



## Jeotektonik Süreçler, Deprem ve Maden Yatakları: Kuzey Anadolu Fay Zonu

Alaaddin VURAL<sup>1</sup>, Güllü KIRAT<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Jeoloji Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Jeoloji Mühendisliği, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat, Türkiye

✉: [alaaddinvural@hotmail.com](mailto:alaaddinvural@hotmail.com)  <sup>1</sup>0000-0002-0446-828X  <sup>2</sup>0000-0002-1167-0574

Geliş (Received): 1 Nisan 2023

Düzeltilme (Revision): 12 Ekim 2023

Kabul (Accepted): 13 Kasım 2023

### ÖZ

Kıtaların oluşumu, birleşmesi, parçalanması-yeni mikro kıtaların oluşumu, yitim ve dağ oluşumları yer kürenin dinamik yapısının bir sonucudur. Türkiye'nin de içinde yer aldığı Tetis kuşağı ve ilişkili metalojeni kuşağı Tetis okyanusundaki Afrika, Arap ve Hindistan Plakalarının birbirine yaklaşması ve Avrasya kıtasıyla çarpışması sonucunda oluşumu da bu dinamik yapının sonucudur. Türkiye'nin jeotektonik çatısı içinde, Pontid yayı ile Anadolu-Torid platformunun İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Zonu boyunca çarpışmasıyla Neotetisin Kuzey kolunun Geç Paleosen-Eosen aralığında kapanması önemli bu olaylardır ve bu süreç Türkiye'nin en büyük deprem üreticisi Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Zonlarını da geliştirmiştir. Bu fay zonlarının gelişimi aynı zamanda bu zonlarla ilişkili önemli maden yataklarının oluşumuna da katkı sağlamıştır. Kuzey Anadolu Fay Zonunda hidrotermal süreçler Geç Paleosen'de başlamış olup, zon içindeki maden yataklarının fay zonunun şekillenmesi ve maden yataklarının oluşumunun ilişkisi açıktır. Dolayısıyla yer küreyi şekillendiren tektonik olaylar/tektonik hatlar deprem gibi büyük doğal afetleri oluştururken doğal kaynakların oluşumuna da katkı vermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tektonik Evrim, Paleotetis, Neotetis, Tetis Kuşağı, Metalojeniz, Jeodinamik, Maden Yatakları

## Geotectonics Processes, Earthquake and Mineral Deposits: The North Anatolian Fault Zone

### ABSTRACT

The dynamic structure of the Earth results in the formation, amalgamation, and fragmentation of continents, as well as the emergence of microcontinents, subduction processes, and mountain formations. One outcome of this dynamic structure is the creation of the Tethyan belt and its associated metallogenic zone, which encompasses Türkiye. This geological development arises from the convergence of the African, Arabian, and Indian Plates within the Tethys Ocean and their subsequent collision with the Eurasian continent. Within the geotectonic framework of Türkiye, significant events include the collision of the Pontide arc with the Anatolian-Tauride platform along the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone and the closure of the Northern branch of the Neotethys during the Late Paleocene-Eocene interval. Notably, this process is linked to Türkiye's most prominent earthquake source, the North and East Anatolian Fault. These tectonic events also contribute to the formation of crucial mineral deposits through the development of fault zones. Hydrothermal processes within the North Anatolian Fault Zone, initiated during the Late Paleocene, demonstrate a clear relationship between fault zone formation and mineral deposit genesis. Consequently, while tectonic processes shape the Earth and give rise to significant natural disasters, such as earthquakes, they simultaneously play a role in the formation of valuable natural resources.

**Keywords:** Tectonic Evolution, Paleotethys, Neotethys, Tethys Belt, Metallogenesis, Geodynamics, Mineral Deposits

### GİRİŞ

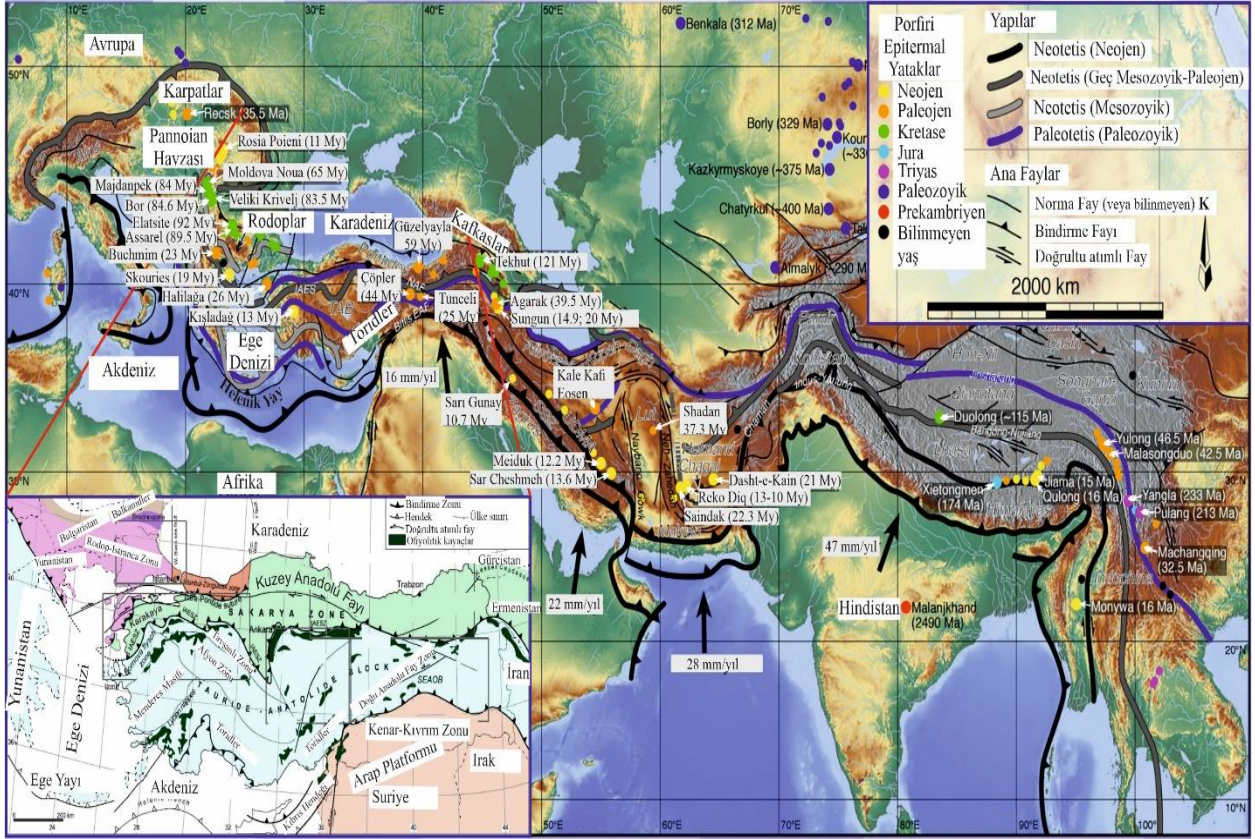
Dünyanın jeodinamik çatısı geçirdiği jeodinamik evrimin sonucunda gelişmektedir. Dünyanın önemli jeotektonik çatılarından birisi de Tetis kuşağıdır (Şekil 1). Bu kuşak kuzeybatı Afrika ve Batı Avrupa'dan güneybatı pasifik okyanusuna kadar uzanan dünyanın en uzun ve en önemli orojenik kuşağıdır (Şekil 1). Bu kuşak boyunca birçok farklı jeodinamik ortamda çok çeşitlilik ve sayıda maden yatağı bulunmaktadır [1] (Şekil 1 içindeki alıntı şekil). Türkiye de bu kuşağın içinde yer almakta olup, hem kuşağın anlaşılmasında hemde ilişkili doğal kaynakların

