

Eğerci Köyü Ferromanganez Cevherleşmesinin Maden Mikroskobik Özellikleri: Yozgat-TÜRKİYE

Ore Microscopic Characteristics of Ferromanganese Mineralization of Eğerci Village: Yozgat-TURKEY

¹Nursel ÖKSÜZ  ²İsmail KOÇAK  ³Sümeysra KAYA 

¹Yozgat Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye

²Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bandırma/Balıkesir, Türkiye

³Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

¹nursel.oksuz@gmail.com, ²ismailkocak81@gmail.com,

³k-sumeyra@hotmail.com

Araştırma Makalesi/Research Article

ARTICLE INFO

Article history

Received : 11 June 2021

Accepted : 5 July 2021

Keywords:

Manganese, goethite,
pyrolusite, ramsdellite,
Eğerci village-Yozgat

ABSTRACT

Ferromanganese mineralization in Eğerci village is observed in 16 km southwest of Yerköy (Yozgat) district, with a basalt and limestone contact and a banded and partly reticulated structure within the limestone. Ore paragenesis; pyrolusite, ramsdellite, goethite and magnetite. Gang minerals are mostly calcite and less frequently quartz. Different pyrolusite formations were observed in the study area. Some of them are fine crystals and some are larger crystals and leaf-shaped. Another texture form is pyrolusite, which is developed as a replacement product to fill fractures and cracks. In places, pyrolusite formed by ramplung of ramsdellite and textures in which pyrolusite replaces goethite were also determined. In addition, oolitic and colloidal textures are observed in some goethites. In the light of the field studies and all these first findings, it can be thought that mineralization occurred in at least two phases.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim : 11 Haziran 2021

Kabul : 5 Temmuz 2021

Anahtar Kelimeler:

Manganez, götit, pirolusit,
ramsdellit, Eğerci köyü-
Yozgat

ÖZET

Eğerci köyü ferromanganez cevherleşmesi, Yerköy (Yozgat) ilçesinin 16 km güney batısında bazalt ile kireçtaşının dokanağında ve kireçtaşının içerisinde bantlı yer yer ise ağsal yapıda gözlenmektedir. Cevher parajenezi; pirolusit, ramsdellit, götit ve manyetitir. Gang mineralleri ise çoğunlukla kalsit daha az oranda ise kuvarstır. Çalışma alanında farklı pirolusit oluşumları gözlenmiştir. Bazıları ince kristalli bazıları ise daha iri kristalli ve yapraklanma şeklindedir. Bir başka doku şekli ise kırık ve çatlakları doldurur şekilde ornatım ürünü olarak gelişmiş pirolusitlerdir. Yer yer ramsdellit in ramplasmanı ile oluşmuş pirolusitler ile pirolusitin götiti ornattığı dokular da belirlenmiştir. Bunun yanında bazı götitlerde oolitic ve koloidal dokular gözlenmektedir. Yapılan saha çalışmaları ve tüm bu ilk bulgular ışığında cevherleşmenin en az iki evrede oluştuğu düşünülebilir.

© 2021 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

ORCID ID: ¹0000-0001-7371-3202

²0000-0002-4519-4561

³0000-0001-7594-1903

1. GİRİŞ

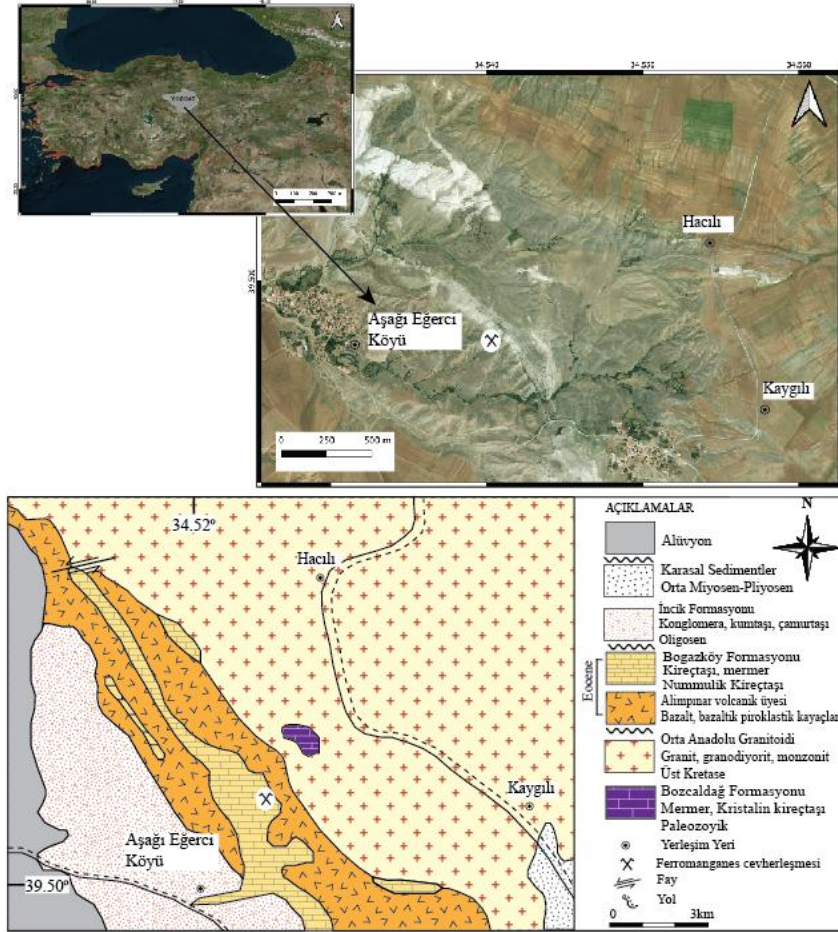
Türkiye’de manganez ve ferromanganez yatakları oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Bunlardan bir kısmı ekonomik olarak işletilse de diğer bir kısmı ise sadece cevherleşme şeklindedir. Bu oluşumlar kökenlerine, tektonik ve yapısal özelliklerine bağlı olarak dört ana gruba ayrılmıştır (Öztürk 1993). 1. Radyolaritli çörtlere birlikte bulunan hidrotermal ve hidrojenetik kökenli manganez yatakları, 2. Alt Kretase yaşlı karbonatlar içindeki siyah şeyllerle ilişkili diyajenetik oluşumlu yataklar, 3. Volkanotortul içindeki hidrotermal oluşumlu yataklar ve 4. Oligosen çökelleri içindeki sedimanter kökenli yataklardır.

