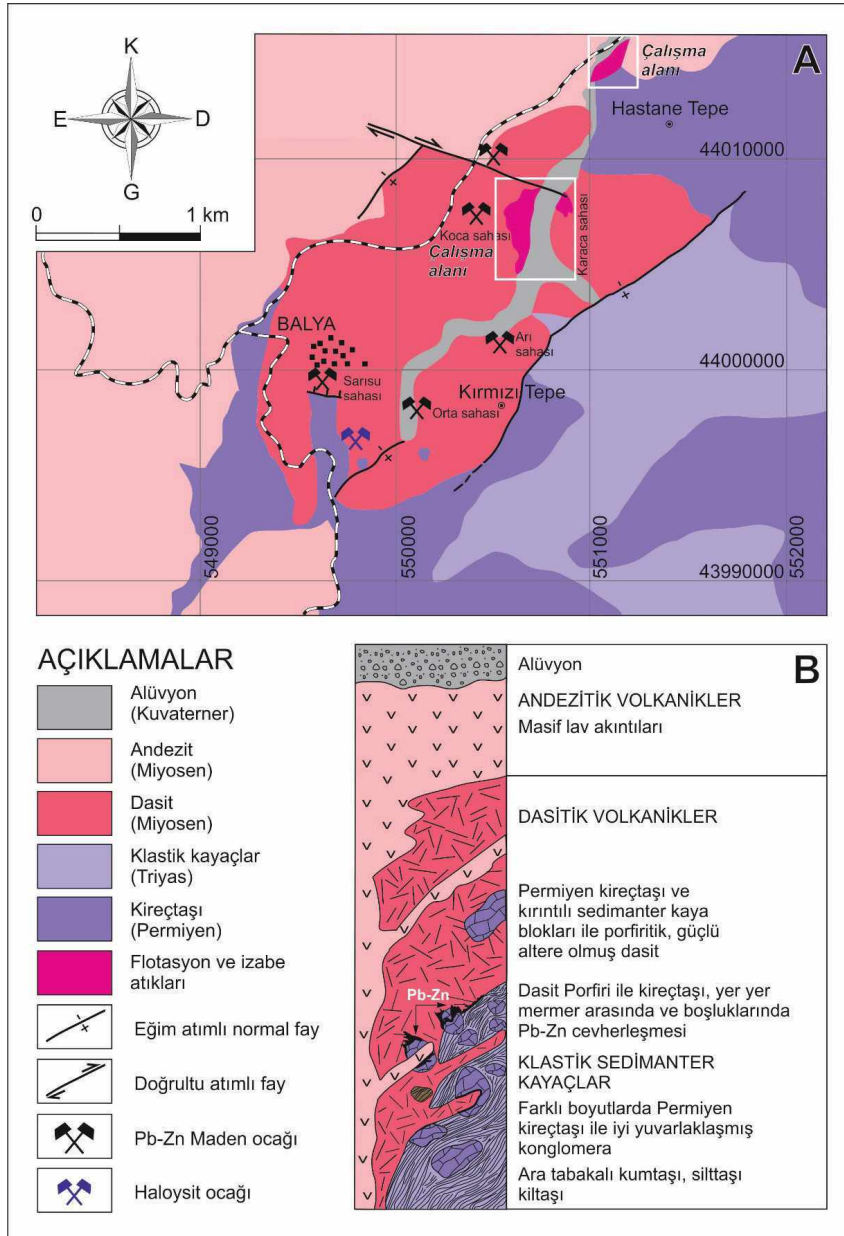
Bu çalışmada, Balya (Balıkesir) Pb-Zn maden yatağının geçmiş zamanlarda yapılan üretim çalışmalarında ortaya çıkan flotasyon ve izabe atıklarının, atıldığı bölgelerdeki kapladığı alanların ölçekli harita üzerinde haritalanması ve alanın ölçümleri yapıp oluşturulan katı bloklardan hacim, tonaj ve kaynak hesabının yapılması amaçlanmıştır. Balya bölgesindeki atıkların kaynak hesabı, yayılımındaki hacim ve tenör parametrelerini en doğru şekilde veren jeostatistiksel metodlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

BALYA Pb-Zn CEVHERLEŞMESİ

Balya Pb-Zn yatağının gözlemlendiği bölgede temelde Triyas yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan ve içerisinde Permian yaşlı kireçtaşı blokları bulunan Karakaya Formasyonu (Bingöl vd., 1975), Üst Karakaya Kompleksi (Kınık Formasyonu; Akyürek ve Soysal, 1983) bulunmaktadır. Bölgede magmatik faaliyet yaygın olup, bu faaliyetler volkanitlerle temsil etmektedir. Balya’daki volkanik kayalar Balya ilçesinin kuzeyinde ve batısında geniş yayılım sunmaktadırlar. Bölge genelinde volkanikler, Şapçı ve Hallaçlar Volkanitleri olarak bilinmektedirler (Şekil 1A ve B). Balya ve civarında gözlenen dasit bileşimli volkanik kayalar Şapçı, andezit bileşimli volkanik kayaçlar ise Hallaçlar volkanikleri adı altında incelenmiştir. Şapçı Volkanitleri olarak isimlendirilen kayaçlar andezitik lav akıntıları ve ilişkili piroklastiklerden meydana gelmektedir. Lav örnekleri mikrolitik, mikrolitik porfiritik, hyalo-mikrolitik dokulu olup, çok az oranda elek dokusu göstermektedir (Aslan vd., 2017). Kayalar plajiyoklaz, hornblend, biyotit ve opak minerallerden meydana gelmektedir. Çok az oranda ikincil serisit, kalsit, kil ve klorit içermektedir. Sanidin bazı örneklerde gözlenmiştir. Kayalarda yer yer hidrotermal alterasyon izleri gözlenebilmektedir. Kaolinleşme yaygın kil alterasyonudur (Ünal ve Gökçe, 2009). Aslan vd. (2017) tarafından, Balıkesir ilinin kuzey kesiminde İbirler-Ayvatlar köyleri arasında yayılım sunan Şapçı Volkanitleri üzerine yapılan çalışmada

zirkon yaşlandırması yapılmış ve birimin yaşı $18,72 \pm 0,17$ My (Erken Miyosen) tespit edilmiştir. Bu kayalar, gri ve koyu gri renkli, hava ile temas yüzü gri, porfirik, feldspat fenokristalleri tarafından çevrelenmiş hamurdan meydana gelmektedir. Petrografik özellikler açısından feno

ve mikrofeno kristaller halinde horblendli ojit, zonlu büyüme gösteren plajiyoklazların yanısıra, hamur mikro çubuklar halinde plajiyoklaz, horblend, biyotit ve kristallenme gösteren camsı malzemeden oluşmaktadır (Akyol, 1977).

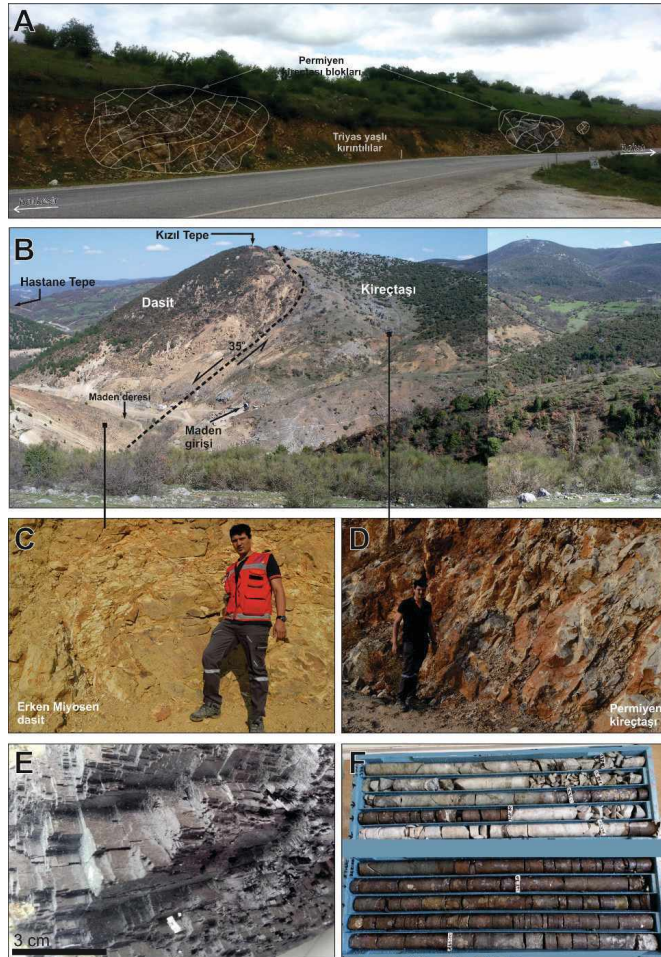


Şekil 1. A) Balya (Balıkesir) ve civarının jeoloji haritası (Akyol, 1977), **B)** Balya bölgesi genelinin kolon kesiti (Akyol, 1977; Erkül vd. 2016).

Figure 1. A) Geological map of Balya (Balıkesir) and its surroundings (Akyol, 1977), **B)** Columnar section of the Balya region (Akyol, 1977; Erkül et al., 2016).

Akyol (1977)'e göre, Balya bölgesindeki Pb-Zn cevherleşmesi, Permian yaşlı kireçtaşı blokları ile Tersiyer yaşlı dasit karakterli volkanik kayaların arasında 35°'lik eğim atımlı bir fay kontak zonunda yerleşmiş ve Permian yaşlı kireçtaşlarının kırık ve çatlak kesimlerinde de gözlemlenmektedir (Şekil 2A ve B). Bölgenin en

yaşlı litoloji topluluğu olan Permian yaşlı kireçtaşı blokları, Triyas yaşlı kilitaşı, kumtaşı ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim içerisinde bulunmaktadır. Kireçtaşları, içerisinde bulunduğu kırıntılı kayaçların yakın kesimlerinde yer yer yeniden kristallenmiş (rekristalize) şekliyle izlenebilmektedir (Şekil 2D; Akyol, 1977, 1979).



Şekil 2. A) Triyas yaşlı Üst Karakaya Kompleksi (Kınık Formasyonu) ve içerisindeki Permian yaşlı kireçtaşı blokları, B) Kırmızı Tepe civarında Permian yaşlı Kireçtaşları ile Miyosen yaşlı dasitler arasındaki faylı kontak, C) Miyosen yaşlı altere dasitlerin görünümü, D) Bol kırık ve çatlaklı Permian yaşlı kireçtaşlarının mostra görüntüsü, E) Esan Eczacıbaşı A.Ş. tarafından işletilen Balya Pb-Zn madeninde yeraltından çıkartılan iri kristalli galenit örneği, F) Esan Eczacıbaşı A.Ş. tarafından yapılan sondajda karot örnekleri (Pb-Zn cevherli kısım: 339 m-340 m, 341 m-346,5 m).

Figure 2. A) Permian aged limestone blocks in the Upper Karakaya Complex (Kınık Formation) of Triassic age, B) Fault contact between Permian limestone and Miocene dacite around Kırmızı Hill, C) Altered dacite of Miocene, D) Outcrop image of Permian limestone, E) Coarse-crystallized galenite samples extracted from underground in the Balya Pb-Zn deposit operated by Esan Eczacıbaşı A.Ş., F) Core samples from drilling by Esan Eczacıbaşı A.Ş. (Pb-Zn mineralized part: 339-340 m, 341-346.5 m).

Balya civarında gözlenen andezit ve dasit karakterli Şapçı ve Hallaçlar Volkanitleri inceleme alanına yakın Çalova yöresi ve civarında Jura-Alt Kretase yaşlı Bilecik ve Bayırköy Formasyonlarını kesmektedir. Bölgedeki volkanik faaliyetler genel olarak KD-GB gidişli doğrultulu atımlı faylarla ilişkilidir. Volkanik kayalardan dasitler alterasyona uğramış ve kahverengi, kızılımsı kahverengi renkli alterasyon renklerine sahiptir (Şekil 2C). Dasit karakterli volkanik kayaçalarda yer yer silisleşme, piritleşme ve kaolinleşme belirgindir (Akyol, 1977). Bu kayalar inceleme alanında, Esan Pb-Zn madeni civarında gözlenebilmektedir.

Balya (Balıkesir) Pb-Zn cevherleşmelerinin, Oligo-Miyosen yaşlı dasitik ekstrüsif bir sokulum ile Permian yaşlı kireçtaşı bloğu arasında skarn ve/veya kireçtaşına ait çatlaklarda damar şeklinde oluştuğu ileri sürülmektedir (Akyol, 1982; Aygen, 1956). Cevherleşmeler gözle görülebilir şekildedir ve özellikle galen mineralleri iri kristaller şeklindedir (Şekil 2E). Esan Eczacıbaşı A.Ş. tarafından ara dönemlerde sondaj faaliyetleri sürmektedir (Şekil 2F). Balya Pb-Zn yatağında, cevher mineralizasyonunun şekli ve yan kaya ilişkileri üzerine yapılan çalışmalarda yatak şekli ve kökeni ile ilgili yaygın görüş bir skarn tipi yatak olduğudur (Kovenko, 1940, Gjelsvik, 1962, Akyol, 1977). Diğer bir görüş ise hidrotermal kökenli epitermal bir yatak olduğudur (Öztunalı, 1984). Birçok yazar, Balya'da bulunan cevherleşmenin birimler arası kontak kesimlerinde bulunduğunu belirtmiştir (Aygen, 1956; Kaaden, 1957; Mohr, 1959) Ağdemir vd. (1994), Balya Pb-Zn-Ag yatağının hidrotermal bir sistem olduğunu ileri sürmüşlerdir. Bu sistemin, 1,5 km genişliğinde 3 ana alterasyon (propilitik, arjilik/fillik, ileri derecede arjilik) stiliyle ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, andezitik kayaların hidrotermal alterasyon sisteminin protoliti olduğu ifade edilmektedir (Ağdemir vd. 1994). Dasit bileşimli volkanik kayaçların özellikle mostrada gözlenen kesimlerinde yaygın bir arjilik alterasyon zonlarının bulunması ve bu kayaçların

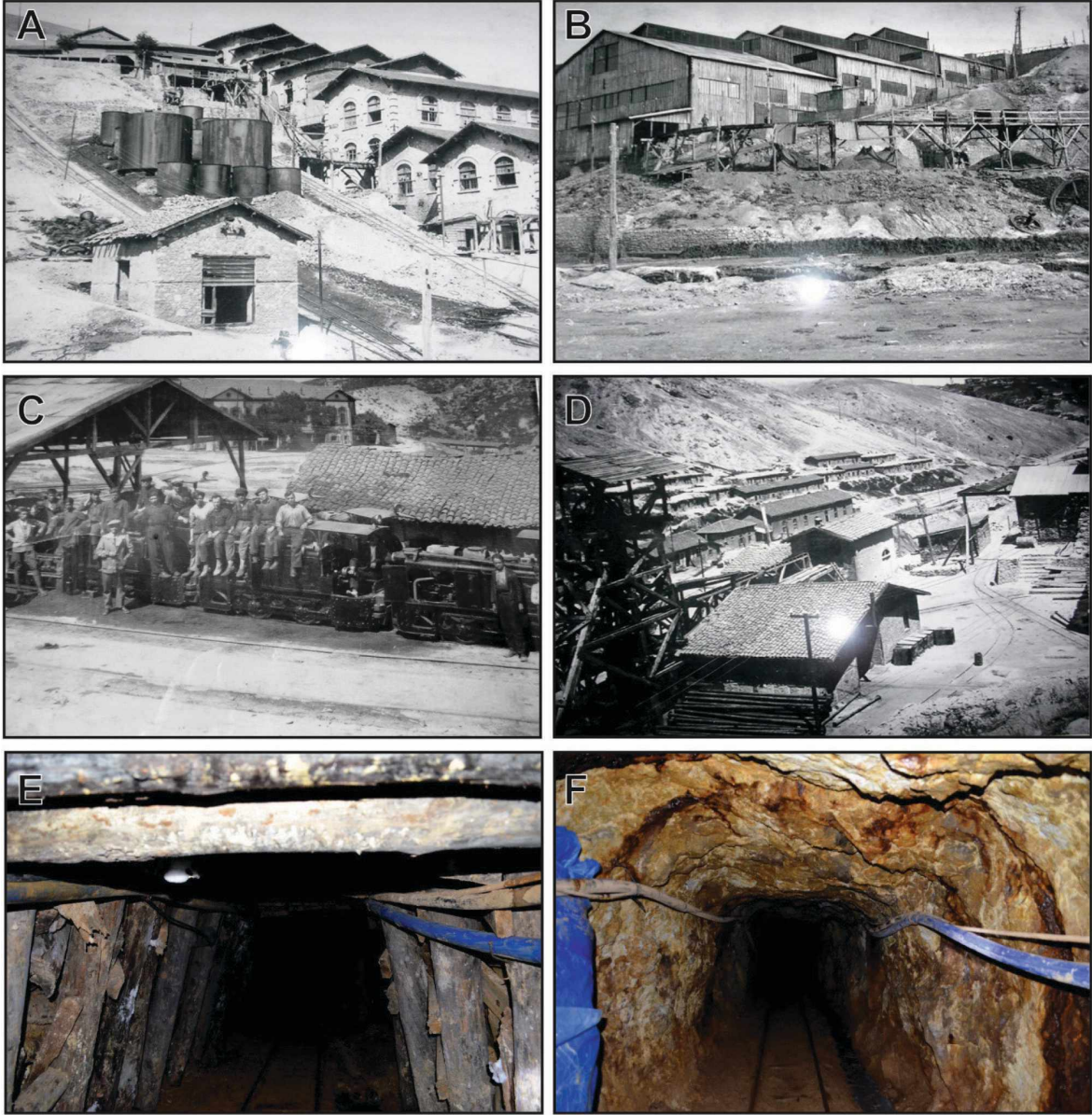
derine doğru uzanımlarının da silis kontak kesimlerindeki kalksilikat mineral toplulukları içermesi, cevherleşmelerin kökenin hidrotermal çözeltilerden oluştuğuna işaret etmektedir. Bu görüşü destekleyen diğer bir veri volkanik kaya alterasyonlarının yüksek sülfidasyonlu epitermal yataklarla olan benzerliği ile açıklanmaktadır (Ağdemir vd. 1994). Balya Pb-Zn yatağı civarında, Arı ve Orta Mağara kesimlerinde bulunan cevher kütleleri yan kaya ve tenör dağılımlarına göre sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu sınıflandırmada (i) Saçınımlı Cevherleşme, (ii) Kontak Cevherleşmesi, (iii) Damar Tipi Cevherleşme şeklinde farklı tip cevherleşmeler halinde bulunmaktadır (Akyol, 1976). Balya Pb-Zn yatağında, yaygın görülen cevher mineralleri galen, sfalerit, pirit, kalkopirit, daha az miktarda bornit, hematit, tetrahedrit, markazit, piroluzit, orpiment ve realgardan meydana gelmektedir (Akyol, 1982).

Balya Bölgesi Flotasyon ve İzabe Atıkları

Balya (Balıkesir) bölgesinde madencilik faaliyetlerinin M.Ö. 500 yıllarına dayandığı tahmin edilmektedir. Bölgede bulunan Pb-Zn madeni, M.Ö. 130 yıllarında Roma döneminde "*Cristian Madenleri*" adı altında işletilmiştir. 1651 yılında Kütahya Beylerbeyi Mutasarrıfı'nın Balya Kadısı'na yazdığı mektupta madenin padişahın malı ve Bali Bey yönetiminde olduğu belirtilmektedir. 1839-1849 yılları arasında "*Balya Madenleri İşletmeleri*" sahada çalışma yapmıştır. 1868 yılında "Reiser" isimli bir Alman vatandaşı maden işletme hakkını almış ve işletme hakkını 1869 yılında Alman "*Lorium*" şirketine devretmiştir (Öngür, 2003). 1876'da ise Fransız "*Riyol*" şirketi faaliyet göstermiştir (Çiloğlu, 2007). Bu şirket daha çok "*Arı-Orta Mağara*", "*Sarısu Sahası*", "*Koca Mağara*" ve "*Karaca Mağara*" sahalarında üretim yapmıştır. Kesintisiz çalışan maden, 1930 ekonomik krizinde kurşun fiyatlarının düşmesi sonucunda işleten şirketin zor durumda kalması sebebiyle, hükümetin

teşviklerine rağmen 1939'da kapanmıştır (Akyol, 1976). Balya Pb-Zn madeni, “*Societe Anonyme Ottomane de Mines de Balia-Karaaydın*” firması tarafından 1869-1939 yılları arasında yaklaşık

70 yıl boyunca, iki flotasyon, bir izabe tesisinde yaklaşık 400.000 ton civarında metal kurşun üretmiştir (Öngür, 2003) (Şekil 3A-F).



Şekil 3. **A)** Fransız dönemine ait flotasyon tesisi (1937) , **B)** Fransız izabe Tesisi (1904), **C)** Cevher taşınmasında demir yolu kullanımı (1901-1937), **D)** Fransız çalışma binaları ve çalışanları (1937), **E, F)** Eski Fransız Sarısu üretim galerileri (Esan Eczacıbaşı Şirketi tarafından restore edilmiştir)

Figure 3. **A)** French flotation plant (1937), **B)** French smelting plant (1904), **C)** Railway used for ore transportation (1901-1937), **D)** French buildings and miners (1937), **E, F)** Former French Sarısu production galleries (restored by Esan Eczacıbaşı Company).

Balya (Balıkesir) izabe ve flotasyon atıkları, Balya ilçesinin yaklaşık olarak 1-2 km kuzeydoğusunda, Hastane Tepe'nin kuzeydoğu ve güney kesiminde yer almaktadır (Şekil 1). Hastane Tepe'nin kuzeydoğusunda yayılım sunan flotasyon atıkları, Hastane Tepe'nin kuzeyinden başlayıp, Balya-Gönen yoluna kadar Maden Deresi boyunca devam etmektedir. Hastane Tepe'nin güney kesiminde bulunan flotasyon ve izabe atıkları ise eski işletmeden kalan harabe binalar ile Maden Deresi arasındaki kesimde gözlenmektedir. Önceki zamanlarda üretimden arta kalan tahmini 3.000.000-3.500.000 ton miktarındaki atıklar, Hastane Tepe, eski Fransız'lara ait flotasyon tesisi çevresi ve Kadıköy yolu üzerinde Mutlu Akü A.Ş. tesisinin kurulduğu bölgelerde yer almaktadır (Şekil 4A-C). Sahada doğaya bırakılan atıl durumdaki atıkların geri kazanımı ve bertaraf işlemleri açısından herhangi bir çalışma yapılmamıştır. Atıkların bulunduğu bölgede yağmur suları ile yıkanmalarla taşınma veya yol dolgusu şeklinde atıkların kullanıldığı bilindiğinden dolayı, bölgede atıklar ilk günkü atılan miktarın altındadır.

Bu çalışmada, Balya ve civarında gözlenen atıklar *flotasyon atığı* ve *izabe atığı* olmak üzere 2 kategoriye ayrılarak çalışılmıştır (Şekil 4A). Bunlardan, flotasyon atıkları genel olarak sahada açık renklerde gözlenirken (Şekil 4B), izabe atıkları daha çok sert, koyu renkli siyahımsı bir görünüme sahiptir (Şekil 4C). Atıklar yaklaşık olarak 200.000 m²'lik bir alanda yayılım sunmaktadır. Bölgede atıklar üzerine ilk çalışma Akyol (1975) tarafından gerçekleştirilmiştir. Akyol (1975), Balya bölgesindeki atıkların ülke ekonomisi için önemli olduğunu ifade ederek, flotasyon atıkları için %4,20 Pb ve %3,50 Zn; izabe atıkları için %3,50 Pb, %10,40 Zn ortalama tenör tespit etmiştir. Bölgede 1940 yılına kadar işletilmiş olan Balya (Balıkesir) kurşun ve çinko maden sahası civarındaki maden atıkları Sarısu deresi ve bu derenin yan kollarında birikmekte olup, atıklar çevreye ve bölgedeki su kalitesine etki edebilecek oranda As, Cu ve Pb içermektedir (Şimşek vd., 2012). Güneş vd., (2013), Balya

bölgesindeki atıklardan elde edilecek veriler ile Asit Maden Drenajı (AMD) tahmin etmenin geriye dönük kayıtlar sağlayabileceğini belirtmiştir. Balcı vd. (2004), Balya Pb-Zn maden atık sahasının biyojeokimyası ve asit maden drenajı oluşumuna olan etkilerini jeokimyasal, moleküler ve mikrobiyolojik teknikler kullanarak incelemiştir. Atıklar üzerine gerçekleştirilen bu çalışmada, terk edilmiş atıkların potansiyel çevreye olan etkileri araştırılmıştır. Alınan örnekler üzerinde yapılan çalışmalarda, örneklerin sülfür içeriklerinin %7,4 ve %10,25 arasında; organik madde içeriğinin %9,12 ve %3,49 ve su içeriğinin ise %8,85 ve %2,68 arasında değiştiğini ortaya konulmuştur.