kökensel özelliklerinin anlaşılmasında önemli bir yere sahiptir [2] (Şekil 2). Tetisin jeodinamik evrimi Türkiye'nin bu günkü jeolojik çeşitliliğinde en önemli katkıyı vermiştir. Özellikle son zamanlarda oluşturduğu depremler nedeniyle önemli bir gündem olan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Faylarını içine alan aktif tektoniği (Şekil 1 içindeki alıntı şekil), metalojenik özellikleri bu jeodinamik süreçle, özellikle de Paleotetis ve Neotetis'in gelişim ve kapanması süreçleriyle yakın ilişkilidir [1-3] (Şekil 1 ve 2). Türkiye gündemine özellikle 1999 depremi sonrasında giren Kuzey Anadolu Fayı (KAF; İngilizce yaygın kısaltası, NAF) (Şekil 3) ve

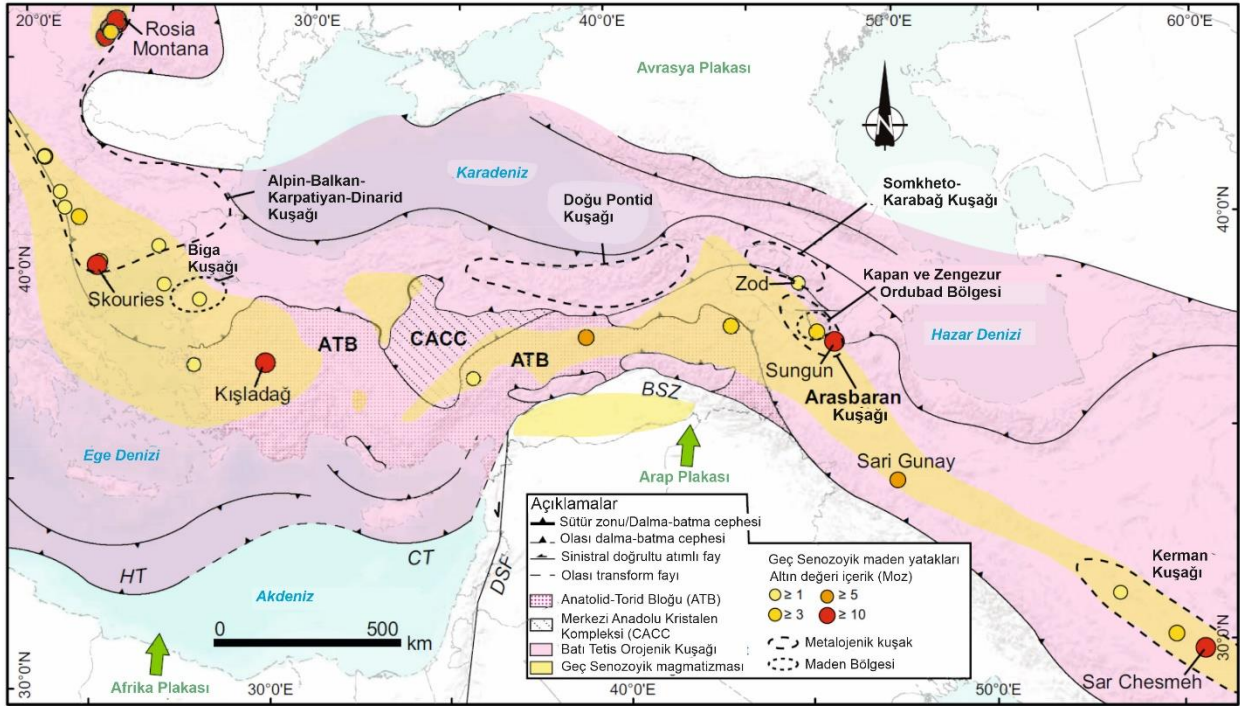
2023 yılı içinde yaşadığımız büyük deprem felaketinin kaynağı Doğu Anadolu Fayı (DAF, İngilizce yaygın kısaltması, EAF) Türkiye Neotektoniğinin en etkin unsurlarıdır (Şekil 1 içindeki alıntı şekil). Çalışmaya konu olan Kuzey Anadolu Fayı günümüzde aktif olan dünyadaki en önemli doğrultu atımlı faylardan biridir [4]. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) doğuda Karlıova'dan başlayarak Türkiye'nin kuzeyi boyunca batıya doğru uzanmakta ve ana kolu Saroz Körfezi'nden Ege Denizi'ne ulaşmaktadır (Şekil 3). 1200 km uzunluğa sahip olan KAF tali birçok kola da ayrılmakta ve bu geometrisiyle de fay zone (Kuzey Anadolu Fay Zone, KAFZ; İngilizce yaygın kısaltması, NAFZ) olarak değerlendirilmektedir. Kuzey Anadolu Fayı'nın varlığı 1850'lerden beri bilinmekle birlikte Türkiye'nin en önemli yerbilimcilerinden olan İhsan Ketin tarafından 1948 yılında doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır [4]. Günümüzde Kuzey Anadolu Fayı gibi aktif faylar daha çok oluşturdukları depremler nedeniyle dikkat çekmekte ve olumsuzlukları ile gündeme gelmektedirler. Aktif fayların sonuçlarının yanında oluşum süreçleri dikkate alındığında aslında yeryüzünün kullanışlı hale gelmesinde, doğal kaynakların oluşumunda ve bu kaynaklardan yararlanılmasında da fayların çok önemli rolleri bulunmaktadır.