Yozgat İli merkezi ve çevresinde de radyolaritli çörtlere ilişkili olarak bantlı ve mercer şeklinde gözlenen hidrotermal, hidrojenetik ve diyajenetik kökenli manganez ve ferromanganez oluşumları oldukça yaygın gözlenmektedir (Eymir, Derbent, Baltasarlar, Cihanpaşa, Büyükmahal, Tarhana). Bu oluşumların bazılarında Si içeriği yüksek değerler sunarken, diğer bazı oluşumlarda ise Mn ile birlikte Fe içerikleri de yüksek oranlarda gözlenmiştir (Öksüz, 2011a, b; Öksüz ve Okuyucu 2014; Öksüz 2018). Köken olarak oluşumların hemen hemen hepsi Artova Ofiyolitik kompleks içinde hidrotermal, hidrojenetik ve diyajenetik olarak belirlenmiştir. Çalışmaya konu olan Eğerci Köyü manganez oluşumlarının ise bunlardan farklı olarak kireçtaşlarının içinde bazaltik kayaçların oluşumu sırasında hidrotermal çözeltilerin getirilmesi sonucu oluştuğu düşünülmektedir.

Bu çalışmadaki temel amaç, çalışmaya konu olan Aşağı Eğerci bölgesinde gözlenen ferromanganez cevherleşmesindeki cevher minerallerinin XRD çekimlerinin yapılarak parajenezinin belirlenmesi ayrıca aynı örneklerin maden mikroskobunda incelenmesi ile minerallerin yapısal ve dokusal özelliklerinin belirlenmesidir. Böylece oluşum evreleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışmaya konu olan ferromanganez cevherleşmesi, Yerköy (YOZGAT) ilçesinin 16 km güney batısındaki Aşağı Eğerci köyünde gözlenmekte olup aynı zamanda Türkiye’nin önemli masiflerinden olan Orta Anadolu Masifi’nde yer almaktadır. Bölgede yüzeyleyen en yaşlı birim, Paleozoik yaşlı Bozçaldağ Formasyonudur (Şekil 1). [6] tarafından adlandırılan birim, gri renkli, çoğunlukla iri kalsit kristalli, orta-kalın katmanlı ve masif mermerden oluşmaktadır. Masif mermerler, çalışma alanında Hacılı köyünün güneyinde çok küçük bir alanda gözlenmektedir ve Üst Kretase yaşlı Orta Anadolu graniti tarafından kesilmektedir [7]. Eosen yaşlı Boğazköy Formasyonu [8], çalışma alanı ve yakın çevresinde, transgresif olarak bazı bölgelerde intrüziyonları bazı bölgelerde ise daha yaşlı birimleri aşılabilir uyumsuzlukla örter. Birim, volkanik ara düzeyli, kumtaşı, silttaşı, az çakıltaşı, çamurtaşı ve kireçtaşından oluşur. Bu formasyon, nummulit, mercan ve gastropod fosilleri içeren kumlu-siltli kireçtaşı ve masif kireçtaşlarından oluşan “Kireçtaşı Üyesi”, bazalt ve bazaltik piroklastik kayaçlardan oluşan “Alımpınar Volkanik Üyesi” ve hâkim olarak dasitik tüfler ile yer yer dasitik, riyolitik kayaçlardan meydana gelen “Dasit Üyesi” olmak üzere üç üyeye ayrılmaktadır [8]. Dasit üyesi, çalışma alanında izlenmemektedir. Formasyonda tanımlanan bu üç üye birbirleri ile yanall ve düşey geçişlidir. Ayrıca, Alımpınar Volkanik Üyesi içerisinde izlenen taban yapıları denizaltı volkanizmasını işaret etmektedir. Birim genel olarak, Aşağı Eğerci köyünün kuzey-kuzey batısı ile güney doğu bölgelerinde gözlenmektedir. Karasal ortamda oluşmuş baskın olarak çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı litolojisi ile ayırt edilen Oligosen yaşlı İncik formasyonu [9] ve Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı göl, akarsu karasal çökelleri, tüm birimleri uyumsuz olarak üzerler. Bölgedeki en genç birim Kuvaterner yaşlı alüvyonlardır [7,10].