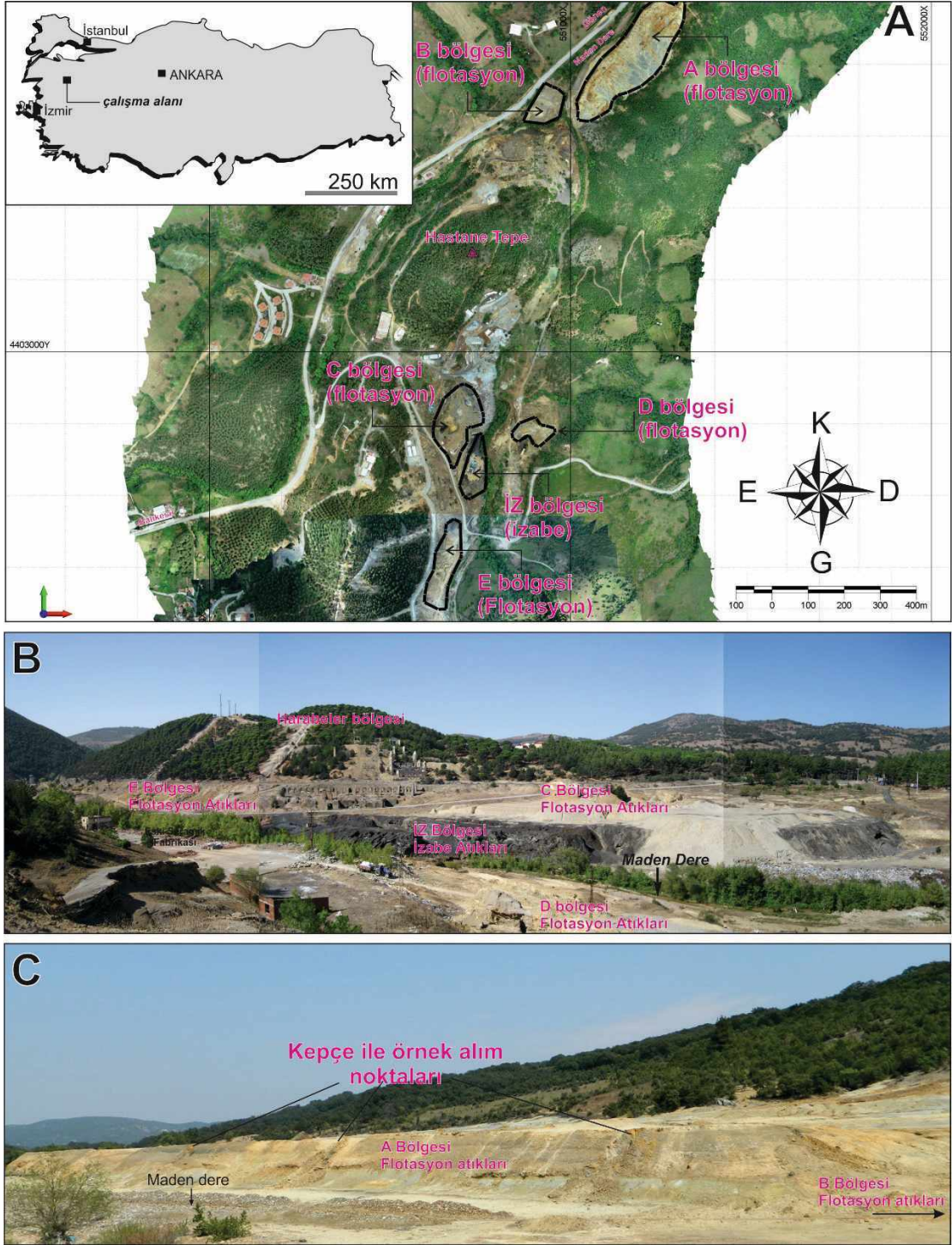
MATERYAL ve METOD

Haritalama

Bölgede atıkların gözleendiği alanda atıkların sınır alanları çevrilerek alan çalışması yapılmıştır. Çalışma alanı ve çevresinin uydu haritaları, topoğrafik haritası, yapılan jeolojik haritalar, kullanılan çizim programları ile sayısallaştırılarak koordinatlı çalışma sağlanmıştır. Çalışma alanı ve numunelendirme alanları ofis çalışmalarında çizim programları ile belirlenip bu noktalar ve alanın haritalaması ölçüm cihazları yardımıyla (Garmin GPS, Leica) 3 boyutlu olacak şekilde yapılmıştır.

Veritabanının Oluşturulması

Balya bölgesindeki maden yatağı atıkları flotasyon ve izabe atıkları şeklinde ikiye ayrılmış olup, bunların yayılım, kalınlık, yoğunluk, alterasyon, koordinat, oksidasyon gibi verileri tespit edilmiştir. Bu veriler sayısallaştırılarak bilgisayar yazılımı arayüzü ile 3 boyutlu olacak şekilde bir kütle haline getirilmiş ve bu kütle içerisine metal analiz sonuçlarına göre birbirleri arasında etkileşim ve yayılımı kullanılarak modelleme çalışması yapılmıştır. Bu modellemelerin oluşturulmasında uluslararası alanda sıkça kullanılan AutoCad, ArcGis, Micromine adlı yazılımlardan faydalanılmıştır.



Şekil 4. A) Balya (Balıkesir) civarındaki flotasyon ve izabe atıklarının konumunu gösteren dron görüntüsü, B, C) Çalışma alanında gözlenen flotasyon ve izabe atıklarının arazi fotoğrafları.

Figure 4. A) Drone image showing position of the flotation and smelting wastes around Balya (Balıkesir), B, C) Field photographs of the the flotation and smelting wastes in studied area.

Poligon Alanı

Çalışılan bölge içerisinde atıkları temsil edecek şekilde 3 boyutlu kapalı hacmin, tenör ve kaynak analizinin yapılacağı alan tanımlanmıştır. Geniş yayılım gösteren atık alanları 5 flotasyon 1 izabe olacak şekilde bölgelere ayrılıp, blok içerisine alınmıştır.

Modelleme

Yapılan bloklar içerisine alınan numune sonuçlarının Pb-Zn-Fe-Cu elementlerini gösterecek şekilde üç boyutlu diyagramlarla tenör ve kaynak modellemesi yapılmıştır.

Örnekleme

Bu çalışma sırasında flotasyon ve izabe atıklarının bulunduğu alandan toplamda 104 adet hendek numunesi alınmıştır. Alınan numuneler atık alanlarının birbirinden mesafe olarak uzak olmasından dolayı 5 flotasyon 1 izabe alanı olacak şekilde 6 adet atık bölgesine ayrılmıştır. Belirlenen 6 adet bölgeden numunelendirme çalışmaları yapılmıştır. Alınan numunelerin lokasyon haritaları detaylandırılmış, Micromine programında sayısallaştırılmış ve haritada gösterilmiştir. İzabe atıkları Maden Deresi'nin hemen kenarında belirli bir alanda yayılım sunmaktadır. Atık sahasında yapılan çalışmada alınan örnekler, sahayı tamamen tanımlayacak şekilde seçilerek detaylı bir numunelendirme çalışması yapılmıştır. Numunelendirme işlemi, her bir numune 10 kg olacak şekilde keçe yardımıyla alınmıştır (Şekil 5A-F). Flotasyon atıkları dağılık olduğu için 5 ayrı bölüme (A, B, C, D, E), izabe atıkları bir alanda yayılım sunduğu için 1 bölüme ayrılarak çalışılmıştır. Bölgedeki atık dağılımı sabit olmayıp 30 cm'den 20-25 m yüksekliklere ulaşan yığılımlar şeklindedir. Bu tarz bölgelerin ortasında kalan kısımlarının da numunelendirebilmesi ve tepeliklerin yamaçlarını doğru veri üretebilmek için kazıcı bir araç olan JCB ile kanal açılarak numunelendirme çalışması yapılmıştır. Flotasyon atıklarından toplamda 90,

izabe atıklarından 14 numune derlenmiş, sınır alanları çizilmiş ve alanlar üzerine örnek yerleri koordinatlı bir şekilde işaretlenmiştir (Şekil 6).

MİNERALOJİ ve KİMYASAL ANALİZ

Balya bölgesindeki atıklardan derlenen örnekler üzerinde mineralojik içeriğini belirlemek amacıyla XRD çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, mineral birlikteliği anlamında sfalerit, kuvars, magnetit, fayalit, vurtzit, bassanit, K-feldispat, anglezit olarak cevher minerallerinden sfalerit ve gang minerallerinden tespit edilmiştir (*detay için* Baştürk, 2017 *bknz*; Çizelge 1).

Çizelge 1. Balya (Balıkesir) flotasyon ve izabe atıklarında tespit edilen mineralleri.

Table 1. Minerals determined in Balya (Balıkesir) flotation and smelting wastes.

Mineral	Bileşimi
Sfalerit	ZnS
Galen	PbS
Kalkopirit	CuFeS ₂
Pirit	FeS ₂
Manyetit	Fe ₃ O ₄
Wurtzit	(Fe, Zn)S
Kuvars	SiO ₂
Anglezit	PbSO ₄
K-feldspat	KAlSi ₃ O ₈
Bassanit	2CaSO ₄ .H ₂ O
Fayalit	Fe ₂ (SiO ₄)

Balya atık bölgesinde izabe ve flotasyon atıkları üzerinde, atıkların jeokimyasal içeriklerinin belirlenebilmesi amacıyla XRF çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda, 14 adet izabe atıklarından ve 90 adet flotasyon atıklarından olmak üzere toplamda 104 adet örneğin kimyasal analizi yapılmıştır. Atıklarda, 4 değerli elementin (Pb, Zn, Fe, Cu) yüzdelik içerikleri ALS Laboratuvarı (Kanada)'nda X-Ray Flouresence (XRF) yöntemiyle saptanmıştır (Çizelge 2).

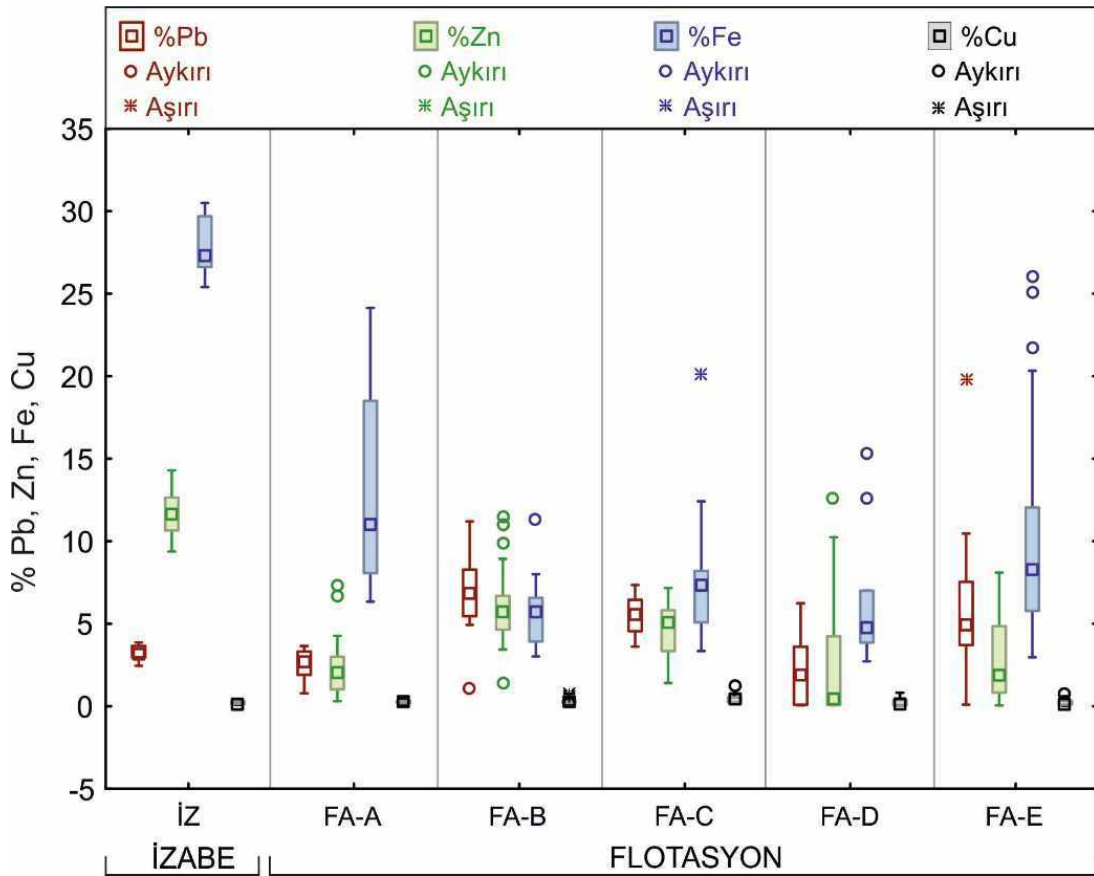


Şekil 5. Koordinatlandırma ve örnekleme işlemleri. **A)** İzabe atıklarının GPS ile koordinatlandırma işlemi, **B)** Maden dere her iki tarafında izabe ve flotasyon atıkları, **C, D)** Flotasyon atıklarında kepçe ile yarma açma ve örnekleme işlemi, **E, F)** İzabe atıklarında örnekleme işlemi.

Figure 5. Coordination and sampling operations. **A)** Coordination process of smelting waste with GPS, **B)** Smelting and flotation waste on both sides of the Maden Stream, **C, D)** Channel opening process and sampling in flotation waste with an excavator, **E, F)** sampling of smelting waste.

Bu analizlere göre, flotasyon atıklarında en düşük Pb içeriği %0,076 en yüksek Pb içeriği %19,829; en düşük Zn içeriği %0,066, en yüksek Zn içeriği %14,300; en düşük Fe içeriği %2,724, en yüksek Fe içeriği %26,076; en düşük Cu içeriği %0,037, en yüksek Cu içeriği %1,286 çıkmıştır (Çizelge 2 ve 3). İzabe atıklarında ise en düşük Pb içeriği %2,450 en yüksek %3,870; en düşük Zn içeriği %9,380 en yüksek %14,300; en düşük Fe içeriği %25,400 en yüksek %30,500; en düşük Cu içeriği

%0,101 en yüksek %0,325 çıkmıştır (Çizelge 2). Analiz sonuçlarına göre flotasyon atıklarında Pb, izabe atıklarında ise Zn oranları gözle görünür oranda yüksek çıkmıştır (Şekil 6). Ayrıca, her bir bölgedeki atıklara ait alan haritası, örnek lokasyonları ve metal derişim haritaları Şekil 7’de verilmiştir. Jeokimyasal kutu diyagramı ve kaynak hesabı için 3 boyutlu ardışık grafik Statistica 12 programında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6. Balya bölgesi flotasyon ve izabe atık bölgelerinin Pb, Zn, Fe, Cu element değışim kutu grafiği.

Figure 6. Box plot showing variations of elements Pb, Zn, Fe and Cu in flotation and smelting waste in Balya region.

Çizelge 2. Flotasyon ve izabe atıklarından derlenen örneklerin koordinatları ve kimyasal analiz sonuçları.**Table 2.** Chemical analyses and coordinates of samples collected from flotation and smelting wastes.

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	%Pb	%Zn	%Fe	%Cu
550708,78	4400883,33	153,01	3,97	İZ	İZ-1	3,66	11,50	26,60	0,17
550723,26	4400913,81	157,56	3,92	İZ	İZ-2	2,80	12,65	26,70	0,24
550711,93	4400904,07	157,27	3,97	İZ	İZ-3	3,87	12,70	25,40	0,21
550708,76	4400890,47	155,63	3,67	İZ	İZ-4	2,96	10,25	30,30	0,29
550692,04	4400919,97	155,53	3,83	İZ	İZ-5	3,26	9,38	30,50	0,30
550737,52	4400993,09	153,62	3,90	İZ	İZ-6	3,80	10,65	29,70	0,14
550737,97	4400972,65	154,40	3,80	İZ	İZ-7	2,52	13,23	28,30	0,14
550742,35	4400943,94	155,58	3,89	İZ	İZ-8	3,12	11,23	26,62	0,20
550743,70	4400896,21	154,22	3,95	İZ	İZ-9	3,00	12,33	28,23	0,10
550676,17	4400898,93	157,85	3,95	İZ	İZ-10	3,26	9,38	30,50	0,32
550712,55	4400957,31	154,99	4,00	İZ	İZ-11	2,45	11,22	26,96	0,33
550686,78	4400863,20	154,93	4,20	İZ	İZ-12	2,96	12,50	27,54	0,12
550746,16	4400871,55	154,22	4,02	İZ	İZ-13	3,26	14,30	25,68	0,17
550712,04	4400839,64	152,91	3,98	İZ	İZ-14	3,69	11,95	27,12	0,15
551150,00	4401984,00	139,00	3,01	FA-A	FA-A1	2,79	1,87	21,92	0,38
551224,00	4402015,00	141,00	2,89	FA-A	FA-A2	2,84	2,54	15,39	0,46
551203,00	4402041,00	139,00	2,95	FA-A	FA-A3	2,67	2,53	23,04	0,22
551244,00	4402082,00	138,00	3,12	FA-A	FA-A4	3,64	4,27	8,50	0,20
551286,00	4402164,00	135,00	2,92	FA-A	FA-A5	3,35	7,32	12,39	0,28
551228,00	4402132,00	139,00	3,05	FA-A	FA-A6	1,76	3,13	7,95	0,20
551164,00	4402115,00	140,00	2,95	FA-A	FA-A7	2,31	6,65	7,55	0,35
551145,00	4402078,98	137,48	2,97	FA-A	FA-A8	2,05	1,90	11,60	0,38
551153,00	4402043,55	138,13	2,50	FA-A	FA-A9	1,53	0,68	10,53	0,18
551084,00	4402028,07	136,70	2,98	FA-A	FA-A10	2,61	3,49	11,82	0,26
551072,00	4401949,73	138,35	3,02	FA-A	FA-A11	3,36	1,87	24,14	0,36
551104,00	4402001,04	138,55	2,88	FA-A	FA-A12	1,86	0,64	17,09	0,16
551224,25	4402190,07	136,35	2,91	FA-A	FA-A13	2,60	0,92	8,98	0,29
551190,27	4402085,19	137,76	2,68	FA-A	FA-A14	1,36	2,19	6,34	0,09
551025,57	4401939,31	139,13	2,61	FA-A	FA-A15	0,79	2,87	19,92	0,21
551038,52	4401887,21	140,12	3,02	FA-A	FA-A16	2,99	1,87	20,90	0,28
551047,28	4401961,92	138,35	2,82	FA-A	FA-A17	1,95	2,45	7,80	0,24
551191,74	4402158,51	136,03	2,65	FA-A	FA-A18	3,65	1,13	8,19	0,18
551254,57	4402161,94	136,59	2,75	FA-A	FA-A19	3,28	0,44	7,77	0,22
551112,44	4402049,31	136,85	2,76	FA-A	FA-A20	3,47	0,31	8,52	0,12
550964,09	4401949,48	133,78	3,08	FA-B	FA-B1	8,28	6,45	3,34	0,18
550955,00	4401945,57	135,01	3,00	FA-B	FA-B2	9,38	3,45	3,81	0,29
550954,86	4401940,08	135,65	3,14	FA-B	FA-B3	8,17	5,53	5,73	0,20
550944,86	4401923,83	136,93	3,10	FA-B	FA-B4	9,57	5,32	3,92	0,29
550942,18	4401953,14	140,34	3,14	FA-B	FA-B5	9,08	5,75	3,52	0,22
550923,46	4401879,98	139,09	3,19	FA-B	FA-B6	11,20	3,44	6,09	0,31
550921,92	4401977,02	138,44	3,07	FA-B	FA-B7	7,58	4,64	5,03	0,25
550950,69	4401946,04	137,85	3,04	FA-B	FA-B8	8,08	4,75	3,02	0,12
550918,06	4401900,12	135,74	3,11	FA-B	FA-B9	5,79	8,92	6,07	0,48
550918,99	4401872,19	137,24	3,17	FA-B	FA-B10	9,92	4,44	6,59	0,21
550960,00	4401948,86	135,49	2,65	FA-B	FA-B11	1,12	1,45	3,64	0,13
550879,60	4401896,62	139,03	3,21	FA-B	FA-B12	6,79	9,92	6,47	0,68

Çizelge 2'nin devamı / Continuation of Table 2

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	%Pb	%Zn	%Fe	%Cu
550899,85	4401913,85	139,76	3,15	FA-B	FA-B13	6,02	8,93	4,47	0,32
550907,49	4401955,76	139,88	3,15	FA-B	FA-B14	5,80	10,93	6,57	0,78
550945,07	4401904,55	137,87	3,08	FA-B	FA-B15	7,57	4,32	4,96	0,12
550919,13	4401944,60	139,88	3,20	FA-B	FA-B16	5,46	11,52	11,30	0,34
550886,73	4401882,70	135,62	3,18	FA-B	FA-B17	4,93	5,71	7,63	0,20
550894,60	4401903,73	136,69	3,20	FA-B	FA-B18	5,01	6,69	6,25	0,25
550904,35	4401892,54	136,86	3,27	FA-B	FA-B19	6,46	4,91	5,53	0,44
550900,21	4401943,37	138,04	3,25	FA-B	FA-B20	5,33	5,74	6,71	0,23
550921,65	4401925,93	136,81	3,26	FA-B	FA-B21	4,97	6,21	8,00	0,25
550702,85	4400982,04	157,60	3,11	FA-C	FA-C1	5,13	7,14	3,35	0,30
550707,42	4401014,16	158,98	3,08	FA-C	FA-C2	5,86	3,34	7,48	0,23
550669,00	4400966,62	162,47	3,06	FA-C	FA-C3	6,02	5,46	4,99	0,54
550611,43	4401003,22	166,40	3,06	FA-C	FA-C4	7,08	5,11	4,69	0,48
550653,00	4400998,10	164,12	3,20	FA-C	FA-C5	5,74	6,87	6,86	0,74
550709,00	4401041,14	158,17	3,15	FA-C	FA-C6	4,19	5,37	7,81	0,54
550720,59	4401107,32	150,90	3,22	FA-C	FA-C7	4,24	5,00	7,39	0,50
550681,00	4401068,85	158,54	3,14	FA-C	FA-C8	7,23	4,43	5,06	1,29
550656,35	4401095,20	160,49	3,11	FA-C	FA-C9	4,87	7,16	8,00	0,41
550635,41	4401046,09	160,15	3,13	FA-C	FA-C10	5,44	4,73	8,20	0,37
550674,00	4401039,76	155,33	2,95	FA-C	FA-C11	3,61	1,57	20,07	0,67
550631,00	4401023,42	160,84	3,30	FA-C	FA-C12	4,55	5,82	7,08	0,22
550687,64	4401057,65	162,29	3,26	FA-C	FA-C13	6,96	5,13	5,08	0,41
550692,23	4401126,27	158,59	3,10	FA-C	FA-C14	3,67	5,62	7,12	0,19
550625,40	4401066,75	161,00	3,28	FA-C	FA-C15	5,80	6,54	8,61	0,28
550617,43	4401036,47	161,00	3,12	FA-C	FA-C16	6,45	3,09	12,42	0,13
550624,48	4400974,40	162,02	3,15	FA-C	FA-C17	7,35	3,26	8,68	0,22
550655,10	4400947,05	156,13	2,87	FA-C	FA-C18	5,36	1,41	6,42	0,24
550895,36	4400985,84	168,83	3,72	FA-D	FA-D1	3,60	10,24	5,61	0,31
550833,84	4400988,02	158,07	3,51	FA-D	FA-D2	6,24	12,61	15,38	0,82
550831,11	4401009,86	155,40	3,42	FA-D	FA-D3	3,78	4,24	7,00	0,48
550879,93	4401032,01	160,75	2,55	FA-D	FA-D4	0,06	0,07	2,72	0,07
550832,00	4401072,00	153,00	2,50	FA-D	FA-D5	0,09	0,12	3,68	0,18
550868,00	4401091,00	156,00	2,69	FA-D	FA-D6	0,07	0,08	3,86	0,05
550807,98	4401045,60	154,00	2,71	FA-D	FA-D7	1,88	0,08	4,79	0,13
550795,54	4400979,26	154,00	2,65	FA-D	FA-D8	1,27	0,54	4,51	0,39
550849,23	4401035,18	153,66	3,02	FA-D	FA-D9	1,95	0,51	12,67	0,07
550630,58	4400582,80	158,78	2,86	FA-E	FA-E1	1,66	0,75	5,49	0,08
550637,21	4400597,32	158,55	3,06	FA-E	FA-E2	8,01	1,34	8,35	0,16
550619,04	4400417,70	161,44	2,99	FA-E	FA-E3	6,48	5,21	7,85	0,42
550635,75	4400555,51	156,46	2,74	FA-E	FA-E4	0,20	0,95	5,78	0,03
550643,36	4400451,67	158,70	2,95	FA-E	FA-E5	5,77	8,10	9,48	0,42
550612,22	4400452,28	161,85	2,85	FA-E	FA-E6	6,48	3,30	7,65	0,32
550579,27	4400445,31	166,91	3,00	FA-E	FA-E7	4,10	6,34	7,41	0,60
550599,42	4400558,88	166,13	2,55	FA-E	FA-E8	0,10	0,05	5,78	0,07
550633,85	4400601,33	160,02	2,86	FA-E	FA-E9	0,32	0,72	2,97	0,04
550645,53	4400623,42	158,86	3,15	FA-E	FA-E10	8,00	2,24	11,53	0,73
550636,00	4400673,48	160,95	2,65	FA-E	FA-E12	2,64	7,16	5,63	0,34