Mesozoyik dönemdeki yay oluşumu ve yitimle ilişki olarak gelişmiş magmatizma süreçler ve akabindeki yay olgunlaşma süreçleri Türkiye'nin jeotektoniğini şekillendirmiştir. Daha sonraki Senozoyik dönemdeki

yay gerisi ve çarpışma sonrası jeolojik olaylar ve magmatik süreçler de Türkiye Jeotektonik evriminde etkili olmuştur. Türkiye için hem Mesozoyik dönemdeki hem de Senozoyik dönemdeki jeolojik/jeotektonik süreçler Türkiye'nin bir çok bölgesinde porfiri/epitermal sistemlerin gelişimi ve bunlarla birlikte de skarn ve karbonat ornatım tip yataklar yanında yine bu süreçlerle ilişkili değişik tipte maden yataklarının oluşumunu da sağlamıştır [1,5-9]. Tetis metalojenik kuşağının jeodinamik evrimi Arap ve Gondwana mikrolvhalarının Avrasya kıtasıyla yakınlaşma, yitim, yığılım ve/veya çarpışması süreçlerini yaşamıştır [10,11] (Şekil 1). Jura'dan Kretase'nin sonuna kadar Pontid kuşağı güney Avrasya kenarı boyunca nispeten devam eden, Neotetis'in kuzey kolunun K-KD'ya uzanan bir magmatik yay parçasıydı [10]. Bu dönemde oluşmuş maden yatakları; porfiri bakır ( $\pm$ molibden), yüksek sülfidasyon epitermal Au-Cu ve skarn yataklarıdır. Bunun dışında Geç Kretase döneminde volkanojenik masif sülfid yatakları yanında Kretase sonrası epitermal, porfiri, skarn ve konak kayası karbonat olan yataklar da özellikle doğu Pontidler'de bilinmektedir [12-18]. Geç Kretase-Eosen arasında, Gondwana kökenli kıta bloklarının Avrasya kenarı ile tekrarlı çarpışması ve yığılması, Amasya-Sevan-Akera ve İzmir-Ankara-Erzincan kenet zonları boyunca Neotetis'in kuzey kolunun giderek kapanması sürecinde meydana gelmiştir.



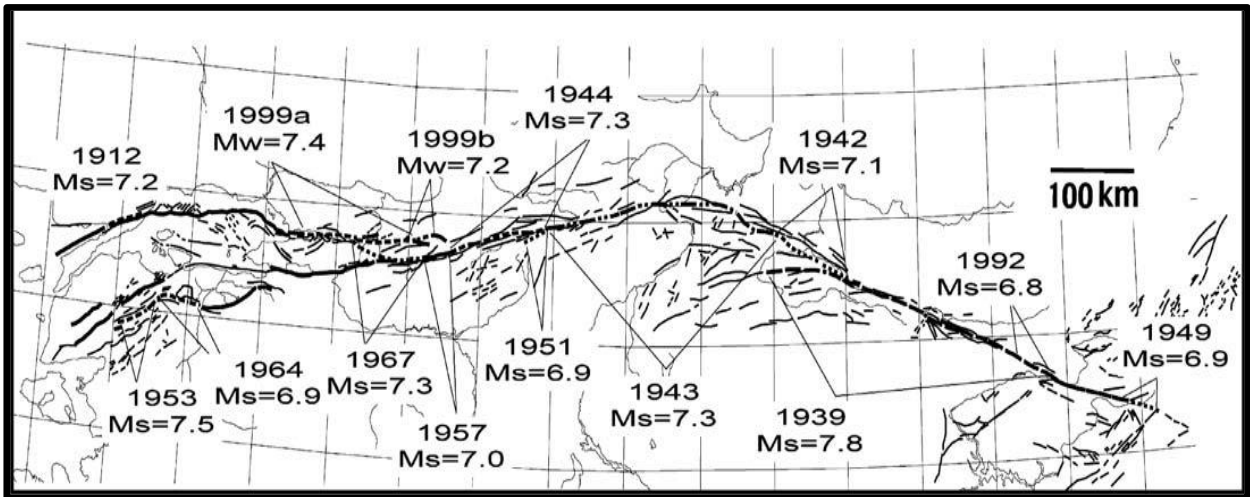
Şekil 1. Alpin Himalaya Tetis Orogenik kuşağı ve dönemsel maden yatakları [3]. Şekilde ayrıca Anadolu Tektonik birlikleri ve ana tektonik hatları sol alt çerçeve içinde ayrıca verilmiştir [19].



Şekil 2. Tetis orojenik kuşağının batı bölümünün tektonik haritası ve kuşak üzerindeki Geç Senozoyik yaşlı porfiri ve epitermal yatakların milyon ons olarak altın eşlenikleri. Şekil ve açıklamaları [2'den alınmıştır.]

Kuzeydoğu Türkiye'nin Doğu Pontid Tektonik Kuşağı ise Tetis orojenik kuşağının ana metalojenik parçalarından birisini oluşturmaktadır. KAFZ ile ilişkili hidrotermal süreçlerin Geç Paleosen'de başladığına işaret eden veriler yanında [20,21], Re-Os jeokronoloji çalışmalarıyla Cu-Mo porfiri oluşumlarının da doğu Pontidlerin tüm jeodinamik evrimi esnasında

oluşturduğuna işaret etmektedir [22]. Bu veriler birlikte değerlendirildiğinde KAFZ'nin oluşumunda etkin olan jeodinamik süreçlerin bölgede birçok maden yatağı ve doğal kaynakların oluşumuna da katkı verdiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Kuzey Anadolu Faz Zonu ve bu zon üzerinde tarihte oluşmuş depremler [4]

### KAFZ ve İLİŞKİLİ MADEN YATAKLARI

Yeraltı kaynaklarından yararlanmak insanlığın vazgeçilmez bir parçasıdır. Medeniyetlerin gelişimini de etkileyen en önemli unsurlar maden yataklarının keşfi ve kullanımıyla ilişkili olmuştur. Yeraltı kaynaklarına sahip

olan ve/veya bunları yöneten devletler daima diğer uluslara göre bir adım önde olmuş onlara karşı ciddi avantajlar da sağlamışlardır [23–29]. Coğrafi konumundan dolayı Anadolu'da madencilik antik çağdan beri yapılmaktadır [30]. Anadolu coğrafyası jeodinamik evriminin de bahsettiği jeolojik ortam ve

imkanlardan dolayı birçok tip maden yatağı ve endüstriyel hammadde kaynaklarına sahiptir. Porfiri yataklar, skarn tipi yataklar, epitermal yataklar, polimetalik volkanojenik masif sülfid yatakları, kromit yatakları, lateritik nikel yatakları, konak kayası karbonat olan kurşun-zinko yatakları, karstik ve lateritik boksit yatakları, orogenik altın yatakları, listvenitler bunların başında sayılabilir [31–38].