Şekil 1. Çalışma alanının jeoloji ve yer bulduru haritası ([7]'den değiştirilerek)

Çalışma alanında İç Anadolu ve Toroslarda şiddetli deformasyona neden olan Alpin Orojenezinin Laramiyen safhasının etkileri gözlenmektedir [11]. Bölgede geniş alanları kapsayan magmatizma, kristalen masif içerisinde plütonik faaliyetler şeklinde, Üst Kretase ve Orta Eosen döneminde ise denizaltı volkanizması şeklinde gerçekleşmiştir. Orta Eosen birimleri, sıg denizel ve volkanik fasiyeste gelişmiş kayalarla temsil edilir. Alt-Orta Eosen dönemindeki deniz seviyesi Kretase döneminden daha yüksektir. Orta Eosen'in sonuna doğru deniz yavaş yavaş çekilmeye başlamış, lagünler oluşarak Orta Eosen'in sonlarına doğru jipsli, killi marnlar oluşmuştur. Orta Eosen'in sonunda ise deniz daha fazla çekilmiş, aynı zamanda yükselme ve aşınmalar meydana gelmiş ve Oligosen'in kırmızı renkli konglomeratik birimlerini oluşturmuştur. Oligosen boyunca ise deniz daha çok çekilerek lagünler oluşmuştur. Oligosen sonunda yer yer acı ve tatlı su gölleri kalmış, deniz ise tamamen çekilmiştir. Daha genç devirlere ait volkanik faaliyetlerin ise çalışma alanında gözlenmediği belirlenmiştir [10].

3. MATERYAL VE METOD

Eğerci köyü ferromanganez cevherleşmesinden 40 adet cevher örneği alınmıştır. Bu örneklerin 20 adedinden Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nde (MTA) parlak kesit yaptırılmıştır. Bunun yanında aynı örneklerin 15 adedinden de Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (BİLTEM) XRD analizleri yaptırılmıştır. Parlak kesitler Yozgat Bozok Üniversitesi'nde bulunan Leica marka üstten aydınlatmalı mikroskopta incelenerek ilgili bölümler fotoğraflandırılmıştır.

