



Open Access Journal
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)

Cilt 8 - Sayı 1: 58-74 / Ocak 2025
(Volume 8 - Issue 1: 58-74 / January 2025)

ALT PALEOZOYİK YAŞLI SULTANDEDE METASEDİMANTER KAYAÇLARIN JEOKİMYASI, KÖKENİ VE TEKTONİK YERLEŞİMİ (DİNEK, ŞARKİKARAAĞAÇ-İSPARTA, GB TÜRKİYE)

Oya CENGİZ¹, Ahmet Semih DENİZ², Didem KIRAY^{3*}

¹Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Geological Engineering, 32260, Isparta, Türkiye

²Abide-1 Hurriyet Street Merkez Quarter, 34360, İstanbul, Türkiye

³Barbaros Quarter Hacı Mustafa Bey Street, 17020, Çanakkale, Türkiye

Özet: Alt Paleozoik yaşlı metasedimenter kayaçlar (Sultandede Formasyonu) Türkiye'nin güneyinde bulunan Batı Toroslar'daki Sultandağ Bloğu'nun (Isparta) Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) güneydoğusunda yüzlek vermektedir. Bu çalışmanın amacı, Geyikdağı Birliği içerisindeki düşük dereceli metamorfizma geçiren Alt Paleozoik yaşlı Sultandede metasedimenter kayaçlarının kökenini, kaynak kayacını ve tektonik ortamlarını petrografik ve jeokimyasal analizler ile ortaya koymaktır. Sultandede Formasyonu sleyt, fillit, metakumtaşı, metakarbonatlar, yumrulu metakireçtaşı, kalkşist, muskovit-serizit-kuvars şist, metakuvarsit ve mermer türü litolojilerden meydana gelmektedir. Petrografik analiz temelinde şist numuneleri muskovit, serizit, kuvars, barit, opak mineral ve demiroksit ayrışma mineralleri, kalkşist numuneleri de kalsit, kuvars, barit, serizit, muskovit ve limonit içermektedir. Kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak elementlerinin (NTE) dağılım desenlerinde Sultandede metamorfik kayaçlarında hafif nadir toprak elementlerinden (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) doğru bir azalmanın olduğu, HNTE'lerin ANTE'lere göre göreceli olarak zenginleştiği gözlenmektedir. Eu (Eu/Eu*= 0,55-0,98) ve Ce belirgin negatif anomali gösterirken, Gd pozitif anomali gösterir. Metasedimenter kayaçların felsik, tortullaşma sonrası olduğu ve kıta kenar rejimini karakterize ettiği tespit edilmiştir. Ana element jeokimyası ve iz-nadir toprak element oranları ile yapılan sınıflama ve kaynak kayaç diyagramlarından (La/Th ve Hf) elde edilen veriler, bu kayaçların mağmatik (felsik ve ortaç) ve geri dönüştürülmüş önceden var olan sedimenter kaynaktan türediğini ve üst kıtasal kabuk eğilimi gösterdiğini belirtmektedir. Şist ve kalkşist numunelerinin ortalama Th/U değeri (6,87) üst kıta kabuk değerinden (3,82) daha yüksektir. Bu sonuç, önceki aşınma eğilimini takip ettiğini ve metasedimenter kayaçların yoğun aşınmaya maruz kaldığını işaretler. Ni/Co ve V/(V + Ni) jeokimyasal parametreleri, metasedimenter kayaçların oksik ortamı ve disoksik, anoksik ve öksinik koşulları altında biriktiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Jeokimya, Sultandede formasyonu, Köken ve tektonik ortam, Şarkikaraağaç-Isparta.