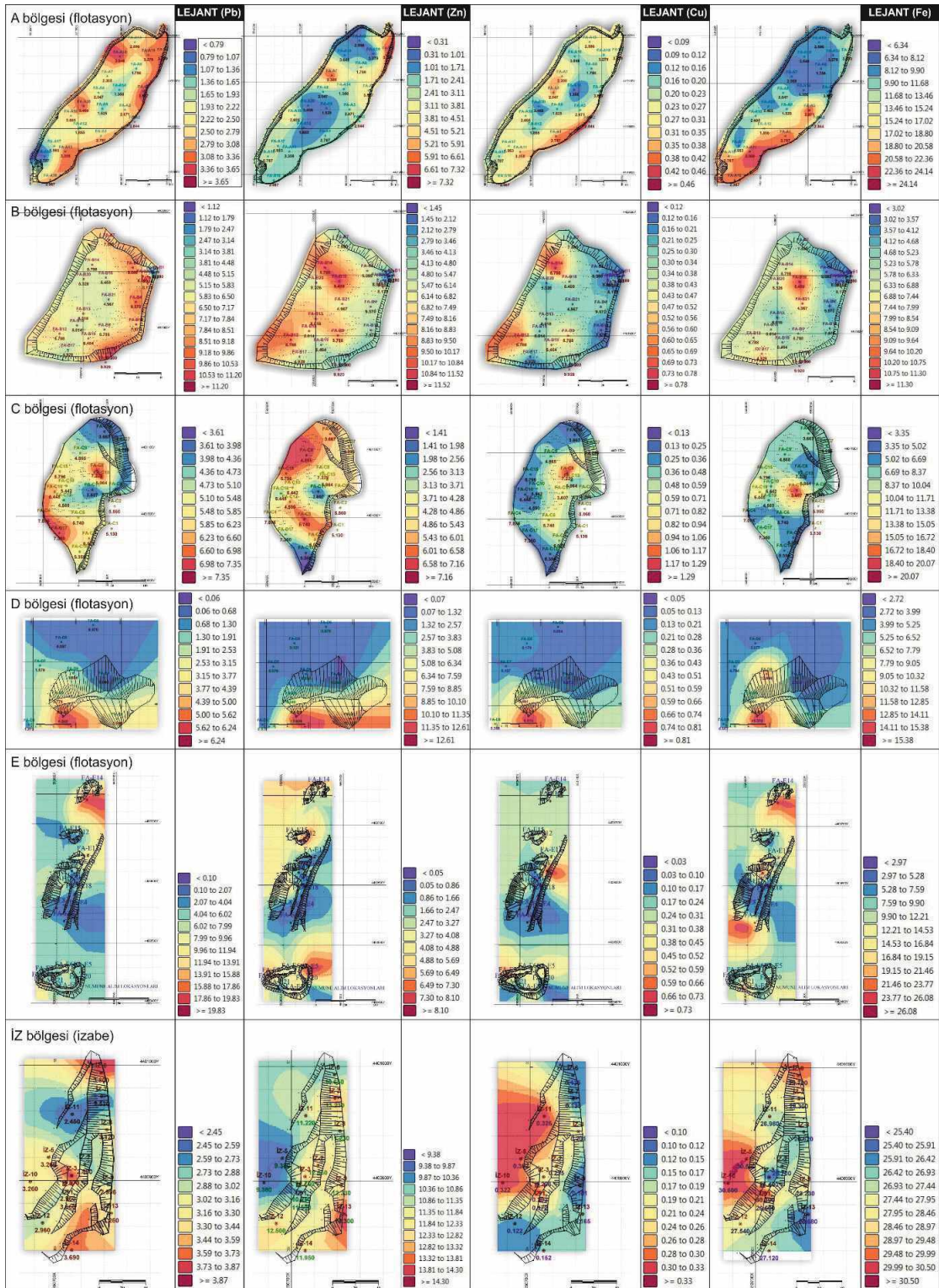
Çizelge 2'nin devamı / Continuation of Table 2

X	Y	Z	Yoğunluk	Proje	Numune No	%Pb	%Zn	%Fe	%Cu
550650,60	4400740,04	163,00	3,75	FA-E	FA-E13	19,83	2,62	25,02	0,25
550659,41	4400763,98	164,98	3,20	FA-E	FA-E14	5,49	6,23	8,28	0,24
550622,38	4400679,30	164,33	2,82	FA-E	FA-E15	3,71	4,05	11,23	0,25
550625,24	4400621,05	165,97	2,71	FA-E	FA-E16	3,86	1,51	21,80	0,12
550608,60	4400594,78	167,13	3,52	FA-E	FA-E17	7,54	4,85	4,26	0,30
550640,42	4400583,49	156,70	2,92	FA-E	FA-E18	4,89	0,44	8,03	0,10
550612,33	4400537,11	161,66	2,82	FA-E	FA-E19	5,00	0,83	26,08	0,12
550639,18	4400432,03	160,47	2,71	FA-E	FA-E20	4,06	1,34	12,90	0,08
550593,11	4400425,52	165,46	3,10	FA-E	FA-E21	4,74	1,41	20,33	0,12
550576,28	4400435,60	168,03	3,12	FA-E	FA-E22	10,47	3,31	10,35	0,15

Çizelge 3. Flotasyon ve izabe atıklarının ortalama tenör değerleri

Table 3. Average grade values of flotation and smelting waste.

Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min. Pb Değer	Max. Pb Değer	Pb Medyan	Ort. %Pb	Min. Zn Değer	Max. Zn Değer	Zn Medyan	Ort. %Zn
FA-A	21	0,78	3,65	2,64	2,54	0,31	7,32	2,04	2,45
FA-B	20	1,12	11,20	6,79	6,98	1,45	11,52	5,71	6,14
FA-C	18	3,61	7,35	5,59	5,53	1,41	7,16	5,12	4,84
FA-D	9	0,06	6,24	1,88	2,11	0,07	12,61	0,51	3,16
FA-E	22	0,10	19,83	4,94	5,58	0,05	8,10	1,88	2,88
TOPLAM	90	0,60	11,20	4,87	4,71	0,05	12,61	3,47	3,97
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min. Fe Değer	Max. Fe Değer	Fe Medyan	Ort. %Fe	Min. Cu Değer	Max. Cu Değer	Cu Medyan	Ort. %Cu
FA-A	21	6,34	24,14	11,07	13,02	0,09	0,46	0,23	0,25
FA-B	20	3,02	11,30	5,73	5,65	0,12	0,78	0,25	0,30
FA-C	18	3,35	20,07	7,26	7,74	0,13	1,29	0,39	0,43
FA-D	9	2,72	15,38	4,79	6,69	0,05	0,82	0,18	0,28
FA-E	22	2,97	26,08	8,32	10,83	0,03	0,73	0,20	0,24
TOPLAM	90	2,72	26,08	7,59	9,07	0,03	1,29	0,25	0,30
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min. Pb Değer	Max. Pb Değer	Pb Medyan	Ort. %Pb	Min. Zn Değer	Max. Zn Değer	Zn Medyan	Ort. %Zn
İZ	14	2,45	3,87	3,19	3,19	9,38	14,3	11,73	11,66
Numune Bölgesi	Numune Adedi	Min. Fe Değer	Max. Fe Değer	Fe Medyan	Ort. %Fe	Min. Cu Değer	Max. Cu Değer	Cu Medyan	Ort. %Cu
İZ	14	25,4	30,5	27,33	27,87	0,1	0,33	0,19	0,205



Şekil 7. Balya bölgesi flotasyon ve izabe atık bölgelerinde Pb, Zn, Cu, Fe elementlerinin alansal dağılım haritası.
 Figure 7. Distribution map of elements Pb, Zn, Cu and Fe in area of flotation and smelting waste in Balya region.

KAYNAK HESABI

Veritabanı

Jeostatistiksel bir analizde, incelenen sahadaki veriler iyi bir şekilde organize edilmeli ve elde edilen veriler dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Elde edilen bu veriler (2 boyutlu ya da 3 boyutlu) birbirleriyle karşılaştırılmalı ve yorumlanmalıdır (Çetin, 1996). Veri kaynakları değişkenler, özellikler ve koordinatlar olmak üzere üç tipe ayrılmaktadır. Bunlardan; değişkenler; mineral içeriklerini, istenmeyen maddelerin miktarlarını, litolojik özellikleri, mineralojiyi, diğer sınıflayıcıları; koordinat sistemi veriye göre 2 veya 3 boyutlu olarak değişimleri içermektedir. 3 boyutlu verilerde ortogonal koordinatlar (X, Y, Z) yer almaktadır. Kullanılan verilerin saha çalışmasından analiz aşamasına ve verilerin dijitalize edilmesine kadar tüm aşamalarda öncelik, doğru veri üretilmesi, doğru analiz seçimi, kontrollü analiz edilmesi ve verilerin kullanılabilir olması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Veri akım şeması a) Dijital veritabanı oluşturulması, b) Analiz verilerinin girilmesi, c) Haritalar (topoğrafik ve diğer haritalar), d) Jeolojik kesit(ler), e) Jeolojik katı model, f) Blok model, g) Mineral kaynağı ve kaynak hesaplama şeklindedir (Baştürk, 2017).

Micromine Programı Kullanılarak Ordinary Kriging Yöntemi ile Alansal Dağılım Haritası Yapılması

Kimyasal analizler sonucunda elde edilen veriler, Micromine programı ile "Ordinary Kriging" metodu kullanılarak elementlerin alansal dağılım haritaları yapılmıştır. Kriging metodu, mekânsal tahmin için en elverişli jeostatistiksel bir tekniktir (Waller ve Gotway, 2004). Kullanılan kriging tekniği, diğer tahmin tekniklerine göre daha tarafsız ve objektif sonuçlar vermektedir (Deutsch ve Journel, 1992; Abtey vd., 1993; Başkan, 2004; Webster ve Oliver, 2007). Kriging metodunun en önemli özelliği, çok fazla verinin birbiriyle olan

karşılaştırılmalarında tahmin edilen bir nokta veya alan için bir varyans değerini hesaplayabilmesidir (Başkan, 2004). Başkan (2004)'e göre, kesin değerler arasındaki varyans ile bir nokta veya alan için hesaplanan varyans değeri arasındaki ilişkide ölçülmeyen nokta veya alan için tahmin edilen değerler daha küçük olması, güvenilir olduğunu göstermektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan Kriging yöntemleri Simple Kriging, Ordinary Kriging, Universal Kriging 20, Disjunctive Kriging ve Cokriging olmak üzere 5 ayrı kategoride incelenmektedir (Yiğit, 2003).

Bu yöntemlerden, Ordinary Kriging yönteminin ilk aşaması, enterpole edilecek noktalar kümesinden varyogram oluşturmaktır. İkinci aşamada ise deneysel variogramın, teorik variogram baz alınarak oluşturulmasıdır. Kriging metodunun uygunluğu, veri popülasyonunun dağılımına, birim mesafedeki tenör varyansına, yöne bağlı anisotropinin varlığına vb. parametreler değerlendirilerek belirlenmektedir. (Yaprak ve Arslan, 2008). Ordinary Kriging'de kullanılan temel eşitlik aşağıdaki hesaplama göre yapılmaktadır:

$$Np = \sum_{i=1}^n Pi * Ni$$

Burada; n modeli oluşturan nokta sayısı; Ni , Np 'nin hesabında kullanılan noktaların ondülasyon değerleri; Np Aranılan ondülasyon değeri; Pi , N 'nin hesabında kullanılan her Ni değerine karşılık ağırlık değerleridir. Bu IDW enterpolasyonu için kullanılan eşitliğin benzeridir. Burada fark ağırlık sadece mesafeye dayanmaz, aynı zamanda model variogramla ilişkilidir (Yaprak ve Arslan, 2008). Yapılan kimyasal analizler sonucunda değerli metallere Pb, Zn, Cu, Fe anomali değerleri verdiği için Ordinary kriging yöntemine uygun görülüp haritaları çizilmiştir. Bu elementlerin alansal dağılım haritasına göre bordo renkli alan anomali olarak daha yüksektir. Mavi renkli alana gidildikçe anomali düşmektedir. Sarı renkli alan ise o element için geçiş alanını göstermektedir.

Histogram

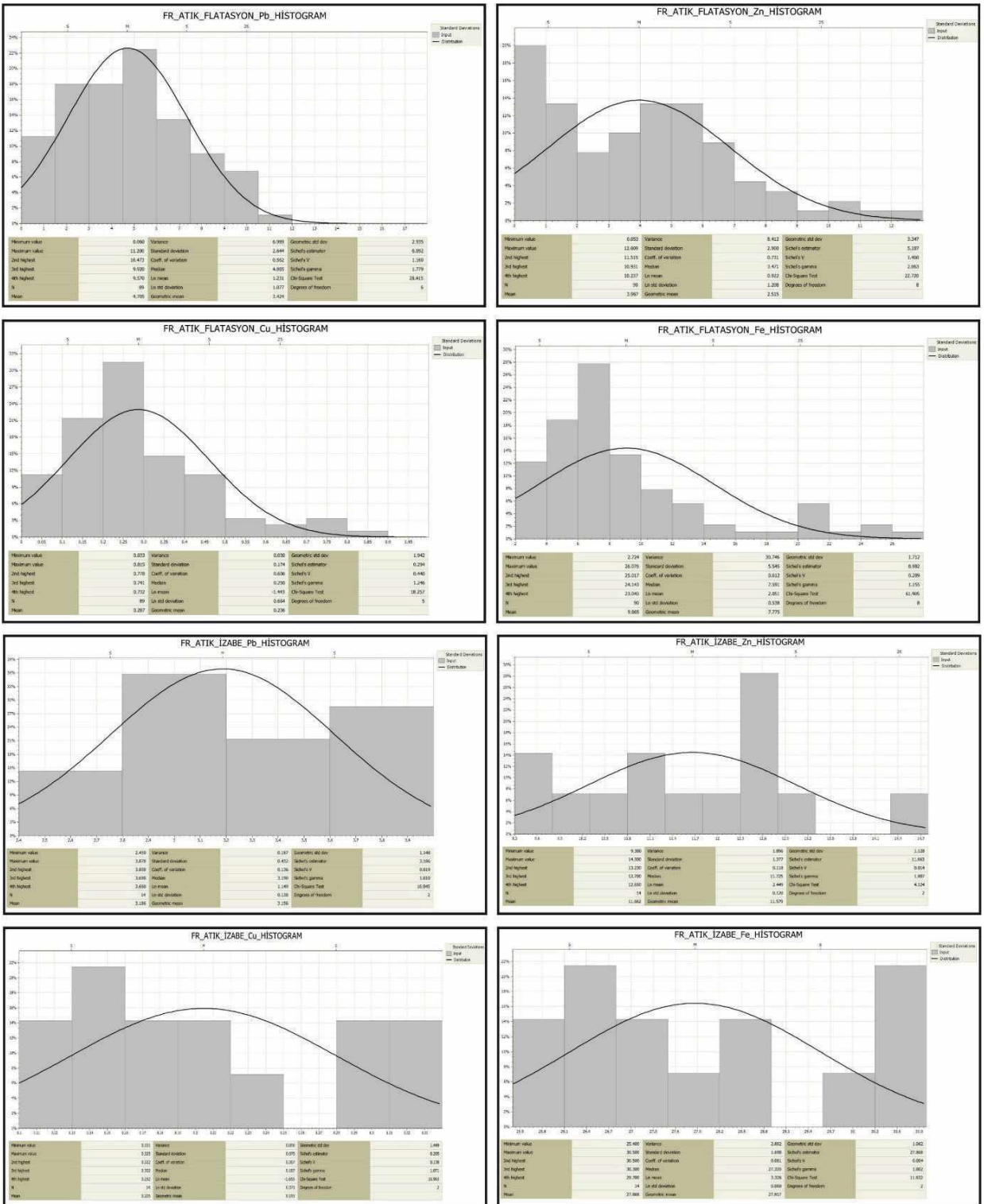
Çok fazla verinin (analiz) dağılımını yeniden düzenleyerek, dağılımı, sayı kümeleri ve orta noktayı gösteren grafiklere “*histogram*” adı verilmektedir. Histogramda, elde edilen veriler istenilen aralıklara bölünür ve her bir aralığa düşen veri sayısı ya da oranı hesaplanarak sütun grafikler şeklinde gösterilmektedir. Grafiğin X eksenini verilerde istenilen aralıkların sayısal verisini gösterir. Y eksenini ise X ekseninde belirtilen aralıktaki veri frekansını gösterir. Buna frekans denilmektedir. Her aralıkta frekans değeri olmayabilir; buna ek olarak değer olmadığı zaman aralıklar boş kalabilir. Bunun bir diğer bulma yöntemi değerler toplamının toplam veri sayısına oranlamasıdır. Dağılım değerlerinin ortalamadan sapmasını ölçme yöntemine “varyans” denilmektedir. Veriler küçükten büyüğe doğru dizildiğinde veri dizisinin ortasında kalan değere ise “Ortanca (median) değer” denir. Bütün verilerin sayısı tek sayı ise ortada kalan sayı alınır, eğer çift sayı ise ortaya düşen 2 sayının ortalaması alınmaktadır. Histogram grafiklerini oluşturmadaki ana amaç, çok fazla olan sayısal verinin dağılımını, ortanca sayısını ve ortalama değerini almaktır. Burada dikkat edilmesi gereken veri topluluğunun histogram grafikleri üzerinde dağılımını görmektir. Histogram dağılımları tek bir yükselme eğrisi verirse bu eğrilere normal dağılımlı, eğer birden fazla değer verirse değişken dağılımlı histogramları oluşturur. Değişken dağılımlı histogramlarda çalışmak için her bir pik noktasının veri alanı alınarak farklı kompozitlemeler yapılmalıdır (Baştürk, 2017).

Yapılan çalışmada elde edilen histogram grafiklerine bakıldığı zaman hepsinde normal bir dağılım görülmektedir (Şekil 8). Normal dağılım eğrisi, ölçme sonuçlarının orta noktalarında yoğunlaştığı, uç noktalarda seyrekleştiği bir dağılım şeklini ifade etmektedir. Verilerin normal dağılım gösterip gösteremediğini belirlemenin bir diğer yolu ortalama, mod ve medyan değerlerine bakmaktır. Normal dağılımda bu değerler çakışıktır. Bu istatistikler birbirine yaklaştığı ölçüde dağılım normal dağılıma yaklaşır. Birbirinden uzaklaştığı ölçüde dağılım

çarpıklaşmaktadır. Ancak, bu yakınlığın düzeyi ile ilgili belirli bir standart yoktur. Bu sebeple normal dağılım gösteren histogram parametreleri Kriging yönteminde kullanılmıştır.

Micromine Programı

Çalışma alanındaki jolojik haritaların ve numunelendirme çalışmalarının sayısallaştırması, numune yer tayini, numuneler arası karşılaştırma, kaynak, tenör hesaplamalarında ve modellemelerinde dünyaca bilinen Micromine programı kullanılmıştır. Bu program 3 boyutlu jeoloji ve maden planlama, tasarlama alanlarında birçok firma tarafından kullanılmaktadır. Program kolay ve pratik ara yüz olmasından ve koordinat sistemiyle çalışmasından, açık işletme, yeraltı üretim operasyonları ve maden arama projeleri için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Micromine Programı 3 boyutlu ara yüzü ile görüntüleme, yüzey modelleme, otomasyon, ocak dizaynı, blok model, kriging, jeostatistik analiz gibi modülleri içeren bir maden yazılım programıdır. Excel tabanlı çalışan programın geniş bir veri girişi yelpazesinin olması ve matematiksel işlemlerde oldukça esnek olması gibi avantajları bulunmaktadır. Bu programa excel formatından veri girişi yapılabilmektedir ve yapılan çizim veya kapalı alanların X, Y, Z koordinatlarını otomatik olarak alabilmektedir ve diğer çizim programları veya ofis programlarından Excell formatında da import ve export yapılabilmektedir. Fransız şirketinin üretim yaptığı dönemde atılan atıkların dere yatağına atılmasından kaynaklı mevsimler yağışlar ile aşındırılarak taşınmış olması ve/veya yol dolgusu olarak kullanılmasından günümüzde ilksel formunu koruyamamıştır. Bu sebepten tüm alanların üst noktalarının ölçülmesi, taban noktalarının yüzey, dere, eğim parametreleri hesaplanarak 3 boyutlu kapalı bir alan oluşturulmasından dolayı bu program seçilmiştir. Program ile oluşturulan alanın hacimsel değerinin içerisine atılan analiz değerleri ve yoğunluklarla ilgili parametreler kullanılarak, alanın istenilen elementteki kütlesi program ile hesaplanabilmektedir.



Şekil 8. İzabe ve flotasyon atıklarından derlenen numunelerin histogram diyagramları.
 Figure 8. Histogram diagrams of samples collected from the smelting and flotation wastes.

Blok Model

Atık alanları GPS ve Leica marka ölçüm cihazı ile X, Y, Z olmak üzere atık çevresi ve yükseklik veren kısımlarının koordinatları alınıp ofis çalışmalarında öncelik olarak kapalı bir alan (katı blok) haline getirilmiştir. Oluşturulan katı bloklar içerisinde alınan numune yerleri ve yüzdesel analiz sonuçları işlenmiştir. Blok modelin oluşturulmasında Micromine madencilik yazılım programı kullanılmıştır. Çalışma alanı birbirinden farklı noktalarda olduğu için 5 flotasyon, 1 izabe şeklinde 6 bölüme ayrılmıştır. Ayrım sonrasında herbir atık bloğunun kapladığı alan 3 boyutlu olacak şekilde katı blok haline getirilmiştir. Yapılan jeostatistiksel analizler doğrultusunda cevher dağılımı ve oluşacak blok parametreleri X, Y, Z yönlerinde 1x1x1 m olarak belirlenmiştir. Poligon alanındaki topoğrafyadaki numuneler arası mesafe sabit aralıklar ile olmadığından X ve Y yönünde 1 m alınması düşünülmüştür (düşük aralık seçmek, veri yoğunluğuna ve varyansa göre farklı sonuçlar doğurur. Çok küçük boyutlar detay sonuçtan ziyade, hata oranını arttırabilir bu sebepten elde edilen verilere göre dar aralık seçilmesi hatayı minimuma indirecektir). Atık yığınları en fazla 1-10 arası kalınlık verdiği için burada da "Z", 70 yıllık üretim sırasında farklı dönemlere ait yığılımların olması ve erozyona bağlı değişken kalınlık içerdiği ve gerçeği yansıtmaması için blok boyutlarında aralık 1 m olarak kabul edilmiştir. Sınıflandırılarak oluşturulan 6 bölge için ayrı solidler oluşturulmuştur. Her bir solid içerisinde oluşturulacak bloklar düzensiz geometriden sabit boyutlar kullanılmıştır. Çalışma sahasındaki oluşturulan 3 boyutlu blok model görüntüleri Şekil 9A-F'de verilmiştir.