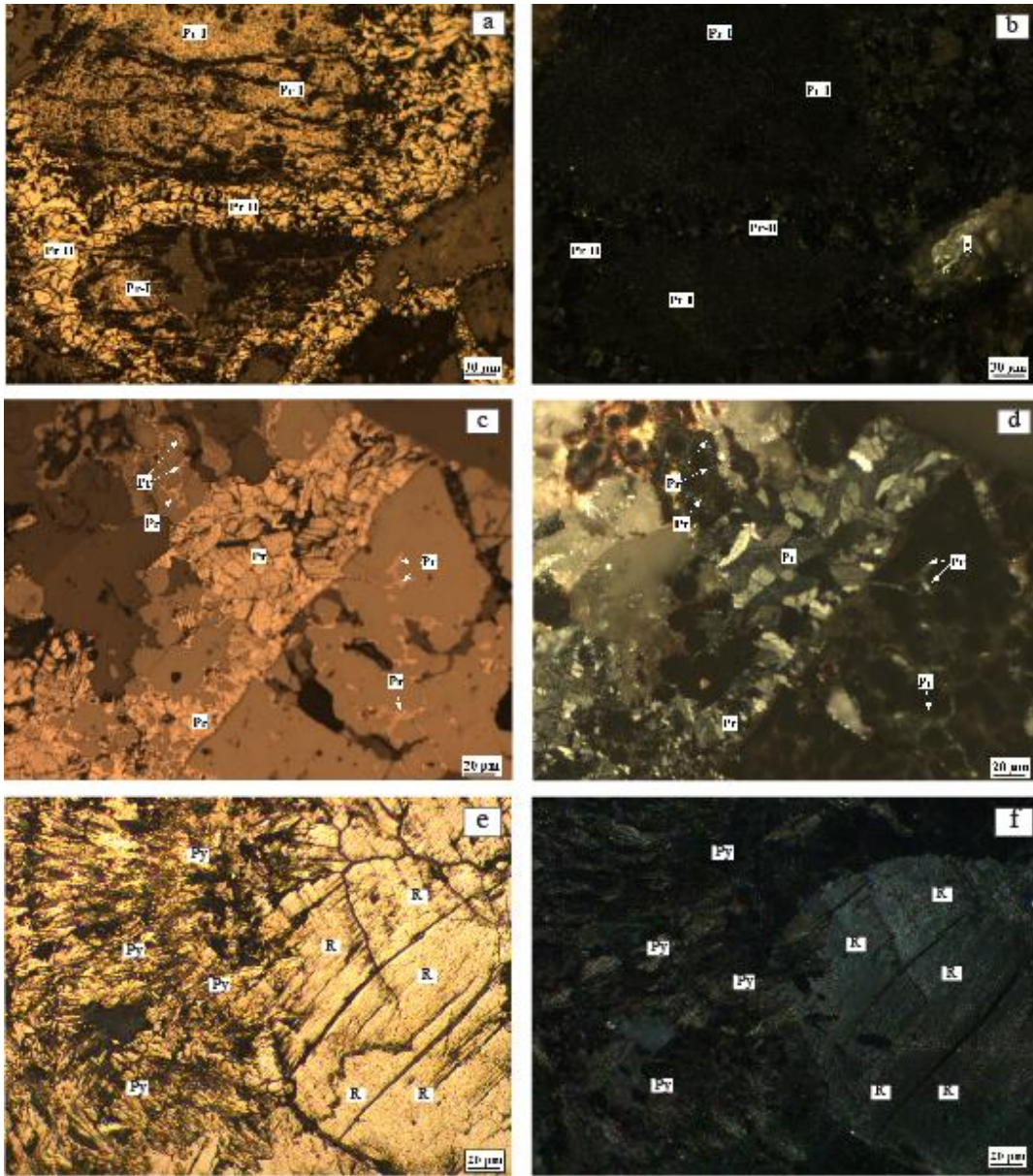
4. MADEN MİKROSKOBİK İNCELEMELER

Maden mikroskobik incelemeler için öncelikle mineral parajenezini desteklemek için XRD analizleri yaptırılmıştır. Daha sonra parlak kesitlerin her biri üstten aydınlatmalı mikroskopta incelenerek dokusal ve yapısal özellikleri incelenmiş ve yorumlanmıştır. Buna göre Eğerci ferromanganez cevherleşmesinde belirlenen ana mineral parajenezi; pirolusit, ramsdellit, götit ve manyetitir. Gang mineralleri ise çoğunlukla kalsit daha az oranda ise kuvardır.

4.1. Pirolusit (MnO_2)

Mangan oksitin bilinen üç farklı polimorfu olmasına rağmen, yaygın gözlenmesi ve duraylı olması bakımından en önemli minerali pirolusittir. Bununla birlikte pirolusit, duraylılık alanlarının fazla olması sebebi ile birçok jeokimyasal ortamda gözlenebilmektedir. Böylece hem süperjen hem de düşük sıcaklıktaki hidrotermal ortamlarda oluşabilen pirolusit, kökensel yorumlamalarda belirteç değildir [12].

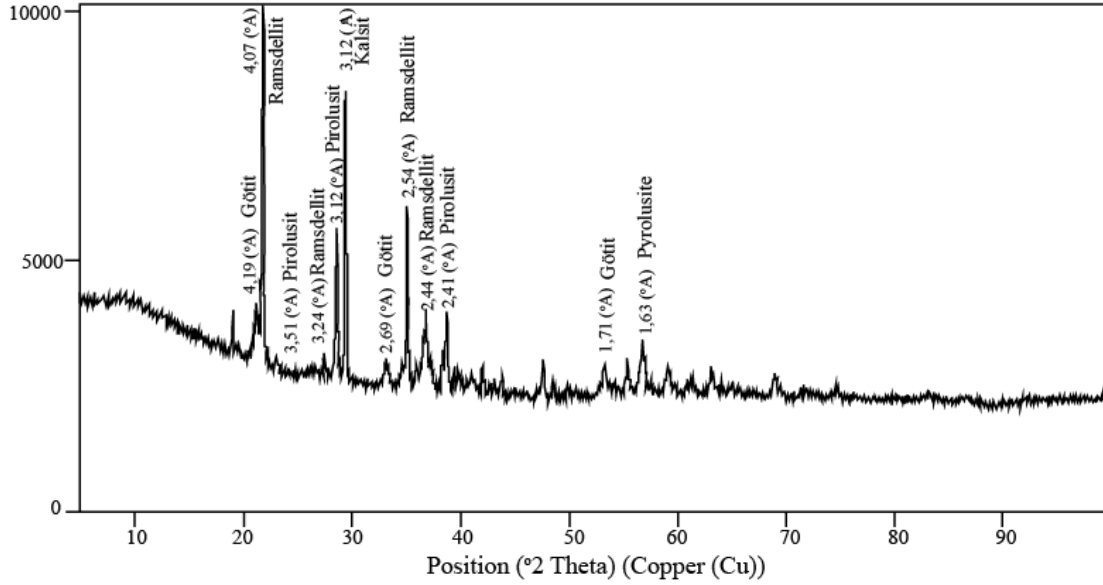
Bunların dışında pirolusit, karasal ortamlarda günlenme (weathering) ile oluşabildiği gibi ramsdellit ve manganit gibi diğer mangan minerallerinin ramplasmanı şeklinde de oluşabilir. Karasal ortamlarda oluşan pirolusit, taşınma sırasında çevreden kalıntı malzemeler de içerebilir [13]. Çalışma alanındaki pirolusitlerde de olduğu gibi çökelimi genellikle kireçtaşı ya da dolomit gibi karbonat kayaçların içinde olabileceği gibi [13], oksitlenme potansiyeli yüksek ortamlarda da pH'den bağımsız olarak bulunabilmektedir [14]. Eğerci köyü ferromanganez cevherleşmesinde de en bol bulunan minerallerden biri pirolusittir. Birinci nikelde krem, sarı renkli ikinci nikelde ise krem, sarı, mavimsi gri renkli kuvvetli anizotropi gösterir (Şekil 2a-f). Çalışma alanından alınan örneklerde farklı pirolusit oluşumları gözlenmiştir. Bunlardan bazıları ince kristalli bazıları ise daha iri kristalli ve yapraklanma şeklindedir. (Şekil 2a, b). Diğer bir oluşum, kırık ve çatlakları doldurur şekilde, ornatım ürünü olarak gelişmiş pirolusitlerdir. Bunlarda tipik büzülme çatlakları (kontraksionrisse) da belirgindir (Şekil 2c, d). Yer yer ramsdellit ramplasmanı ile oluşan pirolusitler de gözlenmiştir (Şekil 2e, f).