Geochemistry, Origin and Tectonic Setting of Lower Paleozoic Sultandede Metasedimentary Rocks (Dinek, Şarkikaraağaç-Isparta, SW Türkiye)

Abstract: Lower Paleozoic metasedimentary rocks (Sultandede Formation) crop out in the Sultan Mountains in the Western Taurus Belt in the south of Türkiye, southeast of Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta). The aim of this study is to reveal the origin, provenance rock and tectonic environments of the Lower Paleozoic Sultandede metasedimentary rocks undergoing low-grade metamorphism within the Geyikdağı Unit by petrographic and geochemical analyses. Sultandede Formation consists of slate, phyllite, metasandstone, metacarbonates, nodular metalimestone, calcschist, muscovite-sericite-quartz schist, metaquartzite and marble type lithologies. Based on petrographic analysis, schist samples contain muscovite, sericite, quartz, barite, opaque minerals and iron oxide weathering minerals, while calc-schist samples contain calcite, quartz, barite, sericite, muscovite and limonite. In the rare earth element (REE) distribution patterns normalised to chondrite, it is observed that there is a decrease from light rare earth elements (LREEs) to heavy rare earth elements (HREEs) in the Sultandede metamorphic rocks, and that HREEs are relatively enriched compared to HREEs. While Eu (Eu/Eu*= 0.55-0.98) and Ce show significant negative anomalies, Gd shows positive anomaly. It was determined that metasedimentary rocks were felsic, formed after sedimentation and characterized the continental margin regime. Classification and source rock diagrams (La/Th and Hf) derived from major element geochemistry and trace-rare earth element ratios indicate that these rocks are derived from magmatic (felsic and intermediate) and recycled pre-existing sedimentary sources and have an upper continental crustal trend. The average Th/U value (6.87) of the schist and calcareous schist samples is higher than that of the upper continental crust (3.82). This result indicates that it follows the previous erosion trend and that the metasedimentary rocks are subject to intense erosion. The Ni/Co and V/(V + Ni) geochemical parameters indicate that the metasedimentary rocks were deposited under oxic, dysoxic, anoxic and euxinic conditions.

Keywords: Geochemistry, Sultandede formation, Origin and tectonic setting, Şarkikaraağaç-Isparta

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Barbaros Quarter Hacı Mustafa Bey Street, 17020, Çanakkale, Türkiye

E mail:dkiray17@gmail.com(D. KIRAY)

Oya CENGİZ



<https://orcid.org/0000-0003-1363-4638>

Ahmet Semih DENİZ



<https://orcid.org/0009-0002-3083-0796>

Didem KIRAY



<https://orcid.org/0000-0002-4187-7285>

Gönderi: 14 Ekim 2024

Kabul: 17 Kasım 2024

Yayınlanma: 15 Ocak 2025

Received: October 14, 2024

Accepted: November 17, 2024

Published: January 15, 2025

Cite as: Cengiz O, Deniz AS, Kiray D. 2025. Geochemistry, origin and tectonic setting of lower Paleozoic sultandede metasedimentary rocks (Dinek, Şarkikaraağaç-Isparta, SW Türkiye). BSE Eng Sci, 8(1): 58-74.