Türkiye'deki madenlerin çoğunluğu Neotetis ile ilişkili Alpin Orojenezi döneminde, çok azı ise Paleotetis ile ilişkili Hersiniyen (Variskan) orojenizi ile ilişkili oluşmuştur (Şekil 1). Dolayısıyla Türkiye'nin jeotektonik çatısını oluşturan jeodinamik süreçler aynı zamanda cevherleşmelerin ve doğal kaynakların oluşumlarının da etkili faktörleri olmuştur [1,39]. KAFZ aktif karakteri nedeniyle depremler açısından önemli bir tektonik zon olmakla birlikte bu fay zonu aynı zamanda birçok maden yatağının oluşum ve gelişim süreçlerinde de katkı vermiştir [2]. Örneğin KAF Zonu'nun çok parçalı kollarının bir arada ve yoğun olduğu Biga yarımadasında, değerli ve baz metal cevherleşme ve yatakları oldukça çoktur. Kuru, Tesbihdere, Balya, Arapuçandere, Kalkım-Handeresi, Küçükdere yatakları, Kısacık altın yatağı, Dombaycılar listvenitlere bağlı altın zenginleşmeleri, Kirazlı altın, gümüş, bakırlı maden yatakları, Kartaldağı ve Madendağı değerli ve baz metal yatakları bunların en bilinenleridir [32,34–38,40–54].

KAF Zonu içinde yer alan porfiri yatakların çoğunluğu Geç Kretase-Miyosen yaşlı ada yayı ve kıtasal yay granitoidlerle ilişkidir [31]. Zon içinde en bilinen porfiri yatakların başında Köseadağı, Bakırçay, Ağıdağı, Serçeler, Kuşçayırı, Aladağı, Eğmir, Bakırlık, Kızıldam, Dikmen yatakları gelmektedir [19]. Bu yatakların bir kısmı farklı yazarlarca farklı tipte de sınıflandırılabilir. Çalışmanın konusu dışında olduğu için bu ayrımlar ve tartışmalar bu çalışma haricinde tutulmuştur. Zon içindeki porfiri yataklardan Palamutoba, Tepeoba, Dikmen, Sarıcaıyayla yatakları Biga Yarımadası'nı da içine alan Kuzeybatı Anadolu'da yer almaktadır. Bakırçay (Amasya) Porfiri yatağı ise Orta Pontidler'de yer almakta olup, bölgedeki Eosen granitoidlerle ilişkili olarak gelişmişlerdir. Yatakla ilgili olarak biyotitten yapılan jeokronolojik yaş çalışmalarına göre yaklaşık 38.6 My yaş bulguları elde edilmiştir [31]. Doğrudan KAFZ üzerinde olmamakla birlikte Batı Anadolu'da bulunan Miyosen yaşlı, çok fazlı latit porfir sokulumlarında gelişmiş olan Kışladağı Porfiri altın yatağı dünya ölçeğinde büyük rezervi ile Türkiye'nin en önemli porfiri altın yataklarından birisidir (Şekil 4a).

Skarnlar ve skarn tip yataklar her ne kadar Türkiye'nin değişik bölgelerinde saçılmış olarak bulunsun da KAF Zonu ile ilişkilendirilebilecek yataklar daha çok altın cevherleşmesi için önemli olan yataklardır. Bölgede skarn yatakları daha çok porfiri sistemlerle ilişkili olarak gözlenmektedirler. KAF Zonu üzerinde skarn yatakları Kuzeybatı Anadolu'da, Biga Yarımadası ve yakın çevresinde yer almaktadırlar. Bölgedeki skarn yataklarının başlıcaları; Şamlı, Asartepe, Handeresi, Uludağ (W yatağı), Maden, Dudaş skarn yataklarıdır. Doğu Pontidler de birçok skarn cevherleşmesi (örn:

Çambaşı, Kurtulmuş, Gümüşkaya, Zemberek Yayla, Karadağ, Eğrikar, Kartiba Gırlak [31,55–57] bulunmakla birlikte doğrudan KAF zonu üzerinde olan literatürde yer almış skarn cevherleşmesine literatürde rastlanmamıştır (Şekil 4b).