Şekil 2. a) İnce kristalli pirolusit (Pr-I) ve daha iri kristalli pirolusit (Pr-II), I. Nikol; b) İnce kristalli pirolusit (Pr-I) ve daha iri kristalli pirolusit (Pr-II), II. Nikol; c) Kırık ve çatlakları doldurarak oluşmuş ikincil pirolusit, I. Nikol; d) Kırık ve çatlakları doldurarak oluşmuş ikincil pirolusit, II. Nikol; e) Ramsdellit ramplasmanı şeklinde oluşmuş pirolusit, I. Nikol; f) Ramsdellit ramplasmanı şeklinde oluşmuş pirolusit, II. Nikol, Py: Pirolusit, R: Ramsdellit

4.2. Ramsdellit (MnO_2)

İncelenen örneklerde saptanan bir diğer manganez oksit polimorfu ramsdellitir. Pirolusit ile oldukça benzerlik gösterir. Bu sebeple direkt bir karşılaştırma yapmak ve mineral tayini oldukça zordur. Pirolusit mangan oluşumlarında ramsdellite oranla daha yaygın olarak görülse de düşük sıcaklıktaki hidrotermal alterasyon ile oluşan manganez mineralizasyonlarında ramsdellit de bol bulunduğu tespit edilmiştir [15]. İki mineralin yan yana görüldüğü kesitlerde pirolusitin daha parlak olduğu fark edilebilir. Bununla birlikte pirolusit ve ramsdellit parajenez olsa da ramsdellit, 300 °C'nin üzerinde ısıtıldığında pirolusite dönüşür [13]. Bu tarz dönüşümler, çalışma alanında içi içe geçmiş ya da ramsdellit etrafında gözlenen kuşak halinde pirolusit oluşumu şeklinde gözlenmektedir (Şekil 2 e, f). Mikroskopta tespit edilen ramsdellit, pirolusitten özellikle yeşilimsi gri anizotropi rengi ile de ayırt edilmektedir. Bununla birlikte çalışma alanındaki manganez cevherleşmesinde ramsdellit varlığı XRD analizleri ile de belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Cevher örneklerine ait XRD difraktogramı

4.3. Götüt $FeO(OH)$

Oksihidroksit bileşimli götüt; ferrosit ve lepidokrositin polimorfudur. Götüt, düşük sıcaklıktaki oluşumlarda özellikle sedimenter ortamlarda ve ayrıca demirce zengin cevherleşmelerin olduğu yerlerde günlenme ürünü olarak da sıklıkla gözlenir [16]. Bunun yanında götüt, Fe^{2+} 'nin Fe^{3+} 'e oksidasyonu sonucunda da oluşabilir. Bu da yukarıda bahsedildiği gibi götütün yüzey koşullarında günlenme sonucunda oluşmasına yol açar. Bu şekilde gözlenen oksidasyon değişikliği nedeniyle, götütte yaygın olarak psödomorf oluşumlara sık rastlanır [17]. Çalışma alanında ana mineral olarak gözlenen götüt, hem cevher mikroskobu ile hem de XRD analizi ile belirlenmiştir (Şekil 3).