1. Giriş

Belirgin köken özellikleri gösteren farklı tektonik ortamlar tortul süreçlerin fizikokimyasal belirteçleri ile karakterize edilirler. Metasedimanter kayaçların kimyasal bileşimi, kökeni, kaynak kayaçların doğası, kaynak alanının aşınması iklim, taşınma, gömülme, diyajenez ve metamorfizma gibi değişkenler tarafından kontrol edilir (McLennan vd., 1993). Bu değişkenler çeşitli koşullar altında elementlerin hareketliliğine bağlı olarak kaynak kayaçların ve tortulların kimyasal bileşimini değiştirir (McLennan, 1989; Cullers ve Stone, 1991; Nesbitt ve Young, 1996). Çok düşük dereceli metasedimanter kayaçların jeokimyasal verileri kayacın kimyasal bileşimi değişmediği sürece tektonik ortamların ayırımı ve/veya kaynakları hakkında önemli bilgiler vermektedir (Nesbitt ve Young, 1984). Son zamanlarda ana elementlere ve metaklastik tortulların kimyasal bileşimine dayalı tektonik süreçlerin ayırımı ve tektonik ortamlarını sınırlamak ve kaynak kayaçların kökenini belirlemek için jeokimyasal analizler yaygın olarak kullanılmaktadır (Dickinson ve Suczek, 1979; Condie vd., 1992; Nesbitt ve Young, 1996; Marsaglia ve Latter, 2003; Dostal ve Keppie, 2009; Hara vd., 2012; Piñán-Liamas ve Escamilla-Casas, 2013; Tang vd., 2016; Gonzales vd., 2018; Guo vd., 2021; Mendes vd., 2021; Hifzurrahman vd., 2023; Şengün, 2023). La, Ni, Y, Sc, Cr, Th, V, Ti, Hf, Zr ve nadir toprak elementler farklı tektonik ortamların ve/veya kaynakların ayırımında sıklıkla kullanılmaktadır (Bhatia, 1983; Taylor ve McLennan, 1985; McLennan vd., 1993; Roser vd., 1996; Pandey ve Parcha, 2017). Özellikle Zr, Hf, Th, Sc, Nb ve Y göreceli olarak elementler içerisinde düşük hareketliliğe sahip olmaları, bozunma ve sedimanter işlevler sırasında deniz suyunda kısa zamanda kalmaları nedeniyle köken çalışmalarında en uygun iz elementlerdir (Cullers, 2000; Young vd., 2013). Bunun yanında, La veya Th-Co-Sc-Cr oranları kaynak kayaçların bileşimini ortaya koymak için oldukça yararlıdır (Cullers, 2000).

Alt Paleozoik'e ait Sultandede Formasyonu metaklastik kayaçları ve Çaltepe düşük dereceli metakarbonatları Türkiye'nin güneyinde yer alan Batı Toroslar'daki Seydişehir, Hüyük, Şarkikaraağaç ve Yalvaç bölgelerinde yaygın olarak yüzeylenmiştir (Şekil 1). Birkaç araştırmacı, bölgenin jeolojik haritalamasını (Blumenthal, 1947; Dean ve Monod, 1970; Desprairies ve Gutnic, 1972; Özgül ve Gedik, 1973; Öztürk vd., 1977; Öztürk vd., 1981; Demirkol, 1977; Demirkol ve Sipahi, 1979; Cengiz, 1991; Cengiz, 1997), barit, demirli boksit-boksit mineralizasyon alanları çevresinde madencilik jeolojisini (Ayhan ve Karadağ, 1985; Ayhan, 1986; Karadağ, 1987; Cengiz ve Kuşcu, 1993; Cengiz ve Kuşcu, 2002; Karadağ vd., 2009; Elmas vd., 2012), konodontları (Kozlu vd., 2002; Göncüoğlu vd., 2004), Çaltepe ve Fele bölgelerindeki Sultandede (Seydişehir) Formasyonu metasedimanter kayaçları biyostratigrafik veriler ile fasiyes ve dizi stratigrafisinin analizini (Erdoğan vd., 2004) ve jeokimya ile kaynak kaya ve tektonik ortamını (Karadağ, 2014) incelemiştir.

İnceleme alanı Sultandağlarında yer alan Geyikdağı birliği içerisinde KB-GD doğrultulu uzanan