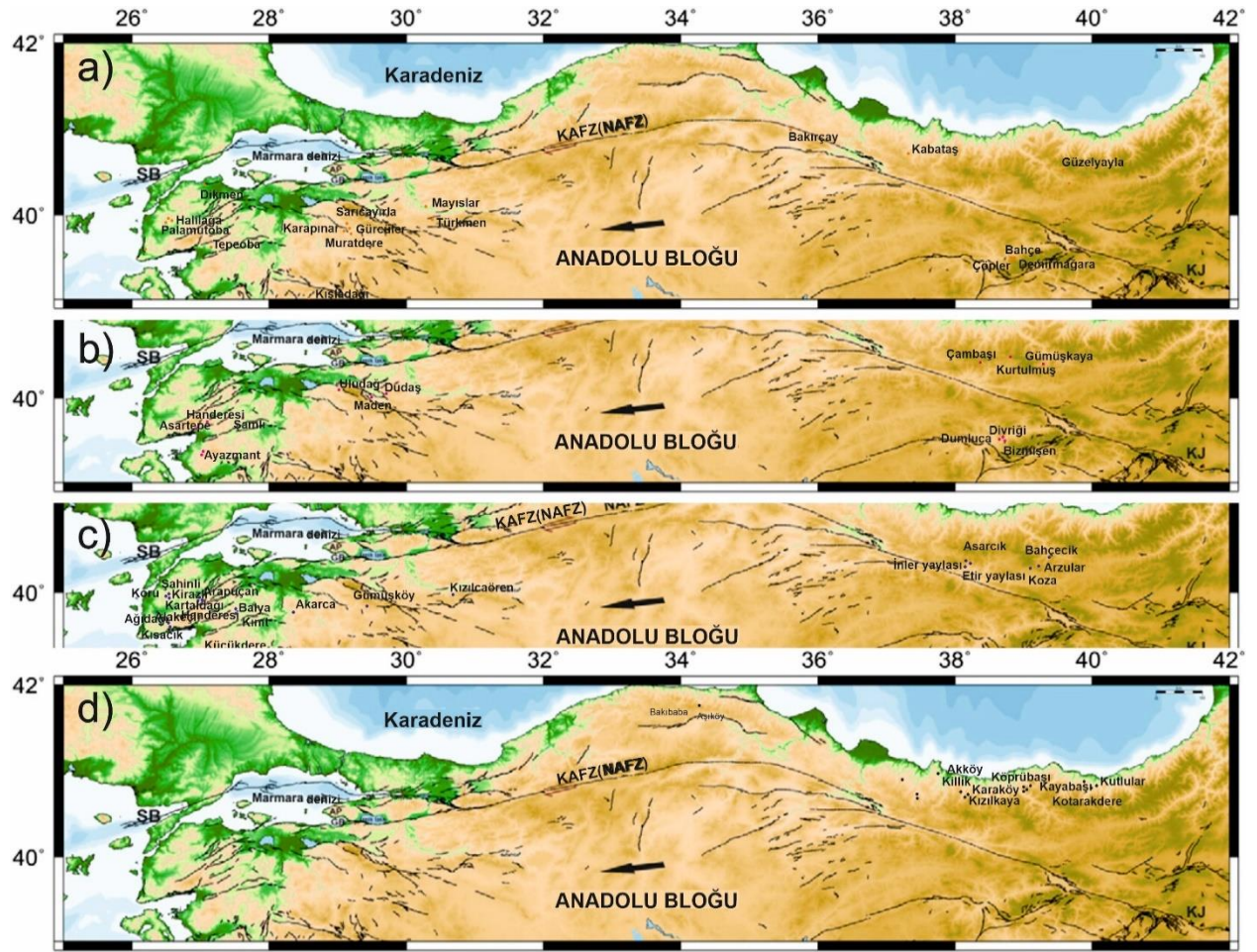
Epitermal yataklar ve çoğunlukla yakın ilişkili oldukları porfiri yataklar; çarpışma orojenik kuşaklarında, yitim sonrasında ve bir çarpışma esnası veya sonrası oluşturmaktadırlar [2] (Şekil 4c). Epitermal yataklar çoğunlukla Au-Ag ve Hg-Sb yatakları şeklinde yaygın olarak Türkiye'nin kuzeydoğu Anadolu ve Batı Anadolu bölgesinde, Karadeniz ve Marmara'ya paralel bir zon üzerinde bulunmaktadır [5,31]. Bu yatakların çoğunluğu aynı zamanda KAF Zonu üzerinde yer almakta olup, çoğunlukla da karasal veya denizaltı kalkalkalin volkanik kayaçlar içinde gelişmişlerdir. Batı Anadolu kesimindeki epitermal maden yataklarından Kısacık, Küçükdere, Balya, Arapuçan, Akarca, Kirazlı, Doğancılar, Akbaba, Madendağı, Kuşçayırı, Kartaldağı, Ağıdağı, Doğancılar, Şahinli, Kuru bunların başlıcalarıdır [31,38,43,48,52,58]. Bunlardan, Kartaldağı altın yatağı bölgedeki granodiyorit sokulumlarının volkanik eşleğini olan Orta Miyosen dasit porfirler içinde gelişmiştir. Madendağı değerli ve baz metal yatağı ise Orta Miyosen-Geç Oligosen yaşlıdır. Kestanelik (Şahinli) altın yatağı ve Korudere-Tesbihdere madenleri ise Erken Oligosen bazaltik andetik ve dasitik kayaçlar içinde gelişmiştir [31,46,48]. Kısacık altın yatağı ise Alt-Orta Miyosen volkanik kayaçlarda, özellikle de riyolitik karakterdeki kayaç içinde gelişmiştir [38,54,59]. Doğu Pontidler'de ise KAF Zonu'na yakın/dolaylı ilişkili bölgelerde Dereköy, İler yaylası, Etir, Asarcık epitermal yataklar bilinmektedir. Bu yatakların bir kısmının porfiri sistemle de bağlantıları gözetilerek bazı yazarlarca [19] porfiri yataklar olarak da ele alınmışlardır. Epitermal süreçlerle gelişmiş bir altın yatağı türü de listvenitlere bağlı gelişmiş altın zenginleşmeleridir. KAF Zonu üzerinde Biga Yarımadası'nda Dombaycılar (Alakeçi) altın zenginleşmesi bu türde bir saha olup, halihazır bulgularla ekonomik boyuta ulaşamadığı düşünülen bir sahadır [36,38,41,60,61]. Eskişehir Kaymaz (Sivrihisar) altın sahası da her ne kadar doğrudan KAF Zonu üzerinde olmasa da Türkiye'nin listvenitlere bağlı önemli cevherleşme sahalarından birisidir [31].

Volkanojenik Masif Sülfid (VMS) yatakları Türkiye'de Doğu Pontidler, Orta Pontidler ve Bitlis Zagros Kenet Zonu'nda rastlanmaktadır [62]. Türkiye; Kuruko, Besshi ve Kıbrıs tip VMS yataklarına ev sahipliği yapmaktadır [62]. Kuruko tip yataklar daha çok Doğu Pontidlerde rastlanırken [31], Besshi ve Kıbrıs tip yataklar ise Kuzey Anadolu Fay zonu üzerinde Orta (Merkezi) Pontidler'de görülmektedir (Şekil 4d) [62]. Kuruko tip bazı cevherleşme alanları Şebinkarahisar'da olduğu gibi Üst Kretase dasitleri içinde hidrotermal alterasyona bağlı olarak endüstriyel mineraller ve endüstriyel killer de oluşturmuştur. Orta Pontidlerde yer alan ve KAFZ ile dolaylı da olsa ilişkili olan Bakırbaba ve Aşıköy VMS yatakları Kıbrıs Tip, Kargı VMS yatağı ise Besshi Tip cevherleşmelerdir [62]. Doğu Pontidler'de KAF Zonu dışında Kuruko Tip'te birçok VMS yatağı

bulunmaktadır. Bunlardan bazıları, Akköy, Killik, Köprübaşı, Kayabaşı, Karagöl, Harköy, Akköy, Kızılkaya VMS'dir.

Neojen volkanik kayaları uyumsuz olarak üzerleyen sedimanter birimler içinde gelişmiş sedimanter kökenli Büyük Eymir Demir yatağı ve Şamlı Demir yatağı da KAFZ içinde bulunan önemli demir yataklarıdır [63]. Ayrıca KAFZ içinde Türkiye'nin önemli manganez cevherleşmelerine de rastlanmaktadır [64].