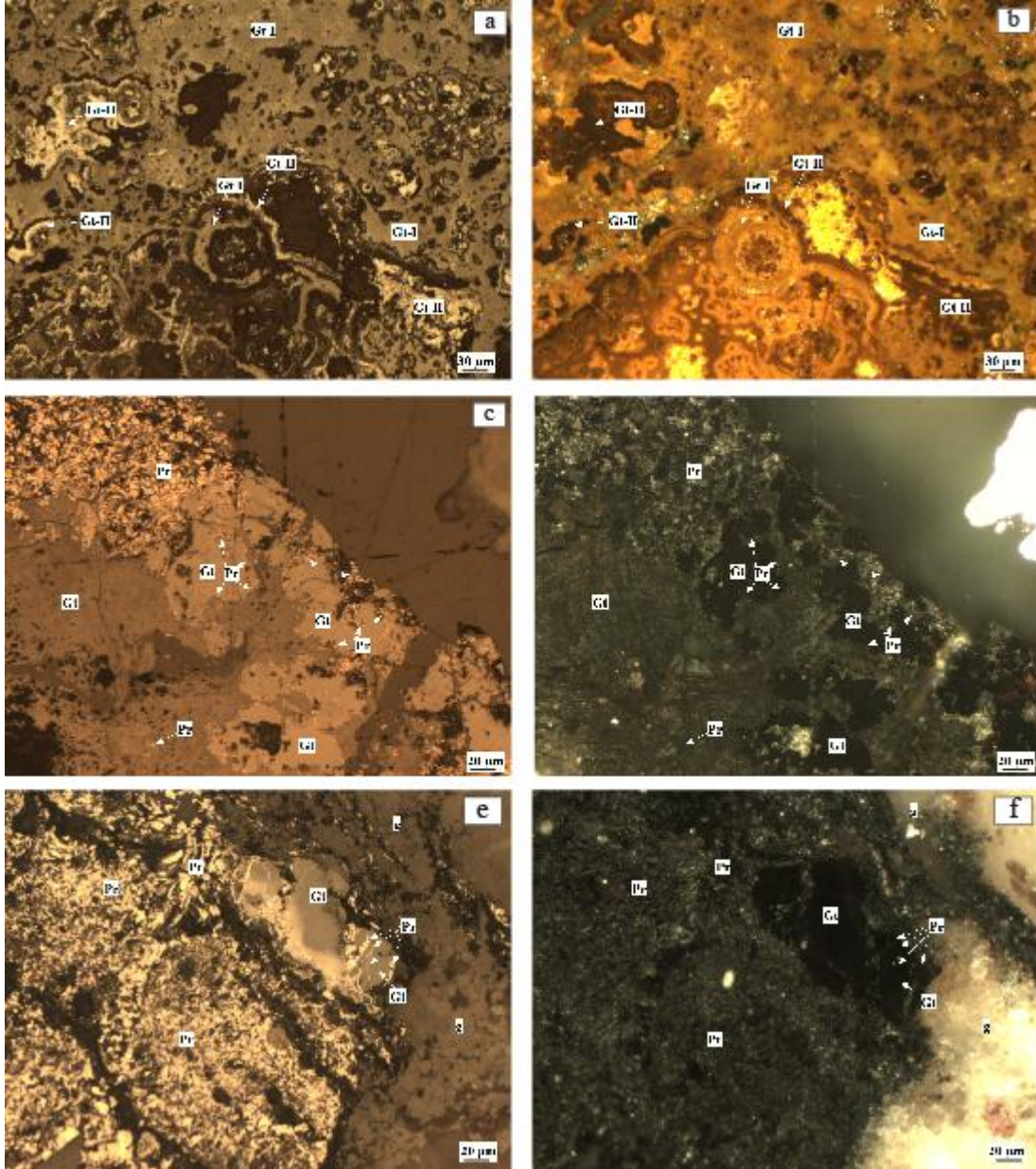
Parlak kesit incelemelerinde de oldukça belirgin gözlenen götütler, birkaç farklı oluşumun da varlığını göstermektedir (Şekil 4 a,b, e,f). Birinci nikelde açık-koyu gri renklere gözlenen götüt, ikinci nikelde sarı, turuncu, kırmızı iç yansıması ile tipiktir (Şekil 4 a, b; Şekil 5 a, b, c, d). Yer yer pirolusitin götütü ornattığı da izlenmektedir (Şekil 4 e,f). Bu durum cevherleşmenin en az iki aşamadan oluştuğunun da göstergesidir. Bunun yanında bazı örneklerdeki oolitik dokular oldukça belirgindir (Şekil 5 a, b). Oolitik dokuların aslında sedimantasyon dokuları olduğu bilirse de, bazı durumlarda çözeltilerden ve eriyiklerden oluşan cevherleşmelerde de bunlara benzer şekiller oluşmaktadır. Bu dokuların önceleri bakterilerle benzerliği tartışılrsa da daha sonraki çalışmalarda bu tarz oluşumların hidrotermal kökeni temsil ettiği belirtilmiştir [13, 18]. Ayrıca çalışma alanındaki götütlerde de oldukça yaygın olarak gözlenen koloidal dokular (Şekil 5 c, d), sedimantasyonun belirteci olarak kabul edilmektedir [19].