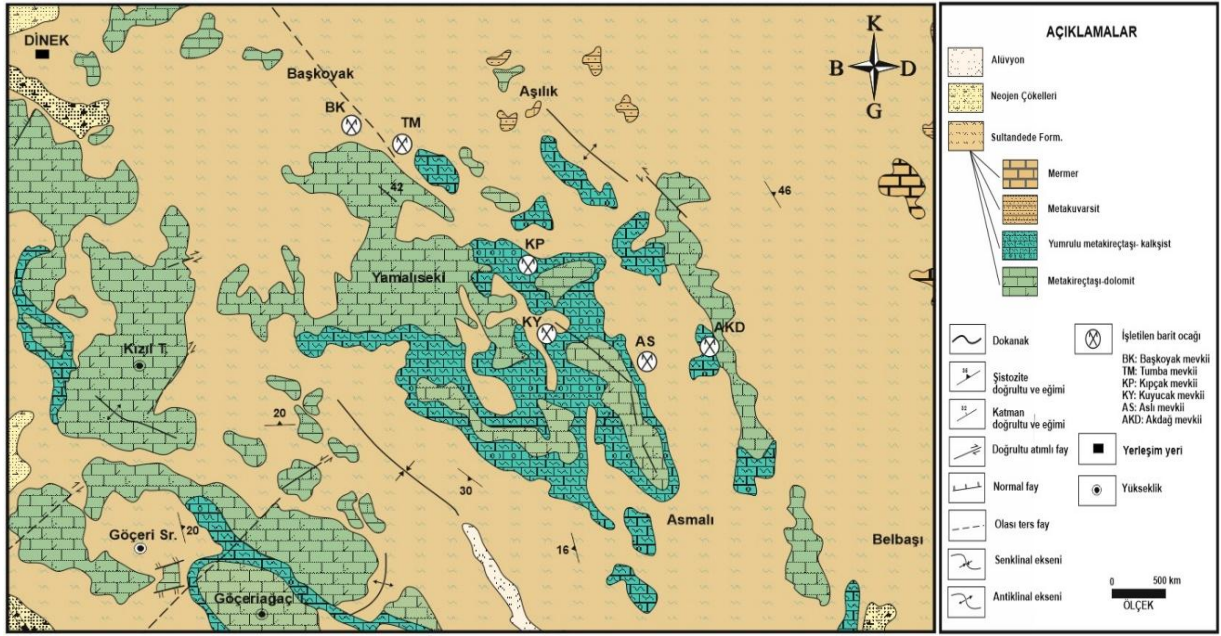
Sultandağlarında düşük dereceli metamorfik kayaların yüzeylediği alanları kapsamaktadır. Bu kayaçlar aynı zamanda Türkiye'nin ekonomik öneme sahip barit yataklarının yankayaçları olmaları ve cevher oluşumunda klavuz özelliği göstermesi nedeniyle de önem arz etmektedir. Bu çalışmada Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) ve İlmen (Hüyük-Konya) arasındaki düşük dereceli metamorfik kayaçların kaynak kayaçlarının litolojik özellikleri, petrografik incelemeler ile mineralojik bileşimleri, jeokimyasal analizler (ana, iz ve nadir toprak elementleri) ile tektonik ortamlarının ortaya konulması hedeflenmiştir.