Yapılan katı blok içerisinde tenör ataması için alınan 90 adet numunenin Pb, Zn, Fe, Cu metal analizleri işlenmiş ve yukarıdaki parametrelere göre blok tenör ataması yapılmıştır. Yapılan tenör atamasında oluşturulan search elipsoid parametrelerinin belirlenmesinde, numuneler arasında uzaklık parametrelerinin histogram

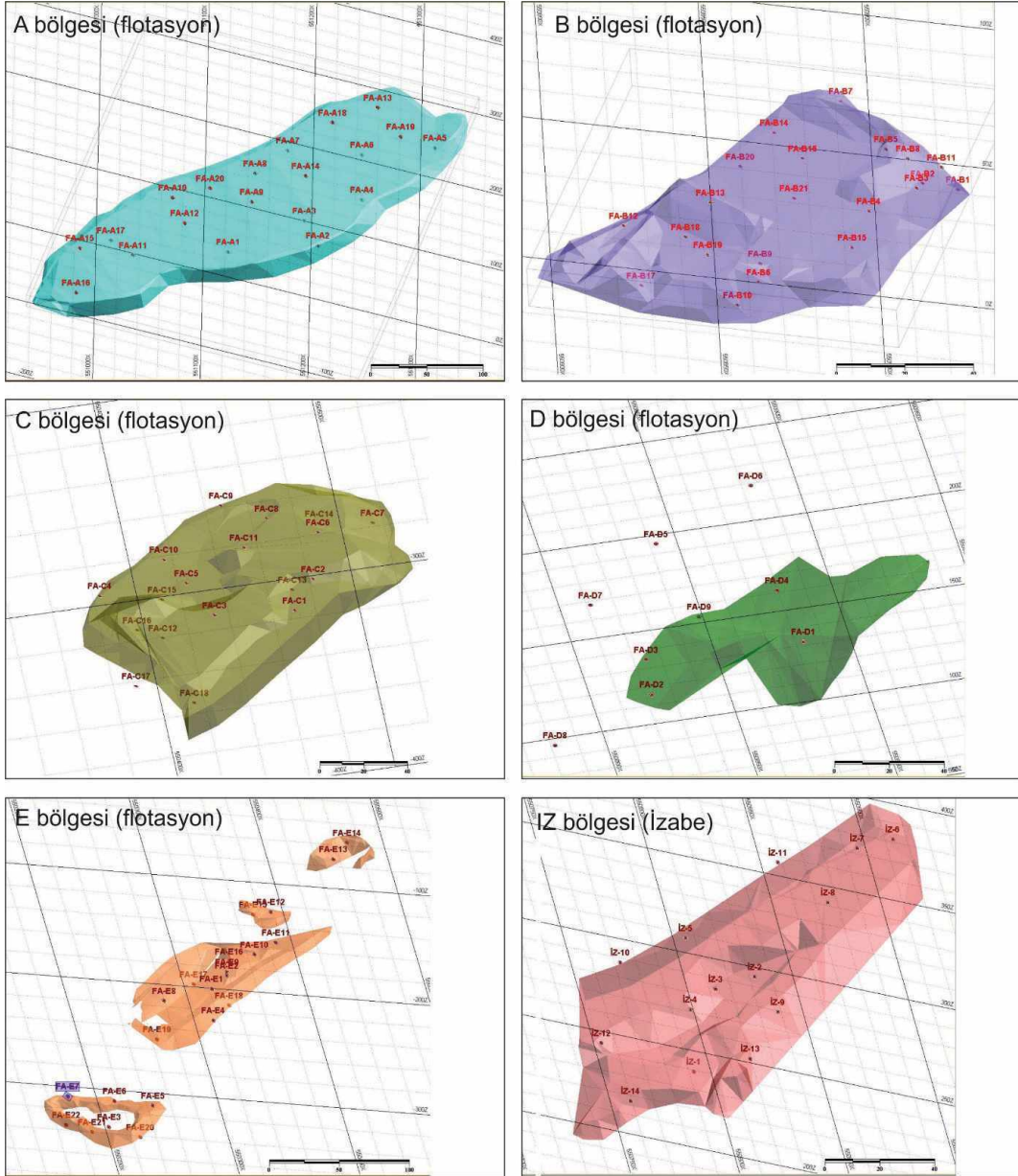
eğrileri yapılarak median değeri kullanılmıştır. Yatay istifleme yapılması aramanın 1. parametresini vermektedir. Yapılan yarma çalışmaları ve aşınma alanlarındaki çalışmada yataya bağlı yapılan istifleme gözükmüş derine doğru dik bir şekilde değişkenlik gözlemlendiği için 2. parametre -90 derece olarak alınmıştır. Herhangi bir tarafa dalım olmaması ve yatay olmasından 3. parametrede 0 derece olarak alınmıştır. Variogramlar oluşturularak, uygulanacak IDW yönteminde kullanılacak olan arama elipsoidi parametreleri Micromine programı tarafından yapılmıştır.

Kaynak Tahmini

Çalışılan saha üzerindeki atık poligonlarının çevresi keskin hatlarla ayrıldıktan sonra yığılımlar üzerinden alınan 90 adet flotasyon ve 14 adet izabe numunesinin hepsinde yoğunluk analizi yapılmış olup, bu verilerin ortalama değerleri Çizelge 4, 5, 6 ve 7'de verilmiştir. Yapılan yoğunluk analizlerinin flotasyon atıkları için yoğunluğu ortalama 3,02 gr/m³, izabe atıkları için ise ortalama 3,93 gr/m³ bulunmuş ve blok model hesaplamalarında ayrı model hesaplaması yapılmıştır. Oluşturulan blok ile Pb, Zn, Cu, Fe, elementleri giydirilerek cevher tenör değerleri hesaplamaya çalışılmıştır. Mümkün kaynak hesabı yapılacağı için Cut off değeri alınmamıştır. Pb, Zn, Fe elementi için alt sınır %0,1, Cu elementi için ise 1 gr/ton olarak düşünülmüştür. Kaynak hesabı için Micromine programı kullanılmış olup, alınan numune analizleri variogram eğrilerine göre değerlendirilmiş ve model parametreleri belirlendikten sonra yoğunluk analizleri kullanarak blok model oluşturulmuştur. 5 flotasyon ve 1 izabe atığı olarak belirlenen bloklar için ayrı ayrı kaynak hesaplamaları yapılmıştır. Her blok için Pb, Zn, Cu, Fe elementleri için ayrı tenör hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan blok modelden alınan rapora göre hazırlanan tabloda ilgili cevher bloğu ve kaynak görülebilmektedir. Çalışma alanı bir cevher yatağı olmayıp yığın şeklinde atılmış bir

kütle olduğu için ve kaynak hesabı yapıldığından raporlama yapılırken Cutoff grade ayırtması yapılmayıp komple potansiyel hesabı yapılmıştır. Pb, Zn, Fe ve Cu elementleri için kaynak bilgileri cevher değeri için “%” ve miktarı “Ton” şeklinde verilmiştir. Yapılan kaynak hesabına göre; izabe atıklarında 10.373 ton %3,16 Pb, 36.372 ton

%11,08 Zn, 87.090 %26,53 Fe, 722 ton %0,22Cu; flotasyon atıklarında 72.761 ton %4,38 Pb, 67.661 ton %4,10 Zn, 235.452 ton %8,48 Fe ve 6.243 ton %0,29 Cu tespit edilmiş ve ekonomik olabilecek mümkün kaynak miktarı ortaya konulmuştur (Çizelge 4, 5, 6 ve 7, Şekil 10).



Şekil 9. İzabe ve flotasyon atıklarının katı blok çizimleri ve numune yerleri.

Figure 9. Sample locations and solid block drawing of smelting and flotation waste.

Çizelge 4. Flotasyon atıklarının alan, yoğunluk %Pb, %Zn element içerikleri ve kaynak (ton) verileri.

Table 4. Volume and density of Pb (wt%)-Zn (wt%) concentrations and resources data (tons) of flotation waste.

Bölge	Hacim	Tonaj	Yoğunluk	Pb (%)	Pb (ton)	Zn (%)	Zn (ton)
A_Katı_Blok	431.653,72	1.238.846	2,87	2,47	30.600	2,30	28.493
B_Katı_Blok	38.906,18	121.776	3,13	6,87	8.366	6,19	7.538
C_Katı_Blok	183.656,47	574.845	3,13	5,28	30.352	4,97	28.570
D_Katı_Blok	13.408,06	39.822	2,97	1,88	749	4,42	1.760
E_Katı_Blok	16.770,12	49.807	2,97	5,41	2.695	2,61	1.300
TOPLAM	684.394,55	2.025.096	3,01	4,38	72.761	4,10	67.661

Çizelge 5. Flotasyon atıklarının alan, yoğunluk %Pb, %Zn element içerikleri ve kaynak (ton) verileri.

Table 5. Volume and density of Fe (wt%)-Cu (wt%) concentrations and resources data (ton) of flotation waste.

Bölge	Hacim	Tonaj	Yoğunluk	Fe (%)	Fe (ton)	Cu (%)	Cu (ton)
A_Katı_Blok	431653,72	1.238.846	2,87	13,93	172.571	0,25	3.097
B_Katı_Blok	38906,18	121.776	3,13	5,77	7.026	0,30	365
C_Katı_Blok	183656,47	574.845	3,13	8,57	49.264	0,45	2.587
D_Katı_Blok	13408,06	39.822	2,97	4,38	1.744	0,20	80
E_Katı_Blok	16770,12	49.807	2,97	9,73	4.846	0,23	115
TOPLAM	684394,55	2.025.096	3,01	8,48	235.452	0,29	6.243

Çizelge 6. İzabe atıklarının yoğunluk Pb, Zn element yüzdesi ve kaynak (ton) verileri.

Table 6. Volume and density of Pb (wt%)-Zn (wt%) concentrations and resources data (ton) of smelting waste.

Bölge	Hacim	Tonaj	Yoğunluk	Pb (%)	Pb (ton)	Zn (%)	Zn (ton)
IZ_Katı_Blok	83528,81	328.268	3,93	3,16	10.373	11,08	36.372

Çizelge 7. İzabe atıklarının yoğunluk %Fe, %Cu element içerikleri ve kaynak (ton) verileri.

Table 7. Volume and density of Fe (wt%)-Cu (wt%) concentrations and resources data (tons) of smelting wastes.

Bölge	Hacim	Tonaj	Yoğunluk	Fe (%)	Fe (ton)	Cu (%)	Cu (ton)
IZ_Katı_Blok	83528,81	328.268	3,93	26,53	87.090	0,22	722

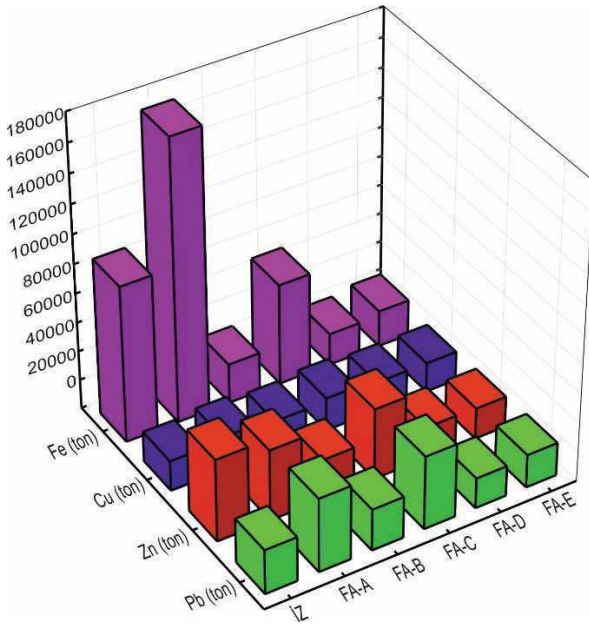
SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Balya (Balıkesir) Pb-Zn cevherleşmelerinin işletilmesi sonrasında ortaya çıkan maden atıkları, flotasyon ve izabe atıkları olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Yapılan çalışmada;

1) Yayılım, kalınlık, yoğunluk, alterasyon, koordinat, oksidasyon gibi mineral ve değerli element tayini için 90 adet flotasyon 14

adet izabe olmak üzere toplam 104 numune alınmıştır.

2) Alınan numuneler üzerinde mineral tayini için 4 adet flotasyon 2 adet izabe numunesine XRD çalışması yapılmıştır. Buna göre, atıklardan alınan numunelerin sfalerit, kuvars, manyetit, fayalit, wurtzit, anglezit, bassanit ve K-feldspat mineralleri içerdiği tespit edilmiştir.



Şekil 10. Atık bölgelerinin Pb, Zn, Cu, Fe temelinde kaynağı gösteren 3D diyagram.

Figure 10. 3D diagram illustrating resource of waste region based on Pb, Zn, Cu and Fe.

- 3) Atıkların element tayini için yapılan XRF çalışmaları ile Pb, Zn, Cu, Fe element potansiyelleri ortaya konmuştur. Analiz sonuçlarına göre, izabe atıklarında Pb içeriği %2,450-%3,870 (ortalama Pb: %3,186); Zn içeriği %9,380-%14,300 (ortalama Zn: %11,662); Fe içeriği %25,400-%30,500 (ortalama Fe: %27,868); Cu içeriği %0,101-%0,325 (ortalama Cu: %0,205) arasında değerler sunmaktadır. Flotasyon atıklarında Pb içeriği %0,076-%19,829 (ortalama Pb: %4,5466); Zn içeriği %0,066-%14,300 (ortalama Zn: %3,896); Fe içeriği %2,724-%26,076 (ortalama Fe: %8,7848); Cu içeriği 0,037-%1,286 (ortalama Cu: %0,2998) arasında değişmektedir.
- 4) Atıkların element verileri elde edildikten sonra, verilerin istatistiksel yorumu yapılmıştır. Bloklar flotasyon ve izabe olarak ayıklanmış ve her bir grubun analiz değerlerinde

kriging için jeostatistiksel parametreler belirlenmiştir. Belirlenen jeostatistiksel parametreler kullanılarak ordinary kriging yöntemi uygulanıp analizler üzerinde kompozitleme ve IDW yöntemi kullanılarak sahanın tenör bazında alansal değişimi tespit edilmiştir.

- 5) Atıkların detaylı haritalama çalışması yapılmış olup, her birim içerisinde yarma çalışmaları ve yüzey ölçümlendirmelerle belirlenen alanlar Micromine programı üzerinde 3 boyutlu koordinatlı bloklar haline getirilmiştir.
- 6) Yapılan bloklar üzerine Micromine programı ile cevher blokları oluşturularak rezerv ve tenör hesaplaması yapılmıştır. Yapılan kaynak hesabına göre; izabe atıklarında 3,93 gr/m³ yoğunluklu, 10.377 ton %3,16 Pb, 36.377 ton %11,08 Zn, 87.091 %26,53 Fe, 705 ton %0,22 Cu içeriği; flotasyon atıklarında 72.743 ton %4,38 Pb, 67.686 ton %4,10 Zn, 235.443 ton %8,48 Fe ve 6.270 ton %0,29 Cu tespit edilmiş ve ekonomik olabilecek mümkün kaynak miktarı ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, analiz sonuçlarına göre izabe atıklarında Zn (ortalama %11,67), flotasyon atıklarında ise Pb (ortalama %4,55) oranları gözle görünür oranda yüksek çıkmıştır. Dünya genelindeki işletmelerinde ortalama %3-%5 arası Pb-Zn içeriği işletmede kazanç potansiyeli için yeterlidir. Bu değer bölgedeki atıkların ortalama Pb-Zn içeriklerinin ekonomik önem taşıdığını göstermektedir. Ancak, sülfidli cevherleşmelerin yüksek oranda geri kazanım olanağı beklenmez (Üçürüm ve Ulu, 1987). Buna ek olarak, Balya bölgesi cevherleşmelerinin yüksek denebilecek oranda Ag içerdiği bilinmektedir. Böylece, atıkların bu çalışmada analizi gerçekleştirilemeyen Ag açısından da incelenmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, atıklardan gerçekleştirilen XRD analizlerinde bassanit (2Ca (SO₄·H₂O) ve anglezit (PbSO₄) gibi sülfat minerallerinin olması, atıkların

oksidasyona maruz kalması, atıkların bazı bölgelerinde kısmen sedimantasyon geçirmesi ve heterojen yapı sunması nedeniyle atıklardan Pb-Zn bakımından zengin cevherli alanların geri kazanımı ve bertaraf işlemleri için detaylı AR-GE çalışması gerekmektedir.

EXTENDED SUMMARY

The reserve estimation of mineral resources is generally realized through using traditional methods such as the polygon and triangle. Compared with traditional methods, the modern geostatistical methods give closer results than real values. Resource assesment of geological occurrences and mineral deposits is made with special software based on block models. In block modeling, the size of the blocks in the model is chosen according to the best match for mining selectivity and the anticipated grade control method, sample density and sample statistics. Micromine Mining Design Software (MMDS) is a program providing a theoretical and practical overview of mineral resource assesment, and it was also successively used in this study.

For the mine waste in the Balya (Balıkesir) region, there is no information when the mining activity started, but it is estimated to be as early as 500 BC. This mine was operated by the ancient Romans under the name of “Christian Mines” in 130 BC. A French company wass active in 1876. This company carried outproduction in the areas of “Ari-Orta Cave”, “Sarısu”, “Big Cave” and “Karaca Cave”. The Ottoman administration granted this company the right to process the mine waste and slag for 99 years. As a result of a sharp decrease in lead prices, the mine was nationalized in 1940 and mining was terminated, despite the incentives of the government (Akyol, 1976). The first study on the waste in the region was carried out by Akyol (1975). Akyol (1975) stated that the mining waste in Balya was important for the country’s economy. Also, he estimated an average

proportion of 4.20% Pb and 3.50% Zn for the flotation waste, and 3.50% Pb and 10.40% Zn for the smelting waste.

The objective of this study was to draw the areas covered by the mining waste in the Balya (Balıkesir) region on a scaled map, and to determine the volume and tonnage from solid blocks. Modeling and the resource assesment of the flotation and smelting waste in the area were calculated using geostatistical methods.

In this study, the materials and method comprise mapping, database generation, a polygon area, modelling, sampling, and mineralogical and geochemical analyses. The waste was divided into two categories, flotation and smelting waste. Among these, the flotation waste is generally observed in light colors, whereas the smelting waste has a darker, blackish appearance and is harder than the flotation tailings. The historical mine flotation and smelting waste produced by the French company is located approximately 1 km from Balya. This waste is located in the NE of the Balya district, and and on the southern part of Hospital Hill. The flotation waste starts from north of Hospital Hill and continues along the Maden Stream to the Balya-Gönen road. Flotation and smelting waste in the southern part of Hospital Hill are observed between the old facility buildings and Maden Stream and cover an area of approximately 200,000 m².

A total of 14 smelting samples were collected from this waste, outcropping in an area next to Maden Stream. The samples are labeled as IZ. Since flotation waste is observed in 5 different regions (A, B, C, D, E), they are labeled as FA. A total of 90 flotation samples was collected from this waste. The sampling was carried out using an excavator and each sample weighed 10 kg. Their boundary areas were drawn and the sampled locations were marked with coordinates on the maps. XRF studies were carried out to determine the geochemical content of the smelting and

flotation waste at the Balya waste site. A total of 104 waste samples was chemically analyzed (14 smelter; 90 flotation). The content of 4 base metals (Pb, Zn, Fe, Cu) in the waste was determined.

XRF analyses indicate that the lowest Pb content in the smelting waste was 2.450% and the highest 3.870%; the lowest Zn content was 9.380% and the highest was 14.300%; the lowest Fe content was 25.400% and the highest 30.500%; and the lowest Cu content was 0.101% with the highest being 0.325% (Table 2).

The lowest Pb content in the flotation waste was 0.076% and the highest Pb content was 19.829%; the lowest Zn content was 0.066% and the highest Zn content 14.300%; the lowest Fe content was 2.724% and the highest Fe content 26.076%; while the lowest Cu content was 0.037% and the highest Cu content was 1.286% (Table 2). According to the results of the study, Zn is rich in the smelting waste; while the Pb ratios are high in the flotation waste.

The construction of a spatial distribution map with the Ordinary Kriging method was used by means of Micromine software. The Kriging technique gives more objective results than other estimation methods. In addition, it is the minimum variance calculation of the standard deviation, based on estimation. The most important feature of the Kriging method is that the correlation of many data to each other can calculate a variance value for a predicted point or area.

A normal distribution was observed in all the histogram graphs in the study. The normal distribution curve refers to a form of distribution in which the measurement results are concentrated at the midpoints and sparse at the endpoints. The Micromine program, which provides a theoretical and practical overview of resource estimation, was used in the digitization process of the geological maps, sampling studies, inter-sample correlation, reserves, grade calculations and in creating the block model. The area occupied by


each waste block was turned into a solid 3D block. In accordance with the geostatistical analysis, the ore distribution and the block parameters to be formed were determined as 1x1x1 m in X, Y, Z directions. Since the distance between the samples in the topography of the polygon area is not fixed due to the irregular shapes of the closed cages, it was considered to be 1 m. While assigning ore to the solid block, the estimation of the given block size is such that a 3-dimensional polygon area is created for each waste block. The analysis of Pb-Zn-Fe-Cu metals was processed and the block grade assignment was made according to the above parameters. Histogram curves of the distance parameters between the samples were produced and the median value was used to determine the search ellipsoid parameters created in the grade assignment. Horizontal stacking gives the first parameter of the search. The second parameter is taken as -90 degrees. Since the waste is horizontal, the third parameter is taken as 0 degrees. The block model drawing, search ellipsoid data and solid block parameters were specified by the IDW method of Micromine program.

Consequently, reserve estimation showed that both flotation and smelting waste have a total of 516,674 ton resource. The flotation waste includes a 382,117 ton resource of 4.38 wt. % Pb (72,761 tons), 4.1 wt.% Zn (67,661 tons), 0.29 wt.% Cu (6243 tons) and 8.48 wt.% Fe (235,452 tons). The smelting waste has a 134,557 ton resource of 3.16 wt. % Pb (10,373 tons), 11.08 wt.% Zn (36,372 tons), 26.53 wt.% Fe (87,090 tons) and 0.22 wt.% Cu (722 tons). Excluding Fe and Cu, this study revealed that waste in the region has an operable content of Pb and Zn. However, detailed research and development work is required for the recovery and disposal of Pb-Zn-rich areas due to presence of some sulfate minerals (bassanite, anglesite), the oxidation processes, partial sedimentation and the heterogeneous structure of the waste.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Ahmet BAŞTÜRK'ün Yüksek Lisans tezinden gerçekleştirilmiştir. Yazarlar, çalışmaya maddi ve lojistik destek sağlayan Esan Eczacıbaşı A.Ş. (Balya, Balıkesir)'e, Türkiye Jeoloji Bülteni Baş Editörü Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ'a, Editörler Dr. İ. Onur TUNÇ'a, Dr. Mustafa AVCIOĞLU'ya ve makaleyi inceleyen hakemlere teşekkür etmektedirler.