4.4. Manyetit (Fe_3O_4)

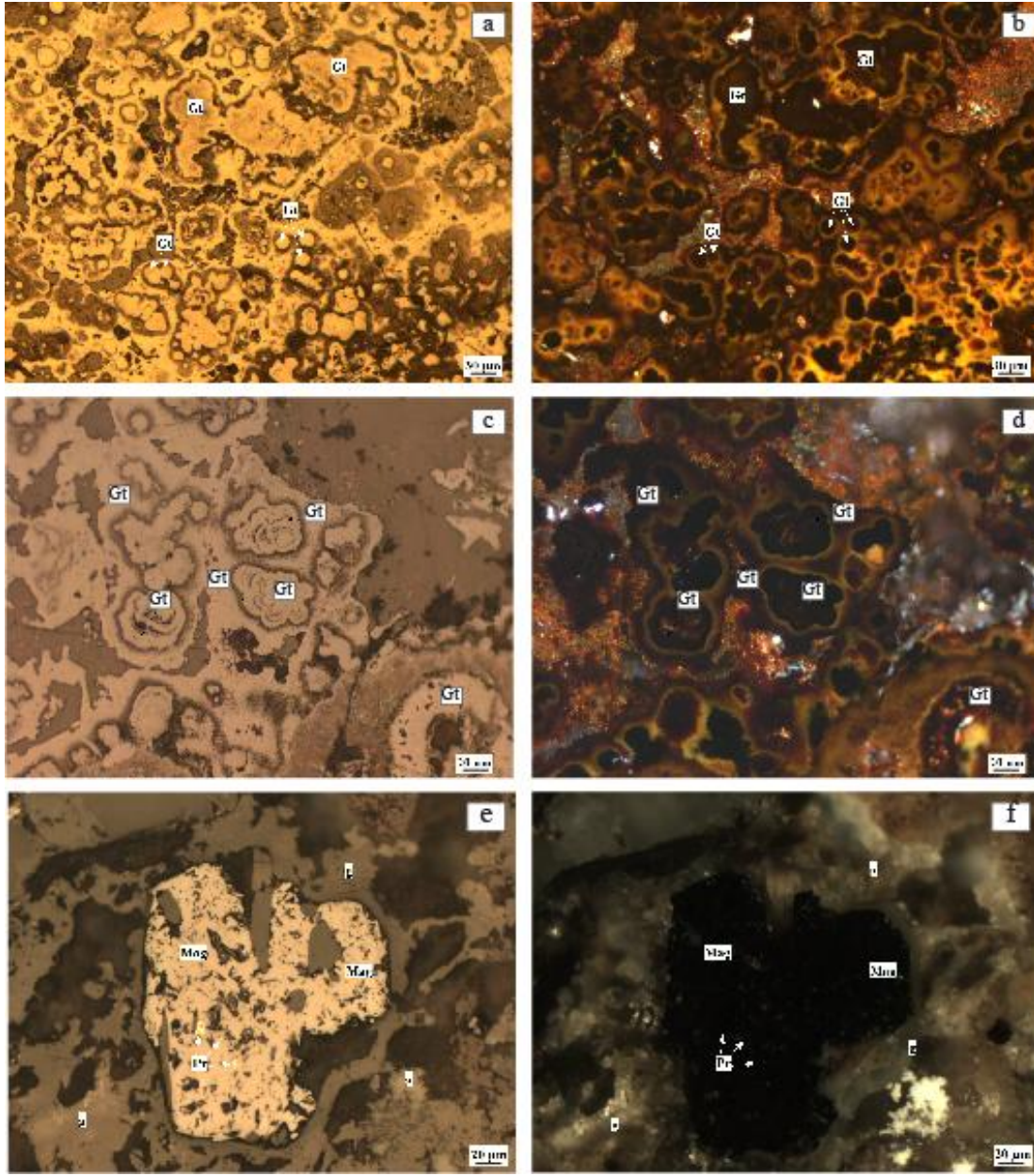
Çalışma alanında gözlenen manyetit, aksesuar mineral olarak bulunmaktadır. Manyetitin çoğunlukla götüte dönüştüğü düşünülmekte olup örneklerde yer yer öz şekilli kristallerine rastlanmaktadır (Şekil 5 e,f). İçerisinde kalıntı olarak gözlenen pirolusitler dikkat çekmektedir. Manyetit 1. Nikolde pembemsi kahverengi görünümünde olup, oldukça yüksek optik engebeye sahiptir. Bunun yanında belirgin sarı, turuncu iç yansıması izlenirken izotrop özelliktedir.

5. SONUÇ

Yapılan saha çalışmaları ve maden mikroskopik veriler ışığında ilk bulgularla cevherleşmenin en az iki evrede olduğu düşünülebilir. Bölgede, kristalen masifler içerisinde plütonik faaliyetler şeklinde gelişen bir magmatizma ve Üst Kretase, Orta Eosen döneminde de denizaltı volkanizması gerçekleşmiştir. Daha sonra ise meteorik suların etkisi ile cevher minerallerinde değişimin olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanında bir kaç farklı fazda, bazalt ve kireçtaşı dokanağı ile kireçtaşının içerisinde bantlar şeklinde ve ağsal yapıda gözlenen cevherleşmenin ilk fazının Orta Eosen dönemindeki bu volkanik faaliyetler ile olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. a) Açık-koyu gri renklerde gözlenen götitler (Gt-I, Gt-II), I. Nikol; b) Sarı, turuncu, kırmızı iç yansıma gösteren götitler, II. Nikol; c) Götit içinde iri ve ince kristalli, damar şekilli pirolusit, I. Nikol; d) Götit içinde iri ve ince kristalli, damar şekilli pirolusit, II. Nikol; e) Pirolusitin götiti ornatması, I. Nikol; f) Pirolusitin götiti ornatması, II. Nikol. Gt: Götit, Py: Pirolusit, g: Gang