2. Jeolojik Konum

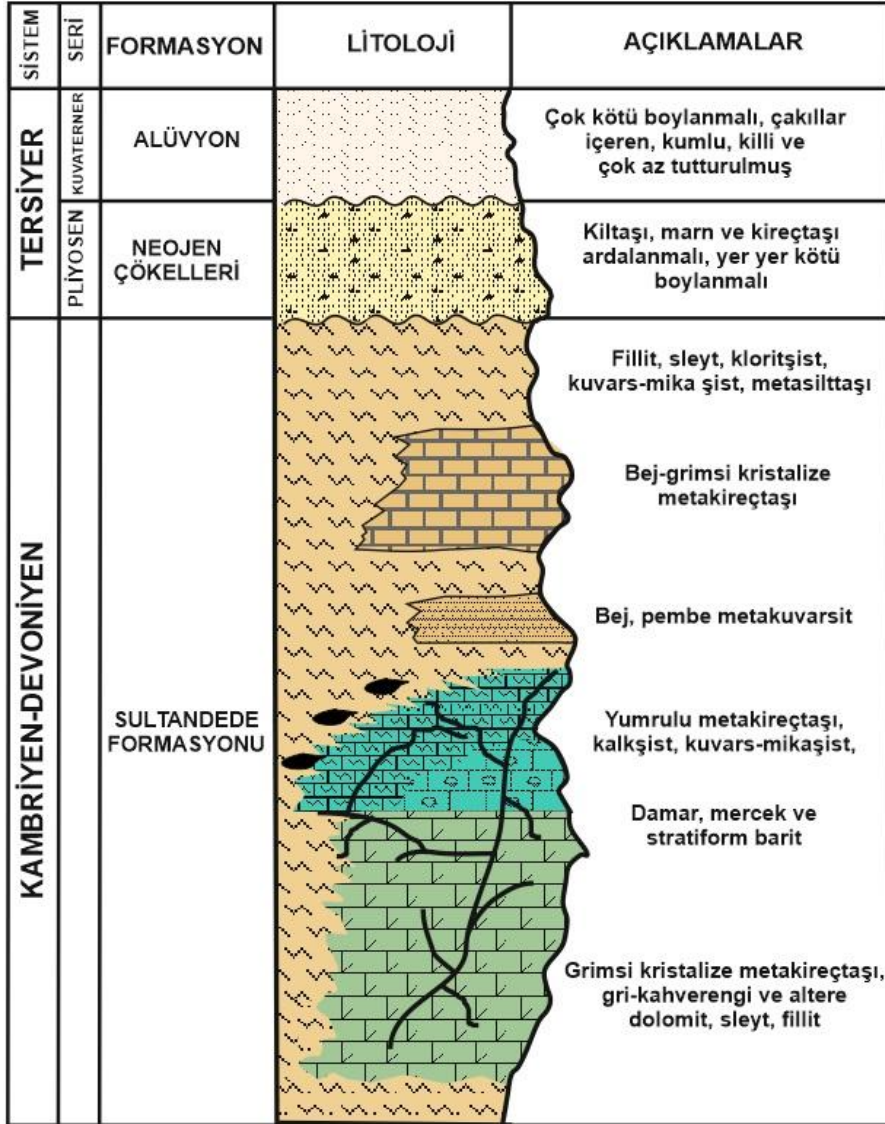
Toroslar'ın Prekambriyen'den Triyas'a kadar Gondwana'nın kuzey kenarının bir parçası olduğu düşünülmektedir (Robertson ve Dixon, 1984; Şengör vd., 1984). Kuzey Gondwana'nın Kambriyen'den Ordovisiyen'e kadar en iyi korunmuş örtü dizilerinden biri (Ghienne vd., 2007) Türkiye'nin kuzeyinden başlayıp Suudi Arabistan'dan güneye doğru 1500 km uzunluğunda bir kuşak olarak uzanmakta ve burada nispeten uzak Alt Paleozoik birimlerini içermektedir (Ghienne vd., 2010). Toros Kuşağı, hem doğu hem de batı Toroslar'da değişken metamorfozlu temel kayaçları içermektedir (Özgül, 1976; Dean ve Özgül, 1994; Göncüoğlu ve Kozlu, 2000; Gürsu, 2002; Gürsu vd., 2004). Toros Kuşağının tabanında Neoproterozoyik-Alt Paleozoik kayaçlar (Özgül, 1976) ve/veya Neoproterozoyik (Gürsu ve Bayhan, 2004) yaşlı bir temel ile bunu uyumsuz örten Geyikdağ biriminde en iyi şekilde ortaya çıkmaktadır. Üst Paleozoik-Mezozoyik yaşlı platform istifleri içeren örtü birimleri de (Bozkır, Bolkardağı, Aladağ, Antalya ve Alanya birlikleri (Özgül, 1976; 1984) kuşağın üst kesimlerini oluşturmaktadır.