ORCID

Ahmet Baştürk  <https://orcid.org/0000-0003-1984-998X>

M. Selman Aydoğan  <https://orcid.org/0000-0003-2478-8632>

KAYNAKLAR / REFERENCES

- Abtew, W., Obeysekera, J. & Shih, G. (1993). Spatial analysis for monthly rainfall in South Florida. *Water Resources Bulletin*, 29 (2), 179-188.
- Ağdemir, N., Kırkoğlu, M.S., Lehmann, B. & Tietze, J. (1994). Petrology and alteration geochemistry of the epithermal Balya Pb-Zn-Ag deposit NW Turkey. *Mineralium Deposita* 29, 366-371.
- Akıncı, Ö. T. (2003). *Maden Jeolojisi ve Arama Yöntemleri*. SDÜ Yayın No: 33, 496 s.
- Akyol, Z. (1975). *Balıkesir İli Balya civarının jeolojisi* [Yayımlanmamış diploma çalışması]. İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Kürsüsü.
- Akyol, Z. (1976). *Balıkesir-Balya Pb-Zn-Ag'li Cürüfların Tenör ve Kaynak Hesabına yönelik ön çalışma raporu*. MTA, Ankara (Yayımlanmamış).
- Akyol, Z. (1977). Balya Madeni Civarının Jeolojisi. T.M.M.O.B. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 1(3), 10-27.
- Akyol, Z. (1979). Balya Kurşun-Çinko Maden Yatağı. T.M.M.O.B. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 3(1), 48-58.
- Akyol, Z. (1982). Balıkesir-Balya cevherli sahalarının jeolojisi, mineralojisi ve maden potansiyelinin değerlendirilmesi. *İstanbul Yerbilimleri Dergisi*, 3(1-2), 163-189.
- Akyürek, B. ve Soysal, Y. (1983). Biga yarımadası güneyinin (Savaştepe-Kırkağaç-Bergama-Ayvalık) temel jeoloji özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü (MTA) Dergisi* 95/96: 1-13.
- Aslan, Z., Erdem, D., Temizel, İ. & Arslan, M. (2017). SHRIMP U-Pb zircon ages and whole-rock geochemistry for the Şapçı volcanic rocks, Biga Peninsula, Northwest Turkey: implications for pre-eruption crystallization conditions and source characteristics. *International Geology Review*, 59 (14), 1764-1785.
- Aygen T. (1956). *Balya Bölgesi Jeolojisinin İncelenmesi*. MTA. Yayın Seri DNU- 11, Ankara.
- Balcı, Ç. B., Gül, S., Kılıç, M. M., Karagüler, N., Sarı, E. ve Sönmez, M. Ş. (2014). Balya (Balıkesir) Pb-Zn Madeni Atık Sahasının Biyojeokimyası ve Asidik Maden Drenajı Oluşumuna Etkileri. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 57(3), 1-24. <https://doi.org/10.25288/tjb.298704>
- Başkan, O. (2004). *Gölbaşı Yöresi Topraklarının Mühendislik, Fiziksel Özellik İlişkilerinde Jeostatistik Uygulaması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Baştürk, A. (2017). *Balya (Balıkesir) civarındaki flotasyon ve izabe atıklarının özelliklerinin belirlenmesi ve rezervinin hesaplanması* [Yayımlanmamış yüksek lisans Tezi]. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B. (1975). Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonunun bazı özellikleri [Geology of the Biga Peninsula and some characteristics of the Karakaya blocky series]. *Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi Tebliğleri* (s. 70-77). MTA Enstitüsü (Congress on Earth Sciences for the 50th Anniversary of Republic of Turkey, Abstracts), [in Turkish with English Abstract].
- Çetin, M. (1996). *Jeostatistiksel yöntem ile nokta ve alansal yağışların saptanması ve stokastik olarak modellenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Çiloğlu, M. (2007). Osmanlı Devleti'nde Madencilik ve Balya Madenleri. *Balıkesir Üniversitesi, F.E.F. Karesi Tarih Kulübü Bülteni*, 31-41.

- Daya, A. A. (2012). Reserve estimation of central part of Choghart north anomaly iron ore deposit through ordinary kriging method. *International Journal of Mining Science and Technology*, 22, 573-577.
- Deutsch, C.V. & Journel, A. G. (1992). *Geostatistical software library and user's guide*. Oxford University Press, Inc., New York.
- Erel, Z. (2011). *Balya (Balıkesir) Polimetallik Maden Yatağı Rezervinin Jeostatistiksel Yöntemle Analizi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Erkül, F., Tatar Erkül, S. ve Aysal, N. (2016). Balya ve Çevresindeki Volkano-Plütonik Kayaçların jeokimyasal ve Petrojenetik Özellikleri, Balıkesir, Türkiye. 7. *Jeokimya Sempozyumu* (16-18 Mayıs, Antalya), *Bildiri Özetleri* (s.262).
- Gjelsvik, T. (1962). Investigations of Lead-Zinc Deposits in Northwest Anatolia, Turkey. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 59, 62-70.
- Gökçe, A. (2005). *Maden Arama ve Değerlendirme Yöntemleri*. Sivas, 151 s.
- Güneş, C., Güneş, A. T., Akıncı, G., Bektaş, G. ve Özdemir Ş. (2013). Terkedilen Balya Pb-Zn Madeni Atıklarında Asit Maden Drenaj Verileri ve ÇED. *Uluslararası Çevresel Etki Değerlendirmesi Kongresi* (8-10 Kasım), IKM, İstanbul.
- Kaaden, G. (1957). *Çanakkale-Biga Edremit yarımadası bölgesindeki jeolojik saha çalışmaları ve maden yatakları hakkında rapor* (Rapor no: 2661). M.T.A. (yayımlanmamış), Ankara.
- Kovenko, V. (1940). Balya Kurşun madenleri. *MTA Dergisi*, 21, 580-593.
- Mohr, M. (1959). *Balya muntıkasındaki kurşun zuhurlarının prospeksiyonu hakkında toplu rapor* (rapor no: 2703). MTA, Ankara.
- Öngür, T. (2003). *Balya Kurşun-Çinko Madeni, Çevre Sorunları ve Toplumsal Yeniden Kalkınma*. ISBN No 975-92283-7-8, Dev.Maden-Sen Yayın Evi.
- Öztunalı, Ö. (1984). *Balya Kurşun Çinko madeni, Arısu sahası etüdü*. İ.Ü Mühendislik Fakültesi D.S.R., 39, 1-84.
- Şimşek, C., Gündüz, O. ve Elçi, A (2012). Terkedilmiş Balya (Balıkesir) Pb-Zn Maden Atıklarının Ağır Metal ve Doğal Radyoaktivite İçeriği ve Çevre Kalitesi Açısından Değerlendirilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 43-55.
- Tahmasebi, P. & Hezarkhani, A. (2010). Application of adaptive neuro-fuzzy inference system for grade estimation; case study, Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Kerman, Iran. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 4, 408-420.
- Üçürüm, M. ve Ulu, E. (1987). Balıkesir-Balya Kurşun-Çinko sahasındaki İzabe ve birinci flotasyon artıklarının teknolojik değerlendirilmesi. *Madencilik Dergisi*, 26(3), 5-13.
- Ünal, E. & Gökçe, A. (2009). Geology and Fluid Inclusion Characteristics of the Hastane Tepe (Balya-Balıkesir) Lead-Zinc Deposit. *XX. ECROFI Meeting* (31-27 September 2009), Granada, Spain.
- Waller, L. & Gotway, C. A. (2004). *Applied Spatial Statistics for Public Health Data*. New Jersey, J Wiley & Sons.
- Webster, R. & Oliver, M. A. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientist*. Chichester: J Wiley & Sons.
- Yaprak, S. ve Arslan, E. (2008). Kriging Yönteminin Geoit Modellemesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *İTÜ Dergisi*, 7(3), 51-62.
- Yiğit, C. Ö. (2003). *Elipsoidal yüksekliklerin ortometrik yüksekliğe dönüşümünde kullanılan enterpolasyon yöntemlerinin karşılaştırılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.



K-Means Clustering and General Regression Neural Network Methods for Copper Mineralization probability in Chahar-Farsakh, Iran

Adel Shirazy^{1*} , **Ardeshir Hezarkhani¹** , **Aref Shirazi¹** , **Shayan Khakmardan^{1,2}** ,
Reza Rooki³ 

¹*Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran*

²*University of Lorraine, Nancy, France*

³*Birjand University of Technology, Birjand, Iran*

• Geliş/Received: 16.10.2021

• Düzeltilmiş Metin Geliş/Revised Manuscript Received: 04.12.2021

• Kabul/Accepted: 07.12.2021

• Çevrimiçi Yayın/Available online: 10.01.2022

• Baskı/Printed: 20.01.2022

Araştırma Makalesi/Research Article

Türkiye Jeol. Bül. / Geol. Bull. Turkey

Abstract: Due to the efficiency of data mining science for analyzing and reviewing extensive data, especially geochemical data, essential methods and techniques such as the hierarchical method, K-Means method, density-based methods, Cohennon method, and so forth, have been developed and utilized by numerous researchers for clustering. One of the most notable and widely used algorithms in the field of clustering is the K-Means algorithm. This algorithm divides the data into K clusters by emphasizing the distance criterion. This study focuses on applying this method according to litho-geochemical data taken from the 1:100,000 scale map of Chahar-Farsakh in South Khorasan province for the elements of copper, cobalt and nickel to the sampling coordinates. The optimal value of K was classified according to the desirability of the selection and the data, and thus the relationships between these elements in the range were determined. This was analyzed by changing the value of K from 3 to 15 criteria mentioned in each class to reveal the optimal K. According to the observations, the existence of a quadratic relationship with negative concavity between copper and cobalt elements, as well as a special exponential relationship between copper and nickel and a positive linear relationship between nickel and cobalt, were reported. Finally, considering the coordinates of the samples and the concentration of cobalt and nickel, the quantity of copper was predicted using a General Regression Neural Network (GRNN). The accuracy of this method was estimated to be 0.99 on training data and 0.76 on test data. Therefore, using the proposed method (K-means Clustering and GRNN) in this paper, it is possible to examine the extent of changes in other elements in the analysis. Also, it is possible to make deeper and broader explorations via determining the relationship between the elements.

Keywords: Behavioral Measurement, Chahar-Farsakh, Desirability, General Regression Neural Network, K-means, Prediction.

INTRODUCTION

One of the essential perspectives in data mining science for analyzing and examining large volumes of data and samples with different characteristics is the clustering perspective, which itself includes essential methods and techniques such as those studied by Anderberg (Ullman, 1984) and has

been used by various researchers so far (Shirazi et al., 2018a, b; Shirazy et al., 2020a). Due to the expansion of industry and the need for more and more raw minerals, the importance of mineral exploration is felt more than ever in today's world. New methods in the statistical analysis of mineral data help identify better mineral reserves,

* Correspondence / Yazışma: adel.shirazy@aut.ac.ir

including geostatistical methods and methods based on artificial intelligence and machine learning (Shirazy et al., 2021a, b). Using advanced and intelligent methods, the accuracy of our performance in the field of mineral identification and exploration increases. Today, due to the advancement of technology and the rising level of technical knowledge, secondary mines have also been raised. Secondary mines have been mined in the past with a higher threshold grade, but today, low-grade minerals can be processed in them with the help of advanced technology (Alahgholi et al., 2018; Shirazy et al., 2019).

Each of the methods used in statistical studies has special strengths and applications. However, these methods may have weaknesses and limitations. One of the applied techniques in mineral data analysis (due to the large volume of data) is the clustering method. The clustering technique is used to classify data. Accordingly, it has applications in every branch of science. The application of clustering methods (Hajnajafi et al., 2021) (e.g., K-means) is performed to analyze exploratory data, such as in geochemistry and geophysics, and to categorize data to achieve a specific goal (Khayer et al., 2021; Shirazy et al., 2021a,b). One of the applications of the clustering method is in the analysis of geochemical data from the sampling of stream sediments. In this case, it is usually used to study the geochemical behavior of the elements and classify their concentration data. The clustering technique can also be used in remote sensing (satellite image analysis) to identify alterations and lithology based on the wavelengths of satellite imagery bands (Shirazi et al., 2018b,c ; Shirazy et al., 2021c; Khosravi et al., 2022).

The function of clustering analysis is to place data with similar characteristics in a specific group. Therefore, after applying clustering analysis to the data, instead of dealing with a large amount of data, we are faced with a series whose members are very similar in terms of features. The purpose

of using clustering analysis is to present the classes whose members are most similar to each other and more different from the members of other classes. Existing behaviors can be identified based on the similarities that each member of a class has with each other. Identifying the behavior of the data (the behavior of each class relative to each other) is a great help in analyzing earth-related sciences. The clustering technique is one of the indirect analytical methods. This means that, in using this method, there is no need to obtain information about the internal structures of the members, and, in fact, by using clustering, the hidden patterns in the data are identified. Using the results of this method, the process of direct studies can be improved.

One of the important and practical analytical methods in clustering is the K-means method. This method classifies data based on the Euclidean distance. The distance of each datum from the center of the cluster should be as small as possible. To achieve this goal, start with a small number of classes and increase the number of classes as much as possible. As a result, after plotting the cluster utility function, the appropriate number of clusters are identified, and clustering is performed based on that.

The K-means clustering analysis technique is used to study the behavior of the data relative to each other. Among the applications of this method that other researchers to date have performed is the study of the impact of vegetation on the process of restoring water health, the geological classification of land, the identification of geochemical patterns and geochemical behavior of elements in mineral studies, and predicting the amount of carbon in intelligent systems, as well as greenhouse gas emissions and their impact on the urban environment.

In recent decades, the use of methods based on artificial intelligence, including artificial neural networks (ANNs), has become particularly

important. Artificial neural networks are programmed based on the processing capabilities of the human brain, including knowledge, control, speech, and prediction. Managing large volumes of data with complex relationships and many patterns, reasoning on ambiguous data, and providing fast and adequate responses are some of the capabilities of artificial neural networks (ANNs) (Shirazi et al., 2018d). In this study, by performing a string of codes in MATLAB software and using SPSS software, the capabilities of the mentioned methods were investigated. Based on the obtained results, it is possible to introduce a process to improve exploration operations in the studied area and reduce the cost of geochemical operations in neighboring areas.

In this study, the other data can be predicted with high accuracy by combining the K-means clustering method and the General Regression Neural Network (GRNN) based on the behavior of the available data (Geochemical Data). The K-means clustering method was used to investigate and observe the behavior of Cu and other geochemical data. The artificial neural network was then used to create an estimator model based on Co and Ni data for Cu estimation (Shirazi, et al., 2018e). The main advantage of the combined method based on K-means clustering and ANN is the possibility of estimating data (Shirazy et al., 2021d, e; Shirazy et al., 2020A) based on each other with high validity in this method without the need for the simultaneous measuring of Cu and Co, Ni and their locations data. In this way, in addition to saving time, financial costs are also significantly reduced.

MATERIAL and METHODOLOGY

First of all, it should be noted that in this study, 637 ICP-MS analyses of stream sediments were used. These data, collected by the Geological Survey of Iran, are highly accurate with careful examination of duplicate samples.

In this view, it is assumed that the dataset M consists of m samples, as $\{x_1, x_2, \dots, x_m\}$, and that each sample is defined as a vector in the M dataset. This vector represents different characteristics for that sample. It is assumed that these samples are classified in K class as C_1, C_2, \dots, C_K (Menard, 1995). It should be noted that for this classification, a series of primary hypotheses must be considered. These hypotheses are then summarized in equations (1) to (3) (Ghannadpour et al., 2013; Pelleg & Moore, 2000).

$$C_i \neq \emptyset \text{ for } i=1, \dots, K \quad (1)$$

$$C_i \cap C_j = \emptyset \text{ for } i \neq j \quad (2)$$

$$\bigcup_{i=1}^K C_i = M \quad (3)$$

According to Equations (1) to (3), the first hypothesis implies that each of the K categories must have a member (sample), and an empty category must not exist. Regarding the second Equation (hypothesis), the samples should only be in one category, and the categories must not have a standard sample. The third hypothesis states that all samples should be categorized, and there should be no sample without a class or category.

Among the most widely-used clustering techniques in data mining is the K-Means method, which has been extensively studied by various researchers and which tries to cluster a number of samples with a certain number of categories (K) so that the sum of the Euclidean distances of each specimen from the center of the category to which it is assigned should be minimized. In several studies, the behavior of the elements is measured in relation to each other (Tarkian & Stribrny, 1999; Xu, 2012). To gain a proper analysis from the behavior of existing data and the analysis relative to each other, numerous studies are found that, with the help of clustering-based methods, try to classify the existing analyses of a study.

One of these studies is Frederick's radiometric study of copper in 1984, using the K-Means method. Recent studies (Cheung, 2003; Murthy & Chowdhury, 1996; Krishna & Murty, 1999) suggest that the K-Means method has been studied using advanced ultra-innovative algorithms, and outstanding results have been obtained. In another study, a meta-innovative method called the GK method is proposed for clustering, including a combination of genetic algorithms and the K-Means method (Yaghini & Gereilinia, 2013). In this method, an operator called the K-Means operator is used, which is derived from the K-Means algorithm, and it is used instead of a hybrid open operator in the GKM algorithm. The results of using this algorithm for different values of K from 4 to 10 are much better and more acceptable than the results of the K-Means method.

One of the problems of the K-Means method is dealing with large volume datasets and large K values, which causes problems in reaching the appropriate answer. According to Cheung (2003), it has been shown that this method is usually trapped at local optimal points. Therefore, in studies with large datasets, more advanced methods should be used to produce a reliable answer (Shirazy et al., 2020b). However, the above problem is not the case in the present study due to the appropriate volume of data (Shirazy et al., 2018a, b).

K-Means Algorithm

The K-means algorithm method starts with a specific value for K (number of categories) and tries to categorize a set of specific samples in this K group so that the hypotheses expressed in Equations (4) and (5) are observed (Hezarkhani & Ghannadpour, 2015). It should also be noted that the criterion for assigning each sample to a class in this method is the minimum Euclidean distance of each sample from the center of each class or category. The main steps that take place in this algorithm (Hamerly & Elkan, 2003) are summarized as follows:

- Form K class or batch as $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$ to cluster m sample from set M.
- Calculate the vector Z_j based on Equation 4, representing each C_j category's center or representative.

$$z_j = \frac{\sum_{x \in C_j} x}{\#C_j} \text{ for } j = 1, \dots, k \quad (4)$$

In this regard, x represents the vector of an instance that is a member of C_j , and $\#C_j$ represents the number of samples that are members of the C_j class. It should be noted that Equation (4) is used to calculate the center of each class during the solvation process, and usually, at the beginning of the algorithm, K samples are randomly selected and considered as the center of each batch.

- Calculate the objective function resulting from the classification $\{C_1, C_2, \dots, C_k\}$, based on Equation (5), which calculates the sum of the distances of the samples from the center of the categories.
- Minimize the objective function of Equation (5) and find the appropriate classification on the dataset M with the number of K categories.

$$f(C_1, C_2, \dots, C_k) = \sum_{j=1}^k \sum_{x \in C_j} |x - z_j|^2 \quad (5)$$

General Regression Neural Network

Artificial neural networks, or more simply Neural networks, are cutting-edge systems and computational approaches for machine learning, knowledge presentation, and, eventually, the application of gained information to maximize the output reactions of complex systems. The basic principle behind such networks is inspired in part by how the human brain system processes data and information in order to learn and produce knowledge. The critical element of this idea is to create new structures for the information processing system (Schalkoff, 1997).

The system comprises a huge number of extremely linked processing components known as neurons, which collaborate to solve problems and send information via synapses. In these networks, if one cell is damaged, other cells can compensate for its absence and participate in its reconstruction. These networks are able to learn. For example, by injecting burn to tactile nerve cells, the cells learn not to go to the hot surfaces, and with this algorithm, the system learns to correct its error (Yegnanarayana, 2009). Learning in these systems is adaptive. In other words, using parables, the weight of the synapses adjusts in such a manner that the system generates the right response when fresh inputs are provided (Dayhoff & DeLeo, 2001). Artificial neural networks have many applications, especially in geological and mining engineering, and also it can be considered a successful estimation method in various fields of earth sciences. The schematic structure of a single-layer artificial neural network can be seen in Figure 1.

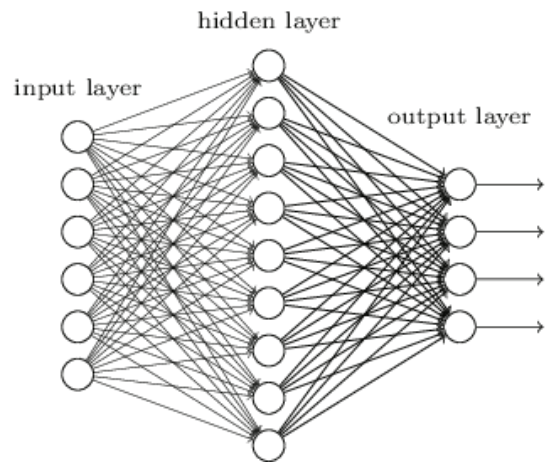


Figure 1. Schematic representation of a single-layer artificial neural network (Abraham, 2005).

The general regression neural network algorithm can be considered a normalized radial network (Demuth & Beale, 1993) with one hidden neuron for each training unit. This network of single-pass parallel learning algorithms with a parallel structure can generate continuous outputs (Specht, 1991). These networks are based on the probability density function; one of these networks' salient features is the rapid training time and modelling of nonlinear functions.

This network provides smooth changes from observational data to other data, even with scattered data in multi-dimensional measurement space. The algorithmic form of this network can be used for any regression problem where there are no assumptions for linear judgment. This network does not have the parameters of the error propagation network but instead does not have the error smoothing factor; instead, the smoothing factor is obtained by considering the mean squared error (Artun et al., 2005), as shown in Figure 2. The structure of this network is similar to the general structure of the radial network; there is only a slight difference in the second layer.

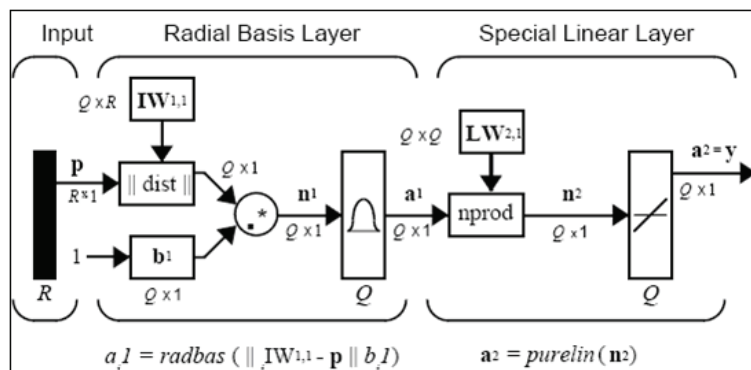


Figure 2. General regression neural network structure (Demuth & Beale, 1993).

Geographical Location and Geology

The 1:100,000 map of Chahar-Farsakh from South Khorasan province is located between longitude 59.3° to 60° and latitude 31.5° to 32°. This map has the prominent elements of Kuh-e Bozorg, Kuh-e Sorkh, Kuh-e Shisheh and Kuh-e Sarbisheh, and is so named due to the location of Chahar Farsakh village on this map.

This map, prepared by the Geological Survey of Iran, code 7953, is a suitable area for metal mineralization (Figure 3).

The study area is located 24 km northwest of Nehbandan city. This area is a part of the intrusive suits in the eastern part of Lut structural zone. The studied granitoid bodies (Chahar-Farsakh) include two types of acidic and intermediate–basic. In addition, the lithological composition of this mass is granite, granodiorite, diorite, pegmatite–aplite, and the gabbroic suit, belonging to the melange ophiolite complex of the region. In this area, sedimentary sequences are composed mainly of shale, sandstone and conglomerate. Infiltrations in the region have caused shale-sandstone metamorphism and metamorphic rocks with andalusite schist composition. The typical

texture in acidic rocks, consisting of granite, granodiorite, and pegmatite-aplite, is granitic, perthite, aplite and pueiclitic. The usual texture in the studied diorite is granitic, and gabbro has a granular hypidiomorphic texture. Granite, pegmatite and aplite are composed of quartz, K-feldspar and albite minerals. Granodiorite comprises quartz, the albite-oligoclase type of plagioclase and K-feldspar, while diorite is composed of plagioclase and hornblende, and gabbro is made up mainly of plagioclase and augite type pyroxene. Common alterations in acidic rocks are the conversion of plagioclase to sericite. In basaltic rocks up to the middle rocks of the region, pyroxene is converted to hornblende and plagioclase to sericite (Ghorbani, 2013a, 2013b; Moritz, 2016).

K-Means Studies

The relationship between molybdenum and copper has been investigated using the K-Means method. By examining the relationships and changes in these elements, a broad view of the field and exploration can be obtained (Heil, Häring, Marschner, & Stumpe, 2019).