Şekil 5. a) Oolitik dokulu götitler, I. Nikol; b) Sarı-turuncu iç yansıma gösteren oolitik dokulu götitler, II. Nikol; c) Kolloidal doku gösteren açık-koyu gri renkli götitler, I. Nikol; d) Kolloidal doku gösteren sarı-turuncu iç yansımali götitler, II. Nikol; e) Pembemsi kahverengi görünümde oldukça yüksek optik engebeye sahip özşekilli manyetit. Kristal içinde kalıntı şeklinde pirolusit taneleri görülmektedir. I. Nikol; f) İzotrop özellik gösteren özşekilli manyetit, II. Nikol Gt: Götit, Py: Pirolusit, Mag: Manyetit, g: Gang

Yazar Katkıları

Nursel ÖKSÜZ %50, İsmail KOÇAK %40, Sümevra KAYA % 10

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler

KAYNAKÇA

- [1] H. Öztürk "Manganese mineralizations in Turkey: Processes of formation and types" Istanbul University Eng. Fac. Geological Engineering Pub, vol. 43, pp. 24-33 1993.
- [2] N. Öksüz "Geochemical characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) manganese deposit, Turkey" Journal of Rare Earths, vol. 29, no. 3, pp. 287-296, 2011.
- [3] N. Öksüz "Geochemistry and the origin of manganese mineralizations in Derbent (Yozgat) Region" Bulletin of the Earth Sciences Application and Research Centre of

- Hacettepe University, vol. 32, no. 3, pp. 213–234, 2011.
- [4] N. Öksüz, and N. Okuyucu “Mineralogy, geochemistry, and origin of Buyukmahal manganese mineralization in the Artova ophiolitic complex, Yozgat, Turkey” *Journal of Chemistry*.
- [5] N. Öksüz “Mineralogical findings from manganese deposits in the artova ophiolite complex, Derbent-Eymir area, Yozgat, Turkey” *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, vol. 156, pp. 137-150, 2018.
- [6] İ. Seymen “The geology of the Kırşehir Massif around Kaman (Kırşehir)” ITU Faculty of Mining. Associate Professor Thesis (unpublished), 164, İstanbul 1982.
- [7] A.E. Akcay, M. Dönmez, H. Kara, A.F. Yergök, and K. Esentürk “Turkish Geological Maps Series with a scale of 1/100 000, Yozgat-i33 Map”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, Ankara, vol. 80, pp. 1-16, 2007.
- [8] A. Özcan, A. Erkan, E. Keskin, A. Oral, S. Ozer, M. Sumengen, and O. Tekeli “The basic geology of the North Anatolian Fault-Kırşehir Massif” *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, Ankara, report number: 6722 (unpublished; in Turkish) 1980.
- [9] F.Y. Oktay, “The geology of the sedimentary cover of the Central Anatolian Massif around Savcılı-Büyükoba (Kaman)” ITU Faculty of Mining. Associate Professor thesis, İstanbul, 1981.
- [10] İ. Ketin “The geology of the Yozgat region and the tectonic situation of the Central Anatolian Massif” *The Bulletin of the Geological Society of Turkey*, vol. 6, no. 1, pp. 1-40, 1955.
- [11] İ. Ketin “Tectonic units of Anatolia”, *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute, Turkey*, vol. 66, pp. 20-34, 1966.
- [12] K. Nicholson “Genetic Types of Manganese Oxide Deposits in Scotland: Indicators of Paleo Ocean Spreading Rate and a Devonian Geochemical Mobility Boundary”, *Economic Geology*, vol. 87, pp. 1301–1309, 1992.
- [13] P. Ramdohr, “The Ore Minerals and Their Intergrowth” Pergamon Press, Oxford, London, New York, 1980.
- [14] K.B.Krauskopf, ”Introduction to Geochemistry”, McGraw-Hill International Editions, Earth and Planetary Science Series, Km Keong Printing Co. Pte. Ltd. Republic of Singapore, 1989.
- [15] J. Ostwald “Two varieties of lithiophorite in some Australian deposit” *Mineral. Mag.*, vol. 48, pp. 383–388 1984.
- [16] C. Van Der Zee, D.R. Roberts, D.G Rancourt, C. P. Slomp "Nanogoethite is the dominant reactive oxyhydroxide phase in lake and marine sediments". *Geology*, vol. 31, no. 11, pp. 993-996, 2003.
- [17] P. Larese-Casanova, S.B. Haderlein, A. Kappler “Biomining of lepidocrocite and goethite by nitrate-reducing Fe(II)-oxidizing bacteria: Effect of pH, bicarbonate, phosphate, and humic acids”. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 74, no. 13, pp. 3721-3734, 2010.
- [18] G. Göymen, and Ş. Koç “Ore Microscopy”. Ankara University Science Faculty Publish, Number 60, 2000.
- [19] G.M. Schwartz “Classification and definitions of textures and mineral structures in ores” *Economic Geology*, vol. 46, pp. 578-591 1951.