İnceleme alanı, Orta Toroslarda Sultandağlarında yer alan Geyikdağı birliği içerisinde KB-GD doğrultulu metamorfik birimleri kapsamaktadır. İnceleme alanının temel kayaçlarını Alt Paleozoik yaşlı Sultandede formasyonu (Demirkol, 1977) oluşturmaktadır (Şekil 1). Bu formasyonun tabanını sleyt ve fillit, metakarbonatlar, yumrulu metakireçtaşı ve kalkşist, üst seviyelerini metaklastik kayaçların (kuvars-mikaşist, metasilttaşı, kloritşist) arakatıkları, metakuvarsit ve mermer oluşturmaktadır. Neojen çökelleri, kilaşı, marn ve kireçtaşı ardalı, yer yer kötü boylanmalı, hematit, götit, limonit, şist ve kuvarsit parçalarından oluşmaktadır. Tüm birimler kötü boylanmalı, çevre kayaçlara ait çakıllar içeren, kumlu-killi ve az tutturulmuş genellikle dere yataklarında ve düzlüklerde yüzeylenen Kuvaterner yaşlı alüvyon tarafından örtülmüştür (Cengiz, 1997) (Şekil 2).

Metakireçtaşı ve dolomit (Çaltepe Formasyonu) biriminin tabanında gri, kızıl kahverengi dolomitik kireçtaşı, üste doğru koyu mavi, açık-koyu gri, beyazımsı metakireçtaşları bulunur (Cengiz, 1997). Birim, çalışma alanının genel morfolojisine uygun olarak KB-GD doğrultusundadır ve yaklaşık 150±250m görünür kalınlığa sahiptir (Dean ve Monod, 1970).



Şekil 1. Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) sahasının jeolojik haritası (Cengiz, 1997)



Şekil 2. İnceleme alanına ait stratigrafik sütun kesiti (Cengiz, 1997).

Karadağ (2014) dolomitlerin birincil dokularının genellikle yeniden kristalleşme süreçleri nedeniyle korunmadığını, metakireçtaşlarındaki orijinal dokuların ise açıkça gözlemlendiğini belirtmiştir. Birimin alt dokanağı, Sultandede formasyonu içerisindeki metaklastik kayaçlar ile genellikle uyumlu, üst dokanağı da mor yumrulu metakireçtaşı ve kalkışistler ve/veya metaşeyllerle geçişlidir. Çalışma alanı dışında Özgül (1997) Çaltepe Formasyonu'nun Hamzalar Formasyonu üzerinde uyumlu bir dokanakla yer aldığını belirtmiştir. Birimin yaşı, Dean ve Monod (1970) tarafından Alt (?) -Orta Kambriyen olarak belirlenmiştir. Yumrulu metakireçtaşı alacalı, pembemsi-bejimsi-mor, yer yer ince-orta katmanlı, yer yer de katmansız döküntü şeklindedir. Birim, sert, sıkı dokulu ve kalsit damarlı, üst seviyeleri kil sıvama şeklinde şeyl arakatlı ve yumru görünümlüdür. Kalınlığı yaklaşık ±50 m dir (Demirkol ve Sipahi, 1979). Karadağ (2014), Çaltepe Formasyonu'nun üst kısmındaki nodüler kireçtaşlarında, neoformalize serisit ve klorit minerallerinden oluşan zayıf gelişmiş bir arduvaz yarılmalarının olduğunu belirtmiştir. Kalkışistler sarımsı-bej, grimsi-siyahımsı ve ince şistoziteli bir yapıya sahip olup şistozite yüzeyleri boyunca iyi gelişmiş mangan dendritleriyle tipik bir görünüm sunarlar. Yumrulu metakireçtaşı ve kalkışistler, altta bulunan metakireçtaşları ile yanal/düşey geçişli, üst dokanağındaki şeyller ile geçişlidir. Metakuvarsitler, pembe, beyazımsı-bej renkli, belirgin eklemli ve değişken kalınlığa sahiptir. Genellikle merceksi, ince-orta katmanlı, çok sert dayanımlı, iri kristalli, demir içeriklidir. Kuvarsitlerin çatlaklarında ikincil kuvars damarcıkları izlenmektedir. Demirkol ve Sipahi (1979) inceleme alanı yakınlarında yaptıkları çalışmada metakuvarsitlere (Engili Formasyonu) Orta-Üst Devoniyen yaşını vermişlerdir. Bu metakuvarsitler Sultandede formasyonu içerisindeki şistler ve sleytler ile uyumludur (Cengiz, 1997). Mermerler de Sultandede formasyonunun içerisinde kristalize kireçtaşı ve çok az olarak da kalkışist bantları içermektedir. Birim bej, beyazımsı-gri, sarımsı, ince-orta katmanlı, iri kristalli, az gelişmiş eklemli, demir içerikli ve yer yer dolomitiktir. Bu birim Sultandede formasyonu içerisindeki metaklastik kayaçlarla uyumludur (Cengiz, 1997).