Yukarıda sayılan maden yatakları dışında, ayrıca Balıkesir, Bursa, Kütahya (Tavşanlı) ve çevresindeki kromit oluşumları KAFZ gelişiminde etkili olan jeodinamik sürecin ürünleridir [65]. Bunlardan podiform krom yatakları KAF Zonu içinde Bursa Harmancık bölgesinde yer alır. KAF Zonu içinde ayrıca konak kayası karbonat olan maden yatağına örnek olarak Batı Anadolu Biga Yarımadası'ndaki Papazlık yatağı gösterilebilir.



Şekil 4. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki önemli maden yatakları. a) Porfiri yatakları, b) Skarn tipi yataklar, c) Epitermal tip yataklar, d) Volkanojenik Masif Sülfid Yatakları. Maden yerleri haritada yaklaşık gösterilmiştir [66'den değiştirilmiştir].

## SONUÇ

Tetis'in jeodinamik evrimi içinde, Anadolu da bu süreçten fazlasıyla etkilenmiştir. Süreç ile Anadolu'nun jeotektonik çatısına Kuzey ve Doğu Anadolu Fayları eklenmiştir. Türkiye'nin Neotektoniğinde, gerek gelişim süreçleriyle ilişkili jeolojik, jeokimyasal ve petrolojik olaylar gerekse büyük magnitütlede deprem oluşturma potansiyelleri nedeniyle önemli bir konuma sahip olmuşlardır. Son yüzyılım ilk çeyreğinden sonra bu faylardan kaynaklı oluşan depremler ciddi can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Depremin olumsuz etkilerinin azaltılmasına yönelik yapılan düzenlemelere rağmen 6 Şubat 2023'te Kahramanmaraş merkezli ana

deprem ve akabinde gelişen artçı depremler neticesinde 50 bini aşkın kişi hayatını kaybetmiştir. Yaşanan depremler, depremlerin kurallarına göre yaşamamız gerektiği gerçeğini bir kez daha ve en acı şekilde göstermiştir. Depremlerin birincil sebepleri olan jeodinamik yapı ve bunlardan kaynaklı faylar dünyamızın reddedilemez gerçekleridir. Dünyanın varlığını sürdürmesinin yanında insanoğlunun yararlandığı ve yararlanmak zorunda olduğu birçok doğal kaynaklar da yine fayları oluşturan süreçlerle ilişkili olmaktadır. Dolayısıyla fay gerçeğinden, özellikle de deprem üreten aktif faylar haberdar olunarak, aktif fayların olumsuz etkilerini bertaraf etmeye yönelik ilgili gerekli tedbirler alınarak planlamalar yapılmalıdır.

Fayların dünyanın felaketi olarak algılanması yerine birçok faydalarının olduğu, hatta yerkürenin vazgeçilmez bir gerçeği olduğu da unutulmamalıdır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Moritz R, Baker T. Metallogeny of the Tethyan Orogenic Belt: From Mesozoic magmatic arcs to Cenozoic back-arc and postcollisional settings in southeast Europe, Anatolia, and the Lesser Caucasus: An introduction. *Economic Geology* 2019;114:1227–35. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4683>.
- [2] Rabayrol F, Hart CJR, Creaser RA. Tectonic triggers for postsubduction magmatic-hydrothermal gold metallogeny in the Late Cenozoic Anatolian metallogenic trend, Turkey. *Economic Geology* 2019;114:1339–63. <https://doi.org/10.5382/econgeo.4682>.
- [3] Richards JP. Tectonic, magmatic, and metallogenic evolution of the Tethyan orogen: From subduction to collision. *Ore Geology Reviews* 2015;70:323–45. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.11.009>.
- [4] Şengör AMC, Tüysüz O, Imren C, Sakinç M, Eyidoğan H, Görür N, et al. The North Anatolian Fault: A new look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 2005;33:37–112. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.32.101802.120415>.
- [5] Yigit O. Gold in Turkey - A missing link in Tethyan metallogeny. *Ore Geology Reviews* 2006;28:147–79. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2005.04.003>.
- [6] Kırat G. Relationship Between Metals In Ovacık Stream Sediment Samples. *International Scientific and Vocational Studies Journal* 2021;5:192–9. <https://doi.org/10.47897/bilmes.1017882>.
- [7] Kırat G, Aydın N. Geochemical properties of soils surrounding the Deliklitaş Au deposit, Turkey. *Journal of African Earth Sciences* 2016;120:173–80. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.05.006>.
- [8] Kırat G, Aydın N. Stream sediments geochemical investigations in Deliklitaş and Ovacık (Balıkesir), Turkey. *Separation Science and Technology (Philadelphia)* 2019;54:2334–41. <https://doi.org/10.1080/01496395.2018.1541468>.
- [9] Kırat G. Aktarma (Balıkesir) Dere Sediment Örneklerinde Bulunan Elementler Arasındaki İlişkiler. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 2022;18:530–9.
- [10] Şengör AMC, Yılmaz Y. Tethyan evolution of Turkey: A Plate Tectonic Approach. *Tectonophysics* 1981;75:181–241.
- [11] Okay Aİ, Tüysüz O. Tethyan sutures of northern Turkey. In: Durand B, Jolivet L, Horvath L, Serranne M, editors. *The Mediterranean Basins: Tertiary Extension within the Alpine Orogeny*, London: Geological Society, Special Publications 156; 1999, p. 475–515.
- [12] Revan MK, Hisatani K, Miyamoto H, Delibaş O, Hanılç N, Aysal N, et al. Geology, U-Pb geochronology, and stable isotope geochemistry of the Tunca semi-massive sulfide mineralization, Black Sea region, NE Turkey: Implications for ore genesis. *Ore Geology Reviews* 2017;89:369–89. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.06.024>.
- [13] Vural A, Kaygusuz A. Avliyana (Torul-Gümüşhane) Antimonit Cevherleşmesinin Jeolojisi-Mineralojisi ve Kökeninin Araştırılması. *Gümüşhane, Türkiye: 2016*.
- [14] Vural A, Kaygusuz A. Petrographic and geochemical characteristics of late Cretaceous volcanic rocks in the vicinity of Avliyana (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1796–810.
- [15] Vural A. Avliyana Cevherleşme/Alterasyon Sahasının Kütle Değişim Özellikleri ve Asit Maden Drenaj Potansiyelinin Araştırılması. *Icontech International Journal of Surveys, Engineering, Technology* 2022;6:1–23. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7489730>.
- [16] Vural A, Akpınar İ, Kaygusuz A, Sipahi F. Petrological characteristics of Eocene volcanic rocks around Demirören (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1703–16.
- [17] Vural A, Akpınar İ, Kaygusuz A. Petrological characteristics of Cretaceous volcanic rocks of Demirören (Gümüşhane, NE Turkey) region. *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2021;10:1828–42.
- [18] Vural A, Kaygusuz A. Petrology of the Paleozoic Plutons in Eastern Pontides: Artabel Pluton (Gümüşhane, NE Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2019;8:1216–28.
- [19] Kuşçu İ, Tosdal RM, Gençlioğlu-Kuşçu G. Episodic porphyry Cu (-Mo-Au) formation and associated magmatic evolution in Turkish Tethyan collage. *Ore Geology Reviews* 2019;107:119–54. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2019.02.005>.
- [20] Uysal İT, Mutlu H, Altunel E, Karabacak V, Golding SD. Clay mineralogical and isotopic (K-Ar,  $\delta^{18}O$ ,  $\delta D$ ) constraints on the evolution of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 2006;243:181–94. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2005.12.025>.
- [21] Vural A. K-Ar dating for determining the age of mineralization as alteration product: A case study of antimony mineralization vein type in granitic rocks of Gümüşhane area, Turkey. *Acta Physica Polonica A* 2017;132:792–5. <https://doi.org/10.12693/APhysPolA.132.792>.
- [22] Delibaş O, Moritz R, Selby D, Göç D, Revan MK. Multiple porphyry Cu-Mo events in the eastern Pontides metallogenic belt, Turkey: From Early Cretaceous subduction to Eocene postcollision evolution. *Economic Geology* 2019;114:1285–1300.
- [23] Vural A, Ural N, Çiftçi A. Değerli Metallerin Sosyal / Siyasal / Ekonomik Olaylarla İlişkinin N- gram Yöntemi İle Değerlendirilmesi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal* 2020;6:247–57.
- [24] Ural MN, Vural A, Çiftçi A. Analysis of Rare Earth Elements (REE) in the Literature by Using N-gram Method and Comparison with Social/ Political/ Economic Even. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences* 2020;6:369–79.
- [25] Vural A, Çiftçi A. Analysis of Raw Material Supply-Demand Relationship Using N-Gram: Chrome Mine Example. *Euroasia Journal of Social Sciences and Humanities* 2021;8:1–9.
- [26] Vural A, Ural MN, Çiftçi A. Analysis of Energy Raw Material Coal , Industrialization and Industrial Revolution Phenomena with N-gram. *Journal of Investigations on Engineering & Technology* 2022;5:11–20.
- [27] Çiftçi A, Ural MN, Vural A. Baz metallerin dünya siyasi tarihindeki önemli olaylarla bağlantısının retrospektif literatür taraması yöntemi ile araştırılması. *International Social Sciences Studies Journal* 2020;6:1453–61.