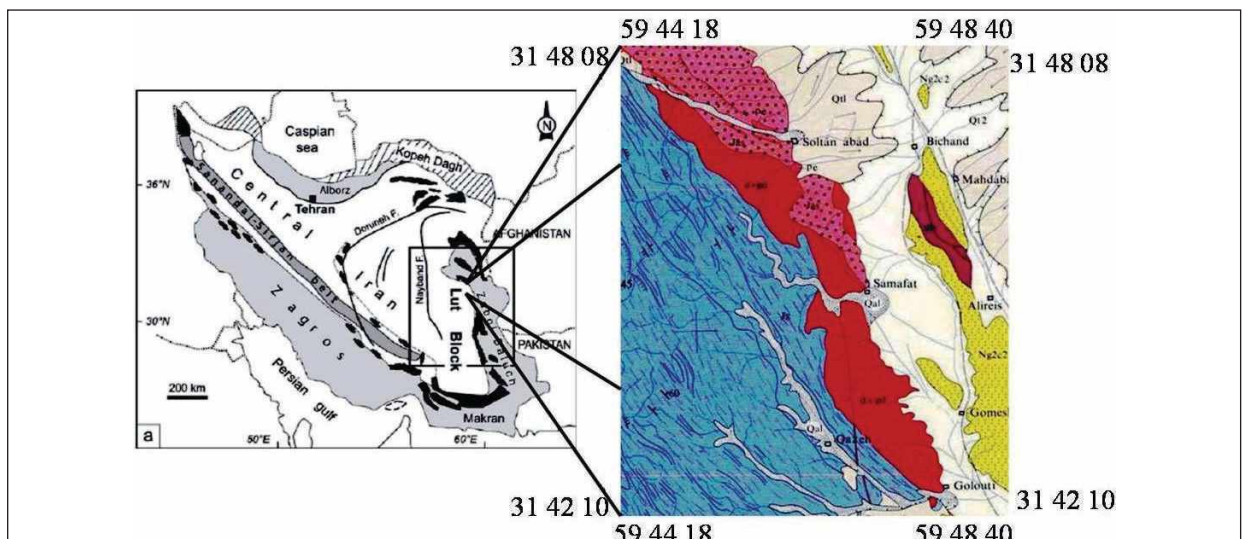


Figure 3. Simplified map of Chahar-Farsakh with its location on the structural map of Iran.

These analyses can be made possible by other classifications, such as lead and zinc, gold and silver, and so forth, because these elements have an almost high correlation compared to other elements. In order to determine the appropriate K to determine the number of classes, the number of categories was changed from k=2 to k=10, and the resulting groupings were analyzed. Then, to evaluate the determined groups for different values of k, the desirability relationship was determined in accordance with Equation (6), and the performed classifications were evaluated accordingly (Murthy & Chowdhury, 1996).

$$S(i) = \frac{\text{Min}(\text{Aveg_Between}(i.k)) - \text{Aveg_Within}(i)}{\text{Max}[\text{Aveg_Within}(i), \text{Min}(\text{Aveg_Between}(i.k))]} \quad (6)$$

The profile of the classes and the degree of desirability of each sample for the optimal performed classification for the values of k=3 to k=5 of the two elements, such as copper and cobalt, are shown in the Figure 4.

As shown in Figure 4 and Figure 5, the trend of desirability change is shown for 3 to 15 classes; the best class number for the above two elements is four classes. After dividing into four classes, the

centers of the categories were drawn in the diagram of Figure 6, and a trend line with the formula $y = -0.0029x^2 + 0.5183x - 4.5085$ was fitted to it. This curve shows the behavior of copper to cobalt. The behavior is in the form of a negative concavity curve that increases with the amount of copper up to 90 ppm, and also the amount of cobalt increases and then proceeds to a decreasing trend.

Spearman correlation coefficient between these two elements is 0.755. However, it can be seen that the K-Means method is completely superior to other behavioral methods.

The profile of the classes and the desirability value of each sample for the best classification performed for the values of K = 5 to K = 6 of the two elements copper and nickel are shown in the diagrams of Figure 7. For classification up to K = 15, the degree of desirability is shown in Figure 8.

According to the curve fitted to the centers of the categories shown in Figure 9, it can be seen that the unexpected behavior of copper versus nickel has a function.

$$y = -0.0027x^4 + 0.7125x^3 - 54.827x^2 + 1609.7x - 15694$$

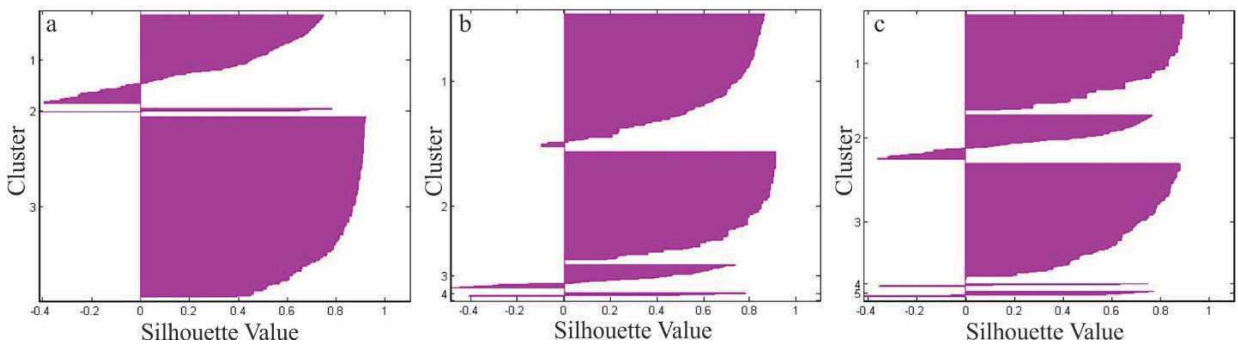


Figure 4. Cluster profile and desirability values of 3 to 5 classes for copper and cobalt. **a)** Classification of three classes with average value of 0.6498, **b)** Classification of four classes with average value of 0.6525, **c)** Category of five classes with average value of 0.6247.

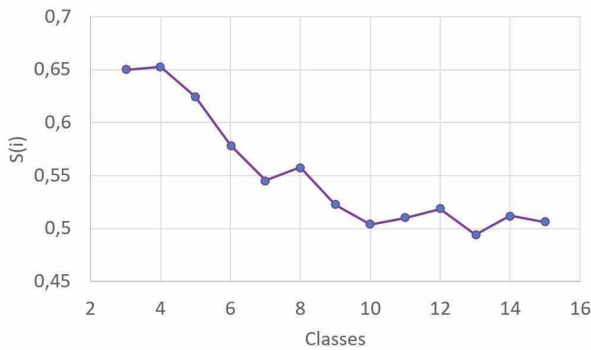


Figure 5. Validation criterion S(i) based on the number of clusters, copper vs cobalt.

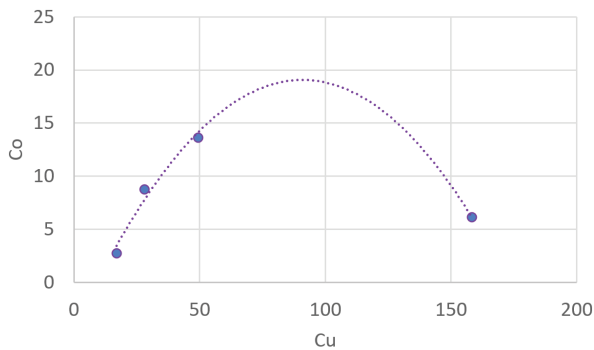


Figure 6. Best-fitted curve to centers of categories for copper and cobalt.

This indicates a very high rise in nickel with copper. When copper reaches about 130 ppm, a drop in nickel concentration begins.

Since the behavior of nickel and cobalt can also show other perspectives of behavior measurement, Figure 10 shows the desirability diagram of 3 to 6 classes. In order to identify the maximum desirability, the desirability value for these two elements was calculated up to 15 classes (Figure 11). By examining this diagram, it can be inferred that the maximum desirability has occurred in 3 classes for the two elements of nickel and cobalt. After calculating the category centers, due to the optimality of the three classes, three

category centers were also selected, the centers were drawn, and the trendline fitted to justify the changes. This trendline has the function of $y = 9.7136x - 29.426$ and a confidence level of 96% (Figure 12). The linear structure of this behavior can be a reasonable justification for the accuracy of the Spearman correlation coefficient, which is estimated to be 0.58. This means that this positive linear correlation indicates a gradual increase in nickel with cobalt.

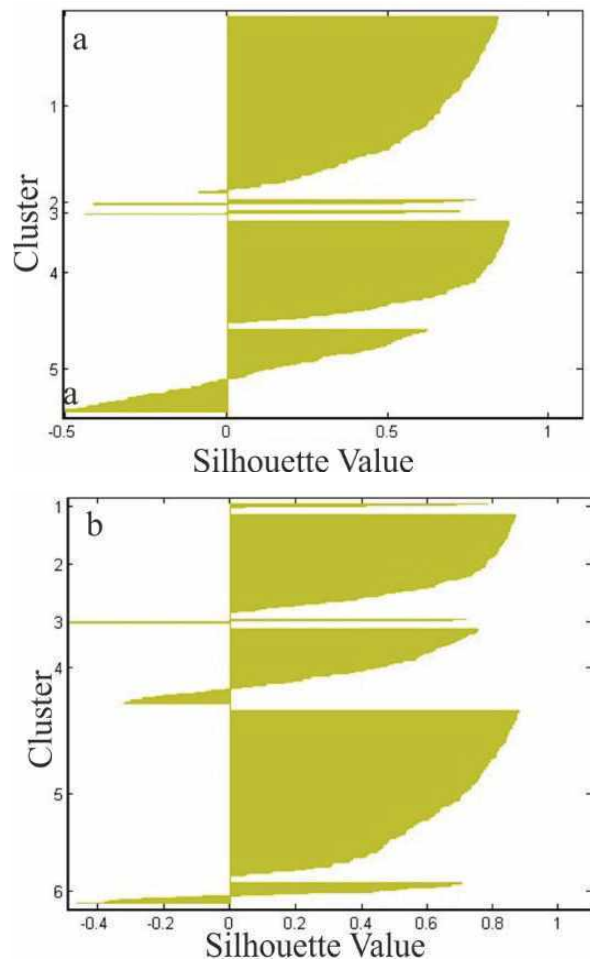


Figure 7. Cluster profile and desirability values with 5 and 6 classes of copper and nickel. **a)** Category of five classes with average value of 0.5104, **b)** Classification of six classes with average value of 0.5635.



Figure 8. Validation criterion $S(i)$ based on the number of clusters, copper vs nickel.

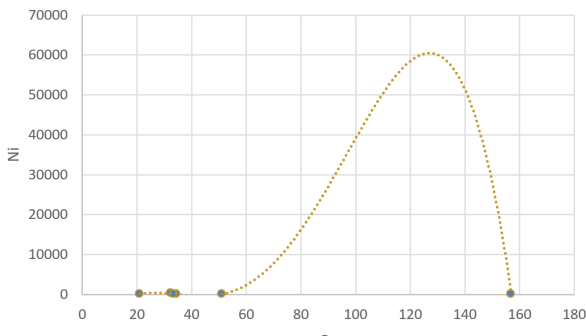


Figure 9. Best-fitted curve in center of categories for copper and nickel.

One of the essential points in the field of behavioral measurement is to pay attention to the structural discussion; in other words, the sampling position can affect the behavior of that sample compared to another sample. Based on this, the behavior of three elements, copper, cobalt and nickel, along with their harvest position, was investigated. This evaluation resulted in the graphs of Figure 13 as desirability graphs in 3 to 6 classes. According to the previous procedure, the desirability value for 15 classes is given in Figure 14, and, as can be seen, four classes of maximum desirability have been calculated. The centers of the obtained four classes are illustrated in Table 1.

Table 1. Category centers for copper, cobalt and nickel with coordinates in 4 classes.

X	Y	Cu	Co	Ni
750592.4	3530995	31.7093	7.55814	35.90116
771446.3	3523393	25.86792	7.698113	38.18239
771694.9	3498900	25.38994	5.805031	35.40252
753990.5	3507895	23.55782	5.931973	31.63946

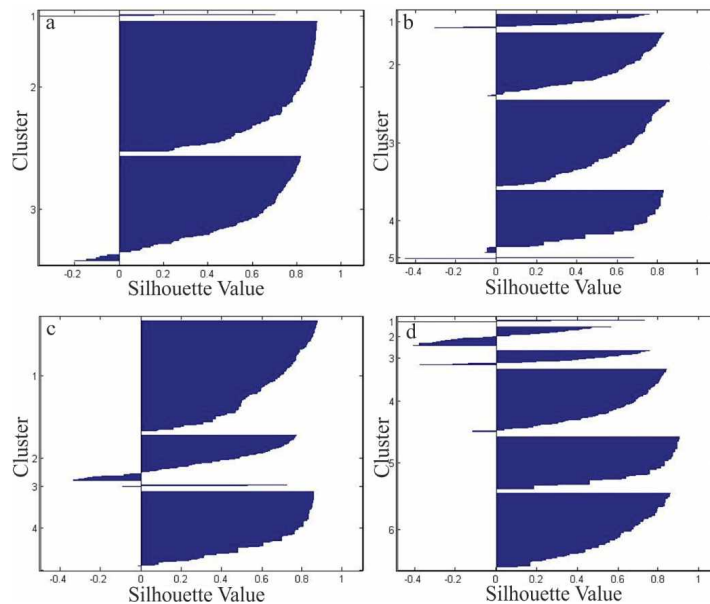


Figure 10. Cluster profile and utility values with 5 and 6 grades of nickel and cobalt. **a)** Classification of three classes with average value of 0.6486, **b)** Category of five classes with average value of 0.5841, **c)** Classification of four classes with average value of 0.5921, **d)** Classification of six classes with average value of 0.5937.

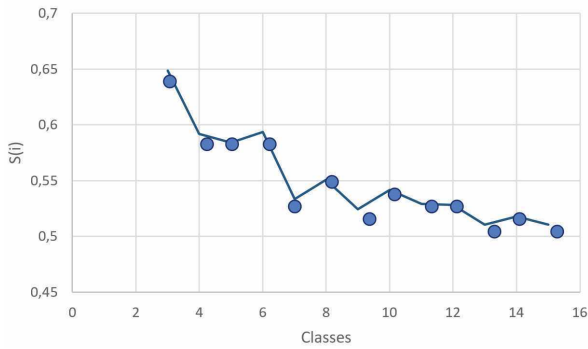


Figure 11. Validation criterion $S(i)$ based on the number of clusters, nickel vs cobalt.

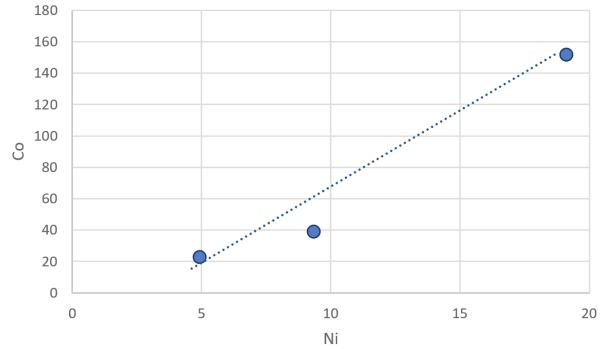


Figure 12. Best-fitted trendline in center of the classes for nickel and cobalt.

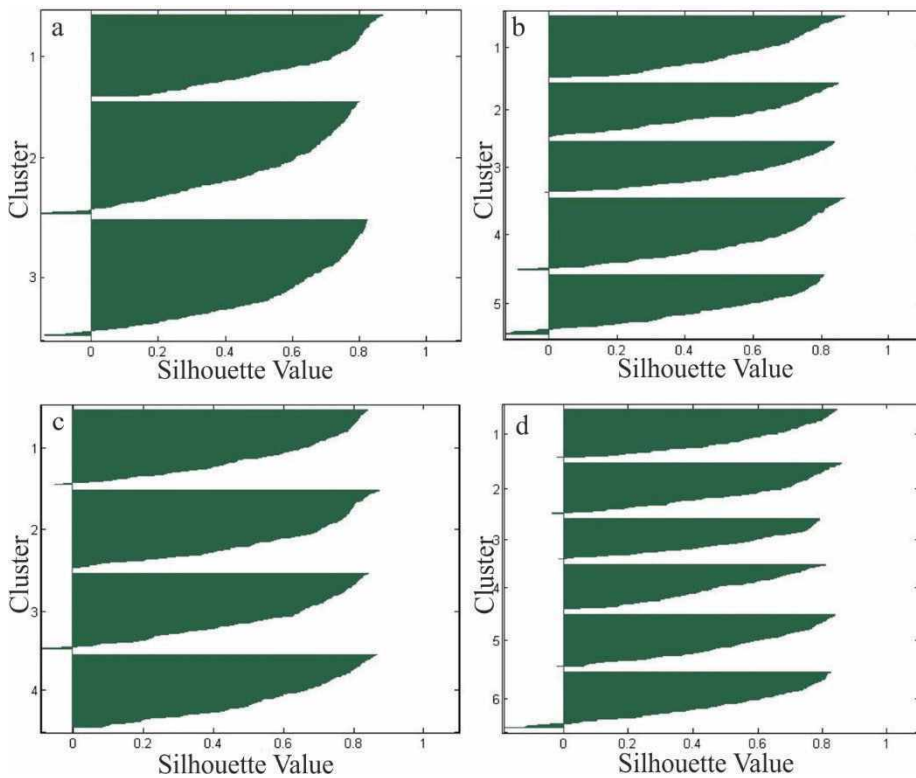


Figure 13. Cluster profile and utility values with 5 and 6 grades of nickel and cobalt. **a)** Classification of three classes with average value of 0.5679, **b)** Category of five classes with average value of 0.5642, **c)** Category of four classes with average value of 0.5769, **d)** Classification of six classes with average value of 0.5228.

Estimation Evaluation with General Regression Neural Network

In this study, 637 data were used for the train (449 data) and test (188 data) of GRNN. Input parameters of GRNN are the locations of samples

(X, Y) and the copper grade was used as the output of the network. Due to the need to determine the optimal radius to estimate the best value in this method, different values from 0 to 1 were selected experimentally. The optimal value of 0.015 was selected for the impact radius.

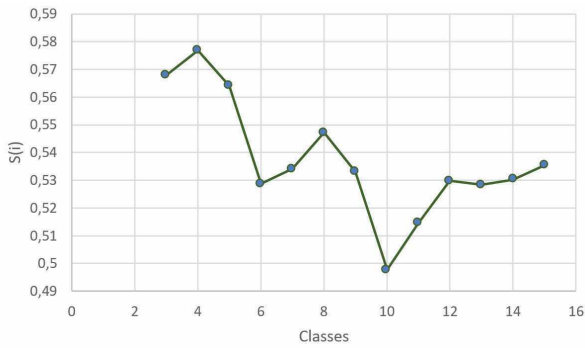


Figure 14. S(i) validation criterion based on number of clusters, copper, cobalt and nickel with sampled coordinates.

Figures 15 and 16 show the copper grade estimation trendline of actual point values in the training and test data, respectively.

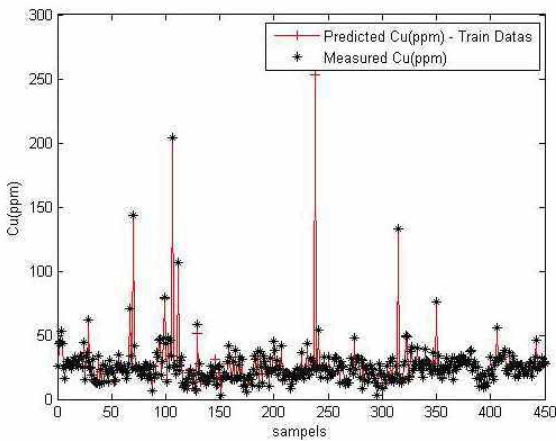


Figure 15. Copper estimation line with Lab-values in the training data.

Confirmation of the estimation accuracy was made by putting regression of predicted values against measured values in each coordinate for two categories of train and test data, as given in Figures 17 and 18, respectively.

The accuracy (R) of these estimates was 0.99 in the train data and 0.76 for test data.

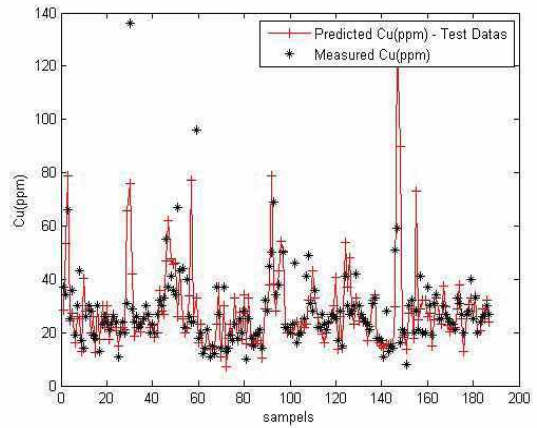


Figure 16. Copper estimation line with Lab-values in the test data.

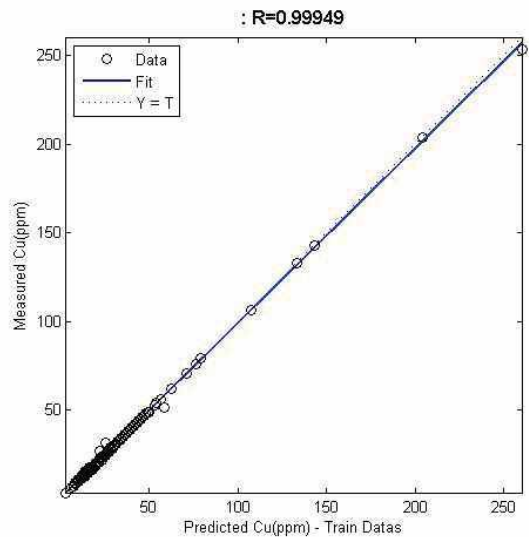


Figure 17. Regression of predicted data versus Lab-data (Train Data).

For the final step, the predicted map of the Chahar Farsakh area was generated and is shown in Figure 19. According to Figure 19, it can be understood that the accumulation of copper in this area is in the north and northwest. It is recommended that researchers study these areas for further investigation.

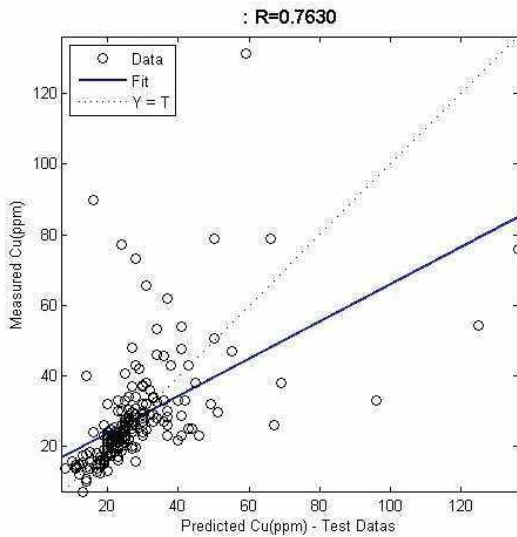


Figure 18. Regression of predicted data versus Lab-data (Test Data).

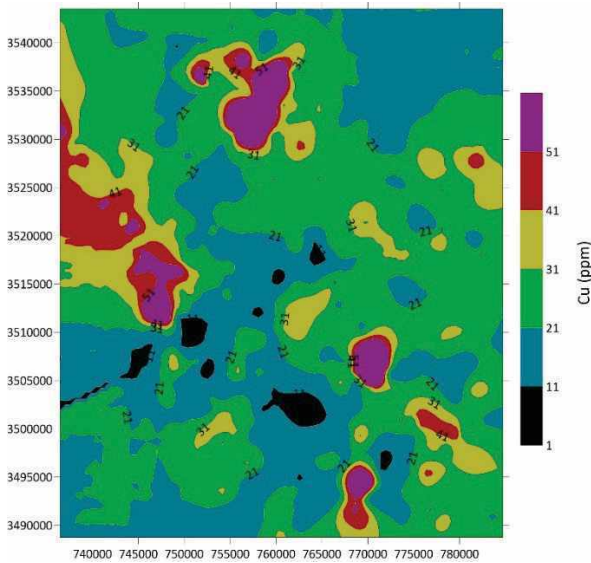


Figure 19. Predicted Cu in Chahar Farsakh area.

CONCLUSION

In this study, by using the K-Means method, litho-geochemical samples were analyzed in the Chahar Farsakh region, and the relationships between copper, cobalt and nickel and

sampling coordinates were investigated. Using the mentioned method indicated a quadratic relationship with a negative concavity between copper and cobalt elements, a special exponential relationship between copper and nickel, and a positive linear relationship between nickel and cobalt. An appropriate criterion was presented to determine the desired K, which is, in fact, the desired number of classes for classification. By changing K from 3 to 15, a geometric relationship obtained the best results between the studied elements. The behavior of these elements towards each other and towards the recorded coordinates was obtained. On the other hand, the behavior of copper was predicted by the method of general regression neural network, which is a kind of radial network. This prediction resulted in finding a radius of 0.015 as the optimal radius of the network. Besides, the confidence level (accuracy) resulted in 0.99 for train data and 0.76 for test data. Consequently, the K-Means method can be used to investigate the relationships between other elements such as gold, lead, zinc, and silver due to the desirability of the results of this study. These relationships can be used to study the geochemical situation of the region, which improves the decision-making ability of miners and geologists.