3. Materyal ve Yöntem

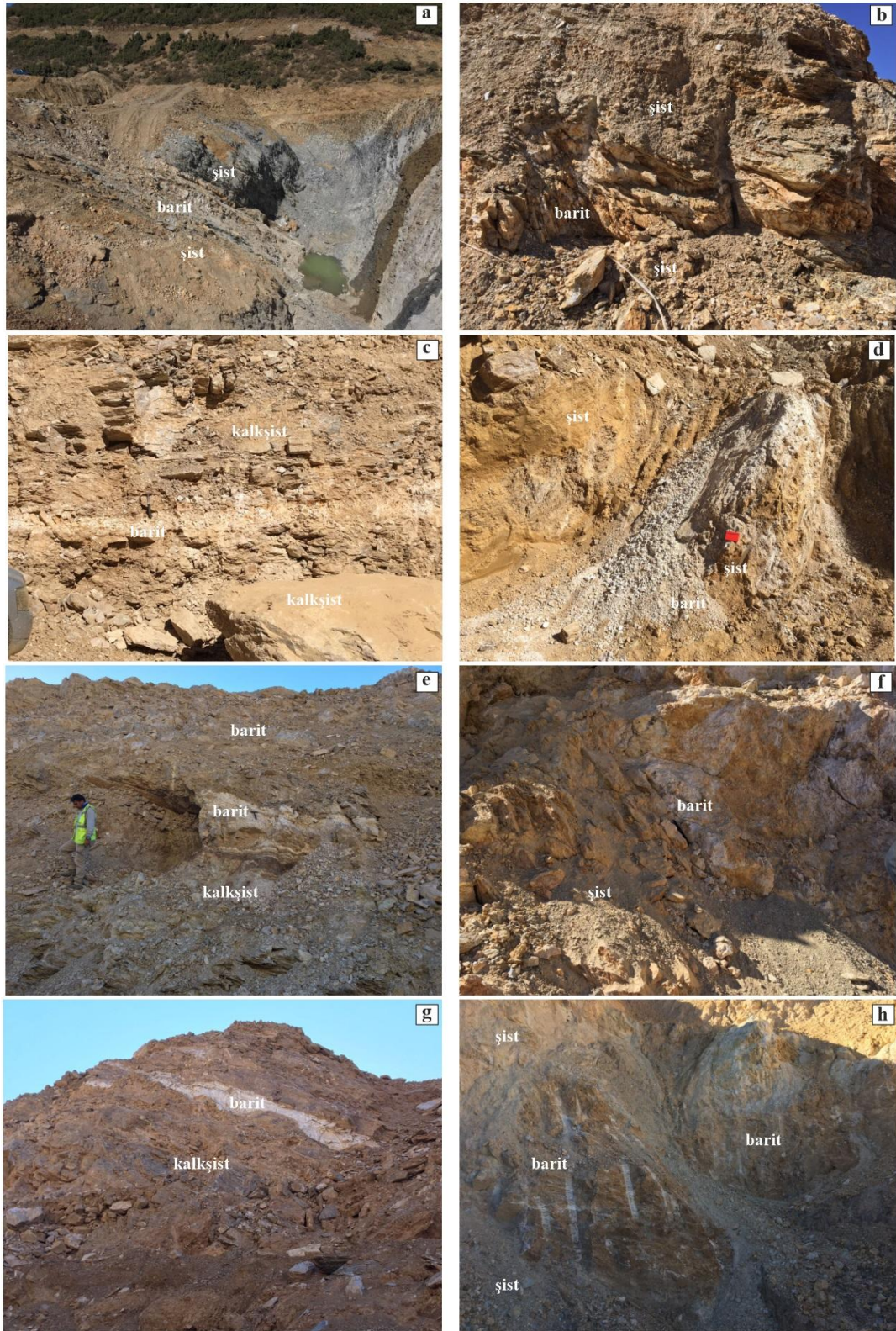
İnceleme alanındaki Sultandede Formasyonuna ait metasedimanter kayaçlardan alınan numuneler Başkoyak, Tumba, Kuyucak, Kıpçak, Aslı ve Akdağ barit cevherleşme lokasyonlarından derlenmiştir. Derlenen 6 şist, 4 kalkışist, 3 baritli şist ve 2 baritli kalkışist olmak üzere toplam 15 adet numunenin petrografik ve jeokimyasal analizleri yapılmıştır. Bu numunelerin ince kesitleri Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında hazırlanmıştır. İnce kesitlerin mineralojik-petrografik incelemeleri Süleyman Demirel Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarında 10 Olympus (BH-2) marka polarizan mikroskop altında yapılmıştır. Aynı numunelerin majör oksit, iz ve nadir