- [28] Vural A, Ural MN, Çiftçi A. Yenilenebilir ve Nükleer Enerji Kaynaklarının Retrospektif Değerlendirilmesi. *Journal of Investigations on Engineering & Technology* 2022;5:115–34.
- [29] Vural A, Çiftçi A, Ural MN. Kıymetli Taşlar ve Sömürgecilik: Dijital Veri Materyallerinin Analizi Örneğiyle (Precious Stones and Colonialism: Example of Analysis of Digital Data Materials). *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences* 2020;7:122–34. <https://doi.org/10.38065/euroasiaorg.404>.
- [30] Vural A, Kaya S, Başaran N, Songören OT. Anadolu Madenciliğinde İlk Adımlar. Ankara, Türkiye: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Kültür Serisi-3; 2009.
- [31] Yigit O. Mineral deposits of Turkey in relation to tethyan metallogeny: Implications for future mineral exploration. *Economic Geology* 2009;104:19–51. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.104.1.19>.
- [32] Vural A. Güneyköy ve Çevresi (Eşme-Uşak) Arsenopirit Cevherleşmelerinin Maden Jeolojisi. Ankara Üniversitesi, 1998.
- [33] Vural A, Erşen F. Eski Gümüşhane (Argyropolis) Manganez Yataklarının Jeolojik Ve Jeokimyasal Özellikleri. 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: 2013, p. 162–3.
- [34] Vural A, Ünlü T. The geology and mineralogical/petrographic features of Umurbabadağ and its surroundings (Eşme, Uşak - Turkey ). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2020;9:1561–87.
- [35] Vural A, Ünlü T. Güneyköy ve Çevresindeki Kalıntı Altınlı Arsenopirit Cevherleşmelerinin Maden Jeolojisi Açısından İncelenmesi. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: Türkiye Jeoloji Kurultayı; 2016, p. 374–5.
- [36] Vural A, Aydal D. Soil geochemistry study of the listvenite area of Ayvacık (Çanakkale, Turkey). *Caspian Journal of Environmental Sciences* 2020;18:205–15.
- [37] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Crosta Technique Application on Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 Etm+ Data. *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Selcuk University* 2007;22:29–40.
- [38] Vural A. Bayramiç (Çanakkale) ve Çevresindeki Altın Zenginleşmelerinin Araştırılması. Ankara Üniversitesi, 2006.
- [39] Yigit O. A prospective sector in the Tethyan Metallogenic Belt: Geology and geochronology of mineral deposits in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Ore Geology Reviews* 2012;46:118–48. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2011.09.015>.
- [40] Vural A, Aydal D. Bayramiç ve Yakın Çevresindeki Altın Zenginleşmelerinin Araştırılması. 69. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Ankara, Türkiye: Türkiye Jeoloji Kurultayı; 2016, p. 376–7.
- [41] Vural A, Aydal D. Soil geochemical prospecting at listvenite area, Bayramiç, (Çanakkale Turkey). 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Tehran, Iran: 2016.
- [42] Vural A, Aydal D. Using soil geochemistry for gold exploration: Ayvacık (Çanakkale-Northwest Turkey). 34th National and the 2nd International Geosciences Congress, Tehran, Iran: 2016.
- [43] Vural A, Aydal D, Akpınar İ. A low sulphur epithermal gold mineralization in Kısacık-Ayvacık area (Çanakkale-Turkey). *Goldschmidt Conference Abstracts, Prague, Czech Republic*: 2011, p. 2105.
- [44] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Kuşçayırı-Kartaldağı (Bayramiç-Çanakkale) cevherleşme bölgesinin LANDSAT 7 ETM+ kullanılarak Crosta tekniği ile incelenmesi. 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli, 2006, p. 11.
- [45] Bozkaya G, Gökçe A, Grassineau NV. Fluid inclusion and stable isotope characteristics of the Arapuçandere Pb-Zn-Cu deposits, Northwest Turkey. *International Geology Review* 2008;50:848–62. <https://doi.org/10.2747/0020-6814.50.9.848>.
- [46] Bozkaya G, Gökçe A. Lead and sulfur isotope studies of the Koru (Çanakkale, Turkey) lead-zinc deposits. *Turkish Journal of Earth Sciences* 2009;18:127–37. <https://doi.org/10.3906/yer-0806-5>.
- [47] Bozkaya G, Gökçe A. Koru ( Çanakkale ) Kurşım-Çinko Yataklarının Ana , Eser ve Nadir Toprak Elementleri Jeokimyası İncelemeleri. *Türkiye Jeoloji Bülteni* 2002;45:1–17.
- [48] Bozkaya G, Banks DA, Ozbas F, Wallington J. Fluid processes in the Tesbihdere base-metal-Au deposit: Implications for epithermal mineralization in the Biga Peninsula, NW Turkey. *Central European Journal of Geosciences* 2014;6:148–69. <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0169-9>.
- [49] Çiçek M, Oyman T. Origin and evolution of hydrothermal fluids in epithermal Pb-Zn-Cu ± Au ± Ag deposits at Koru and Tesbihdere mining districts , Çanakkale , Pliocene volcanics. *Ore Geology Reviews* 2016;78:176–95. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2016.03.020>.
- [50] Yılmaz H, Oyman T, Sonmez FN, Arehart GB, Billor Z. Intermediate sulfidation epithermal gold-base metal deposits in Tertiary subaerial volcanic rocks, Sahinli/Tespah Dere (Lapseki/Western Turkey). *Ore Geology Reviews* 2010;37:236–58. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2010.04.001>.
- [51] Aydal D, Vural A, Polat O. Volkanik kayaçlarda baz metal ve altın içeren hidrotermal altere alanların Landsat 7 TM ile tanımlanması ve verilerin CBS ortamında değerlendirilmesi : Bayramiç (Çanakkale) çalışmaları. 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2004, p. 89–90.
- [52] Aydal D, Vural A, Polat O. Definition of the Base Metal and Gold Bearing Hydrothermally Altered Areas in Volcanic Rocks Using by Landsat 7 TM Imagery: Case Study from Bayramiç (Çanakkale). 57th Geology Congress, Ankara, Türkiye: 2004, p. 89–90.
- [53] Aydal D, Vural A, Taşdelen Uslu İ, Aydal EG. Crosta Technique Application on Bayramiç (Alakeçi-Kısacık) Mineralized Area by Using Landsat 7 TM Data. 30th Anniversary Fikret Kurtman Geology Symposium, Konya, Türkiye: 2006, p. 195.
- [54] Vural A, Aydal D. Determination of Lithological Differences and Hydrothermal Alteration Areas by Remote Sensing Studies: Kısacık (Ayvacık-Çanakkale, Biga Peninsula, Turkey). *Journal of Engineering Research and Applied Science* 2020;9:1341–57.
- [55] Sipahi F, Vural A, Akpınar İ, Saydam Eker Ç, Kaygusuz A. Comparison of Fluid Inclusions of Egrikar Fe-Cu, Kopuz Fe And Karadag Fe-Cu Skarns Occurrences (Gümüşhane, Turkey). 3rd International Conference on Engineering and Natural Science I(CENS 2017), 2017, p. 561–561.
- [56] Sipahi F, Akpınar İ, Saydam Eker Ç, Kaygusuz A, Vural A, Yılmaz M. Formation of the Eğrikar (Gümüşhane) Fe–Cu skarn type mineralization in NE Turkey: U–Pb zircon age, litho geochemistry, mineral chemistry, fluid