ORCID

Adel Shirazy <https://orcid.org/0000-0001-7756-3205>
 Ardeshir Hezarkhani <https://orcid.org/0000-0002-1149-3440>
 Aref Shirazi <https://orcid.org/0000-0001-7623-301X>
 Shayan Khakmardan <https://orcid.org/0000-0003-4359-9538>
 Reza Rooki <https://orcid.org/0000-0002-4761-5518>

REFERENCES

- Abraham, A. (2005). Artificial neural networks. *Handbook of measuring system design*.
- Alahgholi, S., Shirazy, A. & Shirazi, A. (2018). Geostatistical studies and anomalous elements detection, Bardaskan Area, Iran. *Open Journal of Geology*, 8(7), 697-710.
- Artun, E., Mohaghegh, S. D., Toro, J., Wilson, T. & Sanchez, A. (2005). *Reservoir characterization*

- using intelligent seismic inversion. SPE Eastern Regional Meeting.
- Cheung, Y.-M. (2003). k*-Means: A new generalized k-means clustering algorithm. *Pattern Recognition Letters*, 24(15), 2883-2893.
- Dayhoff, J. E. & DeLeo, J. M. (2001). Artificial neural networks: opening the black box. *Cancer: Interdisciplinary International Journal of the American Cancer Society*, 91(S8), 1615-1635.
- Demuth, H. & Beale, M. (1993). *Neural Network Toolbox For Use with Matlab Users' Guide Version 3.0*.
- Ghannadpour, S. S., Hezarkhani, A. & Farahbakhsh, E. (2013). An investigation of Pb geochemical behavior respect to those of Fe and Zn based on k-Means clustering method. *Journal of Tethys*, 1(4), 291-302.
- Ghorbani, M. (2013a). *Economic geology of Iran* (Vol. 581). Springer.
- Ghorbani, M. (2013b). A summary of geology of Iran. In: *The economic geology of Iran* (pp. 45-64). Springer.
- Hajnajafi, G., Jafarirad, A., Afzal, P. & Sheikh-Zakariaee, S.-J. (2021). Geological interpretation using multivariate K-means and robust factor analysis in Dezak area, SW Iran. *Environmental Earth Sciences*, 80(1), 1-13.
- Hamerly, G. & Elkan, C. (2003). Learning the k in k-means. *Advances in neural information processing systems*, 16, 281-288.
- Heil, J., Häring, V., Marschner, B. & Stumpe, B. (2019). Advantages of fuzzy k-means over k-means clustering in the classification of diffuse reflectance soil spectra: A case study with West African soils. *Geoderma*, 337, 11-21.
- Hezarkhani, A. & Ghannadpour, S. S. (2015). *Geochemical behavior investigation based on K-means clustering: basics, concepts and case study*. LAP (Lambert Academic Publishing).
- Khosravi, V., Shirazi, A., Shirazy, A., Hezarkhani, A., & Pour, A. B. (2022). Hybrid Fuzzy-Analytic Hierarchy Process (AHP) Model for Porphyry Copper Prospecting in Simorgh Area, Eastern Lut Block of Iran. *Mining*, 2(1), 1-12.]
- Khayer, K., Shirazy, A., Shirazi, A., Ansari, A., Nazerian, H. & Hezarkhani, A. (2021). Determination of Archie's Tortuosity Factor from Stoneley Waves in Carbonate Reservoirs. *International Journal of Science and Engineering Applications (IJSEA)*, 10, 107-110.
- Krishna, K. & Murty, M. N. (1999). Genetic K-means algorithm. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 29(3), 433-439.
- Menard, S. (1995). An introduction to logistic regression diagnostics. *Applied logistic regression analysis*, 58-79.
- Moritz, R. (2016). The economic geology of Iran: mineral deposits and natural resources (M. Ghorbani). In: Society of Economic Geologists.
- Murthy, C. A., & Chowdhury, N. (1996). In search of optimal clusters using genetic algorithms. *Pattern Recognition Letters*, 17(8), 825-832.
- Pelleg, D. & Moore, A. W. (2000). *X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters*. Icml, Proceedings of the Seventeenth International Conference on Machine Learning.
- Schalkoff, R. J. (1997). *Artificial neural networks*. McGraw-Hill Higher Education.
- Shirazi, A., Hezarkhani, A., Shirazy, A. & Shahrood, I. (2018a). Exploration Geochemistry Data-Application for Cu Anomaly Separation Based On Classical and Modern Statistical Methods in South Khorasan, Iran. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7, 39-44.
- Shirazi, A., Hezarkhani, A., Shirazy, A. & Shahrood, I. (2018b). Remote sensing studies for mapping of iron oxide regions, South of Kerman, Iran. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(4), 45-51.
- Shirazi, A., Shirazy, A. & Karami, J. (2018c). Remote sensing to identify copper alterations and promising regions, Sarbishe, South Khorasan, Iran. *International Journal of Geology and Earth Sciences*, 4(2), 36-52.
- Shirazi, A., Shirazy, A., Saki, S. & Hezarkhani, A. (2018d). Geostatistics studies and geochemical modeling based on core data, sheytoor iron deposit, Iran. *Journal of Geological Resource and Engineering*, 6, 124-133.

- Shirazi, A., Shirazi, A., Saki, S. & Hezarkhani, A. (2018e). Introducing a software for innovative neuro-fuzzy clustering method named NFCMR. *Global Journal of Computer Sciences: theory and research*, 8(2), 62-69.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Heidarlaki, S. & Ziaii, M. (2018a). Exploratory Remote Sensing Studies to Determine the Mineralization Zones around the Zarshuran Gold Mine. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 7(9), 274-279.
- Shirazy, A., Shirazi, A. & Hezarkhani, A. (2018b). Predicting gold grade in Tarq 1: 100,000 geochemical map using the behavior of gold, Arsenic and Antimony by K-means method. *Journal of Mineral Resources Engineering*, 2(4), 11-23.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Ferdossi, M. H. & Ziaii, M. (2019). Geochemical and geostatistical studies for estimating gold grade in tarq prospect area by k-means clustering method. *Open Journal of Geology*, 9(6), 306-326.
- Shirazy, A., Ziaii, M. & Hezarkhani, A. (2020a). Geochemical Behavior Investigation Based on K-means and Artificial Neural Network Prediction for Copper, in Kivi region, Ardabil province, Iran. *Iranian Journal of Mining Engineering*, 14(45), 96-112.
- Shirazy, A., Ziaii, M., Hezarkhani, A. & Timkin, T. (2020b). Geostatistical and remote sensing studies to identify high metallogenic potential regions in the Kivi area of Iran. *Minerals*, 10(10), 869.
- Shirazy, A., Ziaii, M., & Hezarkhani, A. (2021a). Geochemical behavior investigation based on k-means and artificial neural network prediction for titanium and zinc, Kivi region, Iran. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 332(3), 113-125.
- Shirazy, A., Hezarkhani, A., Timkin, T. & Shirazi, A. (2021b). Investigation of Magneto-/Radio-Metric Behavior in Order to Identify an Estimator Model Using K-Means Clustering and Artificial Neural Network (ANN)(Iron Ore Deposit, Yazd, IRAN). *Minerals*, 11(12), 1304.
- Shirazy, A., Shirazi, A. & Nazerian, H. (2021c). Application of Remote Sensing in Earth Sciences–A Review. *International Journal of Science and Engineering Applications*, 10, 45-51.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Nazerian, H. & Hezarkhani, A. (2021d). Investigation of Geochemical Sections in Exploratory Boreholes of Mesgaran Copper Deposit in Iran. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology (IJRASET)*, 9(8), 2364-2368.
- Shirazy, A., Shirazi, A., Nazerian, H. & Khayer, K. (2021e). Geophysical study: Estimation of deposit depth using gravimetric data and Euler method (Jalalabad iron mine, kerman province of IRAN). *Open Journal of Geology*, 11, 340-355.
- Specht, D. F. (1991). A general regression neural network. *IEEE transactions on neural networks*, 2(6), 568-576.
- Tarkian, M. & Stribny, B. (1999). Platinum-group elements in porphyry copper deposits: a reconnaissance study. *Mineralogy and Petrology*, 65(3-4), 161-183.
- Ullman, J. (1984). A review of: "Pattern Recognition: A Statistical Approach". By PA Devuver and J. Kittler. (London: Prentice Hall International, 1982.) [pp. 448.]. *Remote Sensing*, 5(2), 464-464.
- Xu, Z. (2012). Priority weight intervals derived from intuitionistic multiplicative preference relations. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 21(4), 642-654.
- Yaghini, M., & Gereilinia, N. (2013). Genetic TKM: A hybrid clustering method based on genetic algorithm, tabu search and k-means. *International Journal of Applied Metaheuristic Computing (IJAMC)*, 4(1), 67-77.
- Yegnanarayana, B. (2009). *Artificial neural networks*. PHI Learning Pvt. Ltd.



TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

AMAÇ ve KAPSAM

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) 1947 yılından beri yayınlanan, Türkiye'nin en eski ve en çok tanınan dergilerinden biridir. Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından yılda üç sayı olarak yayınlanmaktadır. Dergi mühendislik jeolojisi dışındaki yerbilimleri konularında yayın kabul etmektedir. Bilhassa jeoloji, tektonik, yapısal jeoloji, jeokronoloji, jeokimya, sedimantoloji, biyostratigrafi, paleontoloji, mineraloji, magmatik ve metamorfik petroloji, maden yatakları, jeofizik, jeomorfoloji yanı sıra Çevre ve Kent Jeolojisi ile Ekonomik Jeoloji öncelikli konulardır. Bu konularda güncel bilim düzeyinde hem Türkçe hem de İngilizce dillerinde yayın kabul edilmektedir. Yayınlarda öncelik Türkiye ve çevresi, Doğu Akdeniz, Orta Doğu, Balkanlar, Karadeniz ve Hazar Denizi çevresi olmakla birlikte Dünya'nın diğer tüm kritik bölgelerinde yapılan düzeyli yayınlara da açıktır. Bu kapsamda yapılan araştırmaların bilimsel düzeyi yüksek sonuçlarını içeren makaleler hiçbir ücret almadan yayınlanmaktadır. Açık erişimli bir dergidir. Derginin hedef okuyucu kitlesi bu konu ve kapsamla ilgili tüm yerbilimcilerdir. Dergide daha çok orijinal araştırma makaleleri ve daha az sayıda derleme ve diğer bilimsel nitelikli yayınlara yer verilmektedir. Türkiye Jeoloji Kongresi ve diğer Ulusal ve uluslararası toplantıların seçilen oturumları, hakemli yayın işlemlerinden sonra özel sayı(lar)da yayınlanabilmektedir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizcedir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

MAKALE SUNUM SÜRECİ ve ETİK BİLDİRİMİ

Tüm makaleler internet üzerinden <http://dergipark.gov.tr/tjb> adresindeki "Makale Gönder" menüsü aracılığıyla Türkiye Jeoloji Bülteni'ne elektronik ortamda gönderilmelidir. Bunun için önce DergiPark sistemine üye olmalısınız. Türkiye Jeoloji Bülteni yazarlardan sayfa ücreti talep etmemektedir. Dergiye sunulan makaleler, daha önce yayınlanmadığı ve başka yerde yayınlanmak üzere gönderilmediği varsayılarak değerlendirme için kabul edilir. Yazarlar, makalenin ana içeriğinin daha önce yayınlanmadığını ve başka bir dergide yayınlanmak üzere gönderilmediğini onaylamalıdır. <http://dergipark.gov.tr/tjb> veya www.jmo.org.tr adresinde bulunan telif hakkı devir formu, tüm yazarlar adına ilgili yazar tarafından imzalanmalı ve makale dosyalarıyla birlikte gönderilmelidir. Bir makale sunulduktan sonra, başka yazar eklenmesi veya çıkarılması veya yazarların değiştirilmesi mümkün değildir. Makaleler, yazım kurallarına uymuyorsa ya da dergi kapsamı dışındaysa, dergi editörü tarafından hakem değerlendirmesi yapılmaksızın reddedilebilir. Bir makale yayın için kabul edildikten sonra, diğer bir deyişle, hakem tarafından önerilen düzeltmeler tamamlandıktan ve editör tarafından kabul edildikten sonra, yazara makalede değişiklik yapma izni verilmez. Makale yayınlanmadan önce, yazarlara düzeltmeler için prova baskı gönderilir. Başkasının fikir veya sözcüklerinin orijinal biçiminde kullanılması veya uygun bir atıf yapılmaksızın değiştirilmesi, intihal olarak kabul edilir ve tolere edilemez.

YAZIM KURALLARI

Yazılar aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır:

- (a) Başlık (Türkçe ve İngilizce)
- (b) Yazar Adları (koyu ve baş harfleri büyük harfle) ve adresleri (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak yazarın e-posta adresi
- (c) Öz (Türkçe ve İngilizce)
- (d) Anahtar Kelimeler (Türkçe ve İngilizce)
- (e) Giriş (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) Ana metin (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd)
- (g) Tartışma ve Sonuçlar veya Tartışma Önerileri
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Katkı Belirtme
- (j) Kaynaklar
- (k) Çizelgeler
- (l) Şekiller Dizini
- (m) Şekiller
- (n) Levhalar (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cmX21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2,5 cm boşluk bırakılarak, 1,5 cm aralıkla ve 12 puntoyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

Başlıklar şu şekilde olmalıdır:

ÖZ

ABSTRACT

GİRİŞ

ANA BAŞLIK

Birinci Derece Alt Başlık

İkinci derece alt başlık

Üçüncü derece alt başlık

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

EXTENDED SUMMARY

KATKI BELİRTME

ORCID

KAYNAKLAR / REFERENCES

Kapak Sayfası

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır:

- a. Yazının başlığı
- b. Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- c. Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın telefon numarası da ayrıca belirtilmelidir.

Başlık ve Yazarlar

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kurallarına göre verilmelidir. Makaledeki yazarlar orcid.org web adresinden edinecekleri ORCID kimliklerini makale ile birlikte sunmalıdır.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneklere uygun olarak verilmelidir.

Ahmet Ahmetoğlu

Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği
Bölümü, Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnü Hüsnüoğlu

MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etütler Dairesi, 06520 Ankara
(e-posta:husnu56@mta.gov.tr)

ÖZ

Çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler hem Türkçe hem de İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Özden sonra “Abstract” (İtalik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract’ı izlemelidir.

Anahtar Kelimeler

Öz ve Abstract’ın altında en az 2-7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

DEĞİNİLECEK BELGELER (KAYNAKLAR BÖLÜMÜ)

Aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır

- TJB’de Türkçe yayınlanacak makalelerde: Kaynak çok isimli bir çalışma ise: Son isimden önce “ve” gelmelidir eğer kaynak İngilizce ise “&” kullanılmalıdır.
- Editörün belirtilmesi gereken çalışmalarda: Tek isim ise (Ed.) çoklu editör ise: Son isimden sonra (Ed. ler) eğer kaynak İngilizce ise (Eds.) yazılmalıdır.

A. Süreli yayınlar:

A.1. Süreli yayınların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Makalenin başlığı. *Süreli yayının/derginin adı (kısaltılmamış)*, Cilt No (Sayı No), sayfa numaraları. Varsa DOI bilgisi

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Özel durumlar:

A.2.1. Eğer makale serbest erişimli bir internet sayfasından alındıysa:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. Eğer makalenin makale numarası varsa:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Bildiriler:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bildirinin başlığı. Editör(ler), *Sempozyum veya Kongrenin Adı*, (bildirinin sayfa aralığı). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Ed.ler), 72. *Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri ve Tam Metin Bildiriler Kitabı*, (s.63-64). Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Kitaplar:

C.1. Kitapların gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Adı* (ilk harfleri Büyük). Yayınevi. Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Çeviri Kitapların Gösterilmesi:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). *Kitabın Çeviri Adı* (ilk harfleri büyük). Yayınevi. (Orijinal yayın tarihi). Varsa DOI bilgisi veya internet erişim bilgisi

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Çev: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Orijinal yayın tarihi: 2001).

D. Kitapta Bölüm ise:

Yazar ad(lar)ı, (Tarih). Bölüm Adı. Editör(ler) *Kitap adı* (Bölümün sayfa aralığı). Yayınevi.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Raporlar ve Tezler:

E.1. Raporlar:

Yazar ad(lar)ı, Tarih. *Raporun başlığı* (Varsa rapor no). Kurum adı (Yayımlanma durumu).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (yayımlanmamış).

E.2. Tezler:

Yazar adı, (Tarih). *Tezin başlığı* [Yayımlanma durumu ve derecesi]. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Kişisel Görüşme:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. İnternette İndirilen Bilgiler:

Kurumun veya internet sayfasının adı, (Erişim tarihi). Web adresi.

KRDAE, (2020, 02 Ocak). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü. Deprem Bilgileri, Büyük Depremler. <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/>

H. Kaynak olarak kullanılan haritalar:

Konak, N. ve Ercan, T., 2002. *1/500.000 Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası*, (Şenel, M., (Ed.)). Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Eşitlikler ve Formüller

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır. Çarpım işlemini göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "*" işareti tercih edilmelidir (örneğin; $y=5*10^{-3}$). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla Ca^{++} ve CO_3^{--} yerine $Ca(2+)$ ve $CO_3(2-)$ tercih edilmelidir. Metinde eşitliklere "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15,8 x 22,5) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısımlarında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir.). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, "Çizelge 1" vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7,3 cm-Genişlik) veya çift (15,8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininden sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgenin altında verilmelidir (örneğin: c:tek eksenli sıkışma dayanımı vd.).

Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya yazılarak "Şekiller Dizini" başlığıyla verilmeli, ayrıca "Şekil 1" olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15,8 cm (Genişlik) x 22,5 cm (Uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Özellikle haritalar, arazi ile ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yer almalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a,b,c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller levha olarak değerlendirilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem de İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

MAKALELERİN EDITÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Makaleler yazım kurallarına uygun şekilde hazırlandıktan sonra DergiPark Akademik (dergipark.gov.tr/tjb) adresi üzerinden elektronik olarak sisteme yüklenmelidir.

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDITÖRÜ

Prof. Dr. Erdiñç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-posta: eyigitbas@comu.edu.tr

YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son halini DergiPark Sistemi üzerinden Editör'e göndermelidir. Makaleler *DOCX biçiminde hazırlanmalıdır. Tüm şekiller Corel Draw ile çizilmelidir. Bununla birlikte, şekillerin çözünürlükleri 300 dpi den az olmamalıdır. Hem çizim (CDR) hem de resim (JPG) dosyaları DergiPark Sistemi üzerinden gönderilmelidir.

PROVA BASKILAR

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığını kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilemez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde editöre gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilemeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

TELİF HAKLARI

Yazar veya (Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazarların makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.

ETİK İLKELER VE YAYIN POLİTİKASI

Türkiye Jeoloji Bülteni (*Türkiye Jeol. Bül.*) yayıncı ve kullanıcıları (Baş Editör, editörler, alan editörleri, yazarlar, hakemler, okuyucular vb.) Yayın Etiği Komitesi (COPE) tarafından belirlenen etik kurallara ve sorumluluklara uymalıdır.

Dergi Politikası:

Açık Erişim Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.* hakemli bir dergidir. Basılı ve elektronik ortamda çevrimiçi yayın yapmakta olup açık erişim sistemine sahiptir. Dergi sayıları Ocak, Nisan ve Ağustos aylarında yılda üç kez yayınlanır. Yayın süreçlerinde, bilimsel yöntemle özgürce ve yansız biçimde üretilen bilginin paylaşılması gözetilir. Makale değerlendirme sürecinde kör hakemlik sistemi uygulanır. *Türkiye Jeol. Bül.*'nin 1947 yılından itibaren yayınlanan tüm sayıları gerek yayıncı kuruluş olan Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) tarafından basılı ve elektronik versiyonları ve TÜBİTAK - DergiPark tarafından ise elektronik versiyonları arşivlenmektedir.

Ücret Politikası: *Türkiye Jeol. Bül.*'nin yayıncı kuruluşu JMO'dır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.* derginin basılı ve elektronik versiyonları için herhangi bir ücret ya da abonelik bedeli, yazarlar için ise yayın ücreti ya da benzeri bir ödeme talep etmez.

Telif Hakkı Devri: JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*, yayınlanacak makalelerin telif haklarının alınması için yazarlardan yazılı onay alır. İlgili yazar, dergiye sunulan makalenin yazarı/sahibi olduğunu ve kendisi ve diğer yazar(lar) adına telif hakkını JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devreder. **Telif Hakkı Devri Formu**'nun doldurularak, makale sunumu esnasında dergi sistemine yüklenmesi zorunludur. Sorumlu yazar, gönderilen bu makalenin başka bir yerde benzer bir formda yayınlanmadığını, makalenin orijinal olduğunu ve yayınlanmak üzere başka bir yere gönderilmeyeceğini garanti etmelidir. Sunulan makalenin tüm yazarları, yazımın tüm haklarını ve tüm telif haklarını imzalayarak JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bül.*'ne devretmelidir. JMO ve/

veya *Türkiye Jeol. Bült.*'nin, ilgili makalenin tamamını veya bir kısmını dersler/ders notları, raporlar ve ders kitapları/basılı kitaplar gibi gelecekteki eserlerinde herhangi bir ödeme yapmadan kullanma hakkı ve ilgili makalenin kendi kullanımı için kopyasını alma hakkı vardır. JMO ve/veya *Türkiye Jeol. Bült.*; ticari amaçlar dışında patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm haklarını saklı tutar.

Makale sunumu: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne değerlendirilmek üzere makale gönderecek yazar(lar), öncelikle DergiPark'a üye olmak zorundadır. Sorumlu yazar çalışmalarını (orijinal makale, derleme, vb) *Türkiye Jeol. Bült.*'ne Dergipark sistemi üzerinden göndermelidir.

İntihal Politikası: Makaleden sorumlu yazarın dergiye yeni makale gönderimi için "iThenticate İntihal Tespit Yazılımı" veya "Turnitin" veya eşdeğeri bir intihal programı kullanarak benzerlik raporu yanı sıra, imzalanan "Telif Hakkı Devri Formu" ve "Etik Bildirim Formu"nu DergiPark sistemine yüklemesi gerekmektedir. Gönderilen makalenin benzerlik endeksi oranı, referans listesi hariç, % 20'nin altında olmalıdır.

Yazar Katkısı Beyanı ve Çıkar Çatışması/Çakışması Beyanı: Makale yazarlarının her biri makaleye önemli bilimsel katkıda bulunmuş olması gerektiğinden her yazarın eşit etik sorumluluk taşıdığı kabul edilir. Makalenin tüm yazarları, hatalı durumlarda geri çekme veya düzeltme yapmakla yükümlüdür.

Yazarlar, yazılarını sisteme yükleme aşamasında gerek benzer konularda araştırma yapan diğer araştırmacılar bakımından ve gerekse potansiyel hakemlik konularında her türlü çıkar çatışmasını/çakışmasını açıkça belirtmelidir. Çıkar çatışması/çakışması bulunmadığını düşündüğü durumda ise bu husus açıkça belirtilmelidir.

Kör hakemlik: *Türkiye Jeol. Bült.*'nde tüm bilimsel yayınların objektif değerlendirilmesini sağlamak amacıyla kör hakemlik sistemi uygulanmaktadır. Makaleye hakem atama aşamasında hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir çıkar çatışması/çakışması bulunmamasına özen gösterilmektedir. Bu amaçla hakem ve yazar(lar) arasında bilhassa; a) Tez danışmanı/öğrenci ilişkisi olmaması, b) Yazar(lar) ve hakem arasında yakın geçmişte (son 2 yıl) ortak araştırma ve yayın yapılmış olması, c) Aynı kurumda görev yapıyor olmaması, d) Dergiye sunulan yazıya biçim ya da içerik yönünden katkı yapmamış olması, e) Yazar(lar) ve hakem arasında yargıya ya da etik kurullara intikal eden ihtilafların olmaması, f) Hakem ve yazar(lar) arasında akrabalık ilişkisinin olmaması g) Hakemin yazar(lar) hakkında kamuoyuna intikal etmiş önyargılarının bulunmaması, h) Hakem ve yazar(lar) arasında herhangi bir ticari ilişkisinin olmaması vb durumlar dikkate alınır. Dergi editörlüğünün gözünden kaçan durumların olması ihtimaline karşı hakemlerin de böyle bir durumda editörlüğü uyarması gerekir. Ayrıca hakemlerin;

- Sadece uzmanlık alanlarına giren makaleleri değerlendirmeleri,
- Değerlendirmeyi tarafsız, objektif ve gizlilik içinde yapmaları,
- Değerlendirmede milliyet, cinsiyet, dini inanç, siyasal düşünce, ticari kaygılar vb nedenlerle tarafsızlıklarını kaybetmemeleri,
- Görüş ve önerilerini akademik görgü kuralları içinde, yapıcı ve akademik bir dille yapmaları, kişisel polemik yaratacak üsluptan kaçınmaları,
- Yayın sürecini sebepsiz uzatacak şekilde değerlendirmelerini geciktirmemeleri istenir.

Değerlendirme İşlemi:

Ön Kontrol (Hakem değerlendirme öncesi) Süreci: *Türkiye Jeol. Bült.*'ne sunulan makale ilk olarak, Baş Editör tarafından dergi amaç ve kapsamına uygunluğu açısından gözden geçirilir. Gönderilen makale, derginin amaç ve kapsamına uymuyorsa en geç 15 gün içerisinde reddedilir ve yazara bilgi verilir. Amaç ve kapsamı uygun bulunan makale, yapılan hakem değerlendirmesi öncesi yazım kuralları, dil ve anlatım açısından ve çalışmanın planlanması açısından incelenir. Bu konularda eksiklikleri bulunan makalelerin yazar tarafından düzeltilmesi istenir. Değerlendirme sürecinde yazarlar editör ve hakemlerin görüş, öneri ve eleştirilerine cevap

vermekle yükümlüdürler. Yazarlar, hakem görüşlerini dikkate alarak sorulan soruları cevaplamak, görüş ve önerileri değerlendirmek, eleştirilere karşı olumlu ya da olumsuz karşılık vererek bunlara dair kanıtlarını ayrıntılı bir mektupla editöre bildirmek zorundadır. Bu karşı mektupta akademik üslup kullanılmalı, kişisel tartışmalardan kaçınılmalıdır. Hakem görüşleri doğrultusunda düzeltilmesi istenen makalelerin düzeltilmiş kopyası geçerli bir neden olmaksızın 30 gün içerisinde tekrar editöre gönderilmediği takdirde editörün makaleyi reddetme hakkı vardır. Yeniden düzenleme sonrası, düzeltilmiş makale editör tarafından gerekirse yeniden hakem değerlendirmesine gönderilir veya editör tarafından doğrudan kabul veya reddedilir.

Hakem Değerlendirme Süreci: Makalelerin tüm bölüm içerikleri incelenip hakem değerlendirmesi için uygun bulunduğu makaleler hakem değerlendirmesine alınır. Ancak, herhangi bir nedenle hakem değerlendirmesine uygun bulunmayan makaleler, editörün değerlendirme raporuyla birlikte reddedilir. Yazara en geç 15 gün içerisinde bilgi verilir. Hakem değerlendirmesinde makaleler, editör tarafından içerik ve uzmanlık alanlarına göre dergi hakem havuzundan ve/veya havuz dışından olmak üzere, en az üç hakeme gönderilir. Makale hakemlerinin belirlenmesinde yukarıda açıklanan çıkar çatışması/çakışması hususlarına özen gösterilir. Hakemler değerlendirme süreciyle ilgili hiçbir kimseye bilgi ve belge paylaşmayacaklarını garanti etmek zorundadır. Hakem değerlendirme süreci için hakemlere verilen süre 30 gündür. Hakemler veya editörden gelen düzeltme önerilerinin yazarlar tarafından 30 gün içerisinde tamamlanması zorunludur. Hakemler makale için düzeltmelerini inceleyerek uygunluğuna karar verebilir veya gerekliyse birden çok defa düzeltme talep edebilir. Değerlendirme sonucu, hakemlerden gelen görüşler, editör tarafından en geç 15 gün içerisinde incelenir. İnceleme sonucunda, editör makaleye ilişkin nihai kararını vererek yazara iletir. Ret kararı verilen makaleler arşivlenir.

Makale Geri Çekme: Değerlendirme aşamasındaki makalesini geri çekme isteğinde bulunan yazar(lar), konuyu içeren ıslak imzalı dilekçeyi dergi e-mail adresi tjbdergi@gmail.com üzerinden yayın kuruluna iletirler. Yayın Kurulu, geri çekme dilekçesini inceleyerek en geç 15 gün içerisinde cevap verir. Yayın Kurulu tarafından dilekçesi onaylanmayan bir makalenin yazar(lar)ı, makalelerini başka bir dergiye gönderemezler. Yazar(lar)ın yayınlanmış, erken görünüm veya değerlendirme aşamasındaki çalışmasıyla ilgili bir yanlış ya da hatayı fark etmesi durumunda, dergi editörüyle işbirliği yapma yükümlülüğü bulunmaktadır. Yazar(lar), bizzat kendilerine ait olmayan verileri kullanma hakkına sahip olduklarını, araştırma/analiz ile ilgili gerekli olabilecek izinleri gösteren belgelere sahip olmalıdır.

Editörler, derginin gelişimi ve yayınlanan çalışmaların kalitesini geliştirmeye yönelik süreçleri dikkatle takip eder. *Türkiye Jeol. Bült.* Yayın Kurulu basım aşamasında, değerlendirme aşamasında veya yayınlanmış bir makale için telif hakkı ve intihal şüphesi oluşması durumunda, makaleyle ilgili bir soruşturma başlatır. Yapılan soruşturma sonucunda, makalede telif hakkı ve intihal şüphesi tespit edilmesi durumunda, Yayın Kurulu makaleyi detaylı açıklama yaparak değerlendirme aşamasından geri çekme işlemini yazar(lar)a en geç 15 gün içerisinde bildirir.

Gizlilik: *Türkiye Jeol. Bült.* sistemindeki tüm kişisel bilgiler bilimsel amaçlarla kullanılmakta olup, üçüncü taraflarla paylaşılmamaktadır.

Sorumluluk Reddi: Baş Editör ve Yayın Kurulu üyeleri, yazarların görüşlerinden ve yazı içeriğinden sorumlu değildir. Yazarlar, yazılarındaki etik özgünlük ve olası hatalardan sorumludur. Son okuma (düzeltme okuması) öncesi ve sayfa düzenleme aşamasında oluşabilecek tüm hatalardan yazarlar sorumludurlar. Son okuma sonrası meydana gelen hatalar dergi yetkililerinin sorumluluğundadır.



GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

AIM and SCOPE

The Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) is one of the oldest and best-known journals in Turkey, published since 1947. It is published by the Chamber of Geological Engineers (CGE) with three issues every year. The journal accepts articles about earth science topics apart from engineering geology. Primary topics include geology, tectonics, structural geology, geochronology, geochemistry, sedimentology, biostratigraphy, paleontology, mineralogy, magmatic and metamorphic petrology, mineral deposits, geophysics and geomorphology, in addition to environmental and urban geology along with economic geology. Articles are accepted in both Turkish and English at current scientific levels in relation to these topics. Articles include primarily Turkey and surroundings, eastern Mediterranean, Middle East, Balkans, Black Sea and Caspian Sea areas, along with ranked articles from all other critical regions of the world. Articles including results with high scientific level from research completed within this scope are published without any fee. The journal is open access. The target audience for the journal is all earth scientists interested in these topics and this scope. The journal includes mainly original research articles and lower numbers of reviews and publications with other scientific qualities. Selected sessions at the Geological Congress of Turkey and other national and international meetings may later be published as special issues after reviewed publication processes.

PREPARATION OF MANUSCRIPTS

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English “Genişletilmiş Özet”, for manuscripts submitted in Turkish “Extended Summary” should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Paper should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

SUBMISSION PROCESS and ETHICAL STATEMENT

All manuscripts must be submitted electronically via the Internet to the Geological Bulletin of Turkey through the online system DergiPark at <http://dergipark.gov.tr/tjb>. There are no page charges. Papers are accepted for publication on the understanding that they have not been published and are not going to be considered for publication elsewhere. Authors should certify that neither the manuscript nor its main contents have already been published or submitted for publication in another journal. The copyright release form, which can be found at <http://dergipark.gov.tr/tjb>, or www.jmo.org.tr must be signed by the corresponding author on behalf of all authors and must accompany all papers submitted. After a manuscript has been submitted, it is not possible for authors to be added or removed or for the order of authors to be changed. Manuscripts may be rejected without peer review by the editor-in-chief if they do not comply with the instructions for authors or if they are beyond the scope of the journal. After a manuscript has been accepted for publication, i.e. after referee-recommended revisions are complete, the author will not be permitted to make changes that constitute departures from the

manuscript that was accepted by the editor. Before publication, the galley proofs are always sent to the authors for corrections. The use of someone else's ideas or words in their original form or changed without a proper citation is considered plagiarism and will not be tolerated.

INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) Title (English and Turkish)
- (b) Names of authors (bold and in capital), their affiliations (italic and lower-case) and the name and e-mail address of the corresponding author.
- (c) Abstract (English and Turkish)
- (d) Key words (English and Turkish)
- (e) Introduction (aim, content and methodology)
- (f) Main text (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) Results and Discussion or Conclusions and Recommendations
- (h) Extended Summary / Genişletilmiş Özet
- (i) Acknowledgements (if necessary)
- (j) References
- (k) Tables
- (l) List of figure captions
- (m) Figures
- (n) Plates (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgements, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

Examples for headings:

ABSTRACT

INTRODUCTION

PRIMARY HEADING

Primary Sub-Heading

Secondary sub-heading

Tertiary sub-heading

CONCLUSIONS

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

ANCKNOWLEDGEMENTS

ORCID

REFERENCES

Cover Page

A cover page, separate from the main manuscript, must include the followings:

- a. Title of the paper
- b. Name(s) of author(s) (full forenames should be given)

- c. Full postal and e-mail addresses of all authors (the corresponding author should be indicated). Phone number for the corresponding author should also be provided.

Title and Authors

The title of the paper should unambiguously reflect its content. If the paper is written in Turkish, the Turkish title (in bold-face type and first letter of the words capital) should be followed by the English title (italic and first letter of the words capital). If the paper is in English, the English title should appear before the Turkish title in the style mentioned above. Authors should provide their Orcid ID which can be obtained from orcid.org website.

The information related with authors should be given as follow:

Ahmet Ahmetoğlu Ankara University, Engineering Faculty, Geological Engineering Department Tandoğan 06100 Ankara

A. Hüsnu Hüsnuođlu MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara (e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

ABSTRACT

The abstract not exceeding 300 words should be informative (aim of the study and main conclusive remarks). It should not contain references. The Abstract should be given in both Turkish and English. If the paper is written in Turkish, an English abstract (in italics) should follow the Turkish abstract, while a Turkish abstract (in italics) should appear after the English abstract in papers written in English.

Keywords

The abstract should include minimum 2, and not more than 7 keywords which reflect the entries the authors would like to see in an index. Keywords should be given in both Turkish and English. Keywords should be written in lower-case letters, separated by commas, and given in alphabetical order. For Technical Notes and Discussions, keywords should not be provided.

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET / EXTENDED SUMMARY

The extended abstract should not exceed 2500 words. But it must be more bulky than abstract. The new figure or table should not be given. But reference can be given to figures and tables present in main text.

ACKNOWLEDGEMENTS

Acknowledgements should be brief and confined to persons and organizations that have made significant contributions. Please use full names without titles and indicate name(s) of the organization(s) of the person(s) acknowledged.

REFERENCES

All references cited in the text, and in captions of figures and tables should be presented in a list of references under a heading of "REFERENCES" following the text of the manuscript.

A. Journals

A.1. Citing the periodicals:

Author(s), (Date). Title of paper. *Full Name of Journal*, Vol. (No), pages. DOI number (if available)

Hoek, E. & David, M. (1990). Estimating Mohr – Coulomb friction and cohesion values from Hoek – Brown failure criterion. *International Journal of Rock Mechanics*, 27 (3), 220-229. [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(90\)94333-O](https://doi.org/10.1016/0148-9062(90)94333-O)

A.2. Special cases:

A.2.1. If the article was taken from an open (free) access website:

Ketin, İ. (1949). Son on yılda Türkiye’de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 2(1), 1-13. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tjb/issue/50279/650044>

A.2.2. If the article has an article number:

Açlan, M., Oyan, V. & Köse, O. (2020). Petrogenesis and the evolution of Pliocene Timar basalts in the east of Lake Van, Eastern Anatolia, Turkey: A consequence of the partial melting of a metasomatized spinel-rich lithospheric mantle source. *Journal of African Earth Sciences*, 168, Article 103844. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2020.103844>.

B. Proceedings and Abstracts:

Author(s), (Date). Title of paper. Name of Editor(s), *Title of Symposium or Congress*, (pages). Name of Publisher. DOI number & internet address (If available).

Şanlıyüksel Yücel, D., İleri, B. (2019). Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. In H. Sözbilir, Ç. Özkaymak, B. Uzel, Ö. Sümer, M. Softa, Ç. Tepe, S. Eski (Eds.), *72nd Geological Congress of Turkey The Proceedings and Abstracts Book*, (s.63-64). Chamber of Geological Engineers of Turkey Publications No: 140. https://www.jmo.org.tr/resimler/ekler/174e0f6fa731893_ek.pdf

C. Books:

C.1. Citing of books:

Author(s), (Date). *Name of the Book*. Name of the Publisher. DOI number & internet address (if available).

Pettijohn, F. J., Potter, P. E. & Siever, R. (1987). *Sand and Sandstones* (2nd ed.). Springer-Verlag New York. <https://www.doi.org/10.1007/978-1-4612-1066-5>

Ketin, İ. (2016). *Genel Jeoloji, Yerbilimlerine Giriş* (9. Baskı). İTÜ Vakfı Yayınları.

C.2. Citing of translated books:

Author(s), (Date). *Name of the Translated Book*. Name of the Publisher. (Original publishing date). DOI number & internet address (If available).

Komatina, M. M. (2011). *Tıbbi Jeoloji: Jeolojik Ortamların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri* (Translator: Y. Örgün ve D. Bayrak). TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası (Original publication date: 2001).

D. Chapter in book:

Author(s), (Date). Chapter Name. Name of Editors, *Name of Book* (Page numbers of the chapter). Name of Publisher.

Merriman, R. J. & Frey, M. (1999). Patterns of very low-grade metamorphism in metapelitic rocks. In M. Frey & D. Robinson (Eds.), *Low Grade Metamorphism*, (pp. 61-107). Blackwell Sciences Ltd.

E. Reports and Thesis:

E.1. Reports:

Author(s), (Date). *Title of report* (If any report no). Name of the Organization or Institution, (published or unpublished).

Kellogg, H. E. (1960). *Stratigraphic report, Derik-Mardin area Petroleum District V, Southeast Turkey* (Rapor no: 1367). TPAO (unpublished).

E.2. Thesis:

Author, (Date). *Title of Thesis* [published or unpublished & PhD or Msc Thesis]. Name of the Institution or University.

Sönmez, H. (1996). *TKİ ELİ Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi* [Unpublished Msc Thesis]. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

F. Personal Communications:

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of Dokuz Eylül University, İzmir, Turkey.

G. Information Downloaded from the Internet

Name of the Organization, (Date). Web address, date of access to website.

KRDAE, (2020, 02, January). Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute Regional Earthquake-Tsunami Monitoring Center, <http://www.gov.tr>.

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

Mathematical Expressions

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations.

Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g. $y=5x^{0.5}$). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol “*” can be preferred (e.g. $y=5*10^{-3}$). Please use “/” for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as Ca(2+) and CO₃(2-) instead of Ca⁺⁺ and CO₃⁻⁻. In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

Tables

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin “Table 1.” etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table

is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used. Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength, etc).

Illustrations

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as “Figures” and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin “Figure 1.” etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be given with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal’s single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figure 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as “Plates” and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Papers should be submitted electronically through web site DergiPark Academics (dergipark.gov.tr/tjb)

EDITOR IN-CHIEF

Prof. Dr. Erdinç YİĞİTBAŞ

Tel: 286 2180018-20088

e-mail: eyigitbas@comu.edu.tr

SUBMITTING ARTICLES ADMITTED TO PUBLICATION

In cases where authors’ manuscripts are admitted to publication, authors should send revised final copies of their manuscripts to Editor through the DergiPark System. Manuscripts should be issued in *DOCX format. All images, should be issued in Corel Draw. Besides, the resolution of the figures should not be less than 300 dpi. Both drawing (CDR) and image (JPG) files must be submitted through the DergiPark System.

PROOFING

Proofing of articles are sent to Reference Author to check for typographical errors and misspelling. Revisions in proofing are limited to misspelling and any amendments and revisions by authors that may alter article in a way different than its final version are not acceptable. Proofing should be sent to editor within at latest three days

after receipt by authors. Delayed revisions cannot be guaranteed for printing and therefore, authors are strictly recommended to precisely inspect proofing prior to sending.

COPYRIGHT

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the “Copyright Transfer” agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors’ proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

ETHICAL PRINCIPLES AND PUBLICATION POLICY

The publisher and users (chief editor, editors, field editors, authors, reviewers, readers, etc.) of the Geological Bulletin of Turkey (*Geol. Bull. Turkey*) must abide by the ethical rules and responsibilities determined by the Committee of Publication Ethics (COPE).

Journal Policy:

Open Access Policy: The *Geol. Bull. Turkey* is a peer-reviewed journal. It publishes in print and online in the electronic environment and has an open-access system. Journal issues are published three times per year in the months of January, April and August. Publication processes ensure sharing of information produced freely and objectively with the scientific method. The review process for articles applies a blind review system. All issues of the *Geol. Bull. Turkey* published since 1947 are archived as both print and electronic versions by the publishing organization, the Chamber of Geological Engineers (CGE), and as electronic versions by TUBITAK – DergiPark.

Price Policy: The publishing organization of the *Geol. Bull. Turkey* is the CGE. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* do not demand any fee or subscription costs for printed and electronic versions of the journal or any publishing costs or similar from authors.

Copyright Transfer: The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive written permission from authors to obtain the copyrights of articles that will be published. The relevant authors, as writer/owner in their own name and the name of other authors, transfer copyright of the article offered to the journal to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. It is mandatory to complete the **Copyright Transfer Form** and upload it to the journal system when submitting the manuscript. The responsible author must guarantee that this manuscript has not been published in similar form in other places, that the manuscript is original and that it will not be sent for publication elsewhere. All authors of the submitted manuscript must sign and transfer all rights and all copyright for the article to the CGE and/or *Geol. Bull. Turkey*. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* receive the right to use all or part of the relevant article in future works like lessons/lesson notes, reports and textbooks/printed books without any payment and to copy the relevant manuscript for their own use. The CGE and/or *Geol. Bull. Turkey* reserve all rights apart from copyright, such as patent rights, except for commercial purposes.

Article submission: The authors of articles submitted for assessment by *Geol. Bull. Turkey* must first be members of DergiPark. The corresponding author must submit the study (original article, review, etc.) to *Geol. Bull. Turkey* through the DergiPark system.

Plagiarism Policy: In addition to the corresponding author submitting the article to the journal, they must upload a similarity report using “iThenticate Plagiarism Detection Software” or “Turnitin” or equivalent plagiarism program, along with the signed **Copyright Transfer Form** and the **Ethics Report Form** to the

DergiPark system. The similarity index rate for articles must be below 20%, excluding the reference list.

Author Contribution Statement and Conflict / Conflict of Interest Statement: Each of the authors need to have made significant scientific contributions to each article, so every author is accepted as carrying equal ethical responsibility. All authors of an article are obliged to recall or make corrections in situations involving mistakes.

The authors must clearly state all types of conflict/conflict of interest in relation to topics such as other researchers studying similar topics and potential reviewers. In situations where no conflict/conflict of interest is considered to exist, this must be clearly stated.

Blind review: *Geol. Bull. Turkey* applies a blind review system with the aim of ensuring objective assessment of all scientific publications. In the stage of assigning reviewers for an article, care is taken that there is no conflict/conflict of interest between reviewers and author(s). With this aim, care is taken that between reviewers and author(s) a) there are no thesis advisor/student relationships, b) no common research or publications between author(s) and reviewers in the recent past (last 2 years), c) they are not employed in the same organization, d) they have not contributed to the manuscript submitted to the journal in terms of form or content, e) author(s) and reviewer have no disputes that were referred to judiciary or ethical committees, f) there is no kinship between reviewer and author(s), g) no publicly stated prejudice of the reviewer toward the author(s), h) no commercial relationship between reviewer and author(s), etc. In case of situations missed by the journal editors, the reviewers must warn the editors of such a situation. Additionally, reviewers are requested;

- To only assess articles that are within their field of expertise,
- To perform assessments unbiased, objectively and confidentially,
- To avoid bias in assessments due to reasons such as nationality, sex, religious beliefs, political leanings, commercial concerns, etc.,
- To provide opinions and recommendations within academic etiquette, with constructive and academic language, avoiding language which will create personal polemic,
- To avoid delaying assessments in a way which lengthens the publication process without reason.

Evaluation Process:

Preliminary Check (before reviewer assessment): Firstly, manuscripts submitted to *Geol. Bull. Turkey* are reviewed by the chief editor for suitability in terms of the aims and scope of the journal. If manuscripts do not abide by the aim and scope of the journal, they are rejected within 15 days maximum and information is sent to the author. Manuscripts which are suitable for the aim and scope are first investigated for spelling, language and expression and study plan before reviewer assessment. Authors of manuscripts which are inadequate in this regard will be requested to revise the manuscript. During assessment, authors are responsible for responding to the opinions, recommendations and criticisms of the editor and reviewers. The authors must respond to questions asked based on reviewer opinions, assess opinions and recommendations, and provide positive or negative responses to criticisms with evidence in a detailed letter to the editor. Academic etiquette must be used in the letter, personal discussions should be avoided. If a corrected copy of manuscripts with revision requested in line with reviewer opinions is not received without a valid reason within 30 days, the editor reserves the right to reject the manuscript when it is re-submitted. After revisions, the revised manuscript may be sent by the editor for reviewer assessment again or may be directly accepted or rejected by the editor.

Peer Review Process: Manuscripts found suitable for peer review after investigating the content of all sections will be sent to the reviewers. However, articles that are not suitable for peer review for any reason will be rejected with the editor's assessment report. Information will be given to the authors within 15 days. Manuscripts sent for reviewer assessment will be sent to at least three reviewers by the editor from within or outside the journal pool according to content and area of expertise. Care will be taken about elements within the scope of conflict/conflict of interest mentioned above when determining reviewers for manuscripts. Reviewers must guarantee that they will not share any information or documents related to the review process with anyone. The duration for the review process is 30 days. Revision recommendations from the reviewers or editor must be completed by the authors within 30 days. Reviewers will investigate corrections on the article and decide on suitability or if necessary, request more revisions. The review result and opinions of reviewers will be investigated by the editor within maximum 15 days. As a result of the investigation, the editor will communicate the final decision about the manuscript to the author. Rejected manuscripts will be archived.

Article Withdrawal: Author(s) who wish to withdraw their manuscript during assessment must communicate a memo related to the topic with wet signature to the publication board via the journal email address tjbdergi@gmail.com. The Publication Board will investigate the withdrawal request and respond within maximum 15 days. Author(s) of manuscripts with request denied by the Publication Board will not be able to send their manuscript to another journal. If the author(s) become aware of any mistakes or errors related to the study after publication, in the early submission or review stages, they are obliged to cooperate with the journal editor. The author(s) must have the right to use any data which does not belong to themselves and must have documents showing necessary permissions related to the research/analysis.

The editors carefully manage processes to ensure development of the journal and increase the quality of published studies. In situations with suspicions raised about copyright or plagiarism for any manuscript in the publication stage, review stage or as unpublished manuscripts, the Publication Board of *Geol. Bull. Turkey* will begin an investigation related to the manuscript. If the investigation identifies copyright and plagiarism suspicions related to the manuscript, the Publication Board will withdraw the manuscript in the review stage making a detailed explanation and report to the author(s) within 15 days.

Confidentiality: All personal information in the *Geol. Bull. Turkey* system is used for scientific purposes and will not be shared with third parties.

Disclaimer: The chief editor and Publication Board members are not responsible for the opinions of authors or manuscript content. The authors are responsible for the ethical originality and possible errors in their manuscripts. The authors are responsible for all errors before final reading (proofreading) and that may occur when formatting pages. Errors occurring after final proofreading are the responsibility of the journal authorities.