toprak element içerikleri, Bureau Veritas Mineral (BVM) laboratuvarında (Kanada) Lityum Metaborat/Tetraborat Fusion çözeltisinde İndüktif Couple Plazma-Kütle Spektrometresi (ICP-MS) ve X-ray Floresans (XRF) analiz yöntemleri ile analiz edilmiştir.

4. Bulgular

4.1. Metasedimanter Kayaçların Yayılımı ve Petrografik İncelemeleri

İnceleme alanında Sultandede Formasyonu metakireçtaşı ve dolomit, yumrulu metakireçtaşı, kalkışist, metakumtaşı, metasilttaşı, metakuvarsit ve mermer litolojilerinden oluşmaktadır. Bu litolojiler sahanın topoğrafik yapısına uygun olarak kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda yüzeyler. Bu çalışmada kalkışist ve şist kayaç mostraları barit cevherleşmesinin varolduğu Başkoyak, Kuyucak, Kıpçak, Tumba, Aslı ve Akdağ lokasyonlarında incelenmiştir (Şekil 3). Barit bu kayaçların içerisinde genellikle damar, daha az olarak merceksi ve stratiform şekilde bulunur (Cengiz, 1997). Şistler Başkoyak mevkiinde killi şistler ve grafit şistler olarak yaygındır. Bu kayaçlar yoğun alterasyona uğradıklarından grimsi, sarımsı-kahverengimsi ve yeşilimsi renklerde gözlenirler (Şekil 3a, b). Kuyucak mevkiinin doğusunda boz sarımsı-kahverengimsi şistler ve grimsi şistler laminalı ve şistoziteli yapıları ile dikkati çekerler. Batıda ise sarımsı-boz renkli kalkışistler ve sarımsı şistler gözlenir. Kıpçak mevkiinde, grimsi-kahverengimsi kalkışist ve şistler yaygındır. Sahada tabandan tavana doğru şist, barit, kahverengi-bordo killi seviye, barit+yankayaç, barit cevheri, grimsi-kahverengimsi kalkışist izlenmektedir (Şekil 3c, d). Tumba mevkiinde, kalkışist içerisinde farklı seviyelerde ve farklı kalınlıklarda katmansız barit bulunur (Şekil 3e). Aslı mevkiinde dayanımsız, yer yer parçalanmış, belirgin şistoziteli, kıvrımlı, genellikle grimsi ve sarımsı şistlerde açılan ocakta barit cevheri işletilmektedir. Ocakta şistler içerisinde ve barit-şist dokanağında iki adet fay mevcuttur (Şekil 3f). Akdağ mevkiinde; grimsi kalkışist ve sarımsı-kahverengimsi şistlerde açılan ocakta barit cevheri merceksi ve damar şeklinde gözlenmektedir (Şekil 3g, h).