- inclusion, and O-H-C-S isotopic compositions. *Journal of Geochemical Exploration* 2017;182:32–52. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2017.08.006>.
- [57] Sipahi F, Saydam Eker Ç, Akpınar İ, Gücer MA, Vural A, Kaygusuz A, et al. Eocene magmatism and associated Fe-Cu mineralization in northeastern Turkey: a case study of the Karadağ skarn. *International Geology Review* 2022;64:1530–55. <https://doi.org/10.1080/00206814.2021.1941323>.
- [58] Bozkaya G, Banks DA. Physico-chemical controls on ore deposition in the Arapucandere Pb – Zn – Cu-precious metal deposit , Biga Peninsula , NW Turkey. *Ore Geology Reviews* 2015;66:65–81. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.10.014>.
- [59] Vural A, Kaygusuz A. Alakeçi-Kısacık volkanitlerinin Petrografisi ve Jeokimyası (KB Türkiye). 4th International European Conference on Interdisciplinary Scientific Research, Warsaw, Poland: 2021, p. 1–14.
- [60] Vural A. Heavy metal pollution from listwaenitization: In case of Alakeçi (Bayramiç-Çanakkale/West Türkiye). *Turkish Journal of Analytical Chemistry* 2022;4:94–102. <https://doi.org/10.51435/turkjac.1190831>.
- [61] Vural A, Kaygusuz A. On Heavy Metal Pollution Associated with Listvenite Developments: Ayvacık-Bayramiç/ Çanakkale-West Türkiye). 8th International Zeugma Conference on Scientific Researches, Gaziantep, Türkiye: 2022, p. 492–501.
- [62] Çiftçi E. Volcanogenic Massive Sulfide (VMS) Deposits of Turkey. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*. Springer; 2019, p. 427–95. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_9).
- [63] Ünlü T, Dumanlılar Ö, Tosun L, Akıska S, Tiringa D. Turkish Iron Deposits. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer; 2019, p. 225–60. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_5).
- [64] Öztürk H, Kasapçı C, Özbaş F. Manganese Deposits of Turkey. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral Resources of Turkey, Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer; 2019, p. 261–81. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_6).
- [65] Çiftçi Y, Dönmez C, Parlak O, Günay K. Chromitite Deposits of Turkey in Tethyan Ophiolites. In: Pirajno F, Ünlü T, Dönmez C, Şahin MB, editors. *Mineral resources of Turkey. Modern approaches in solid earth sciences*, Springer; 2019, p. 73–157. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-02950-0_3).
- [66] Altuncu Poyraz S, Teoman MU, Türkelli N, Kahraman M, Cambaz D, Mutlu A, et al. New constraints on micro-seismicity and stress state in the western part of the North Anatolian Fault Zone: Observations from a dense seismic array. *Tectonophysics* 2015;656:190–201. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2015.06.022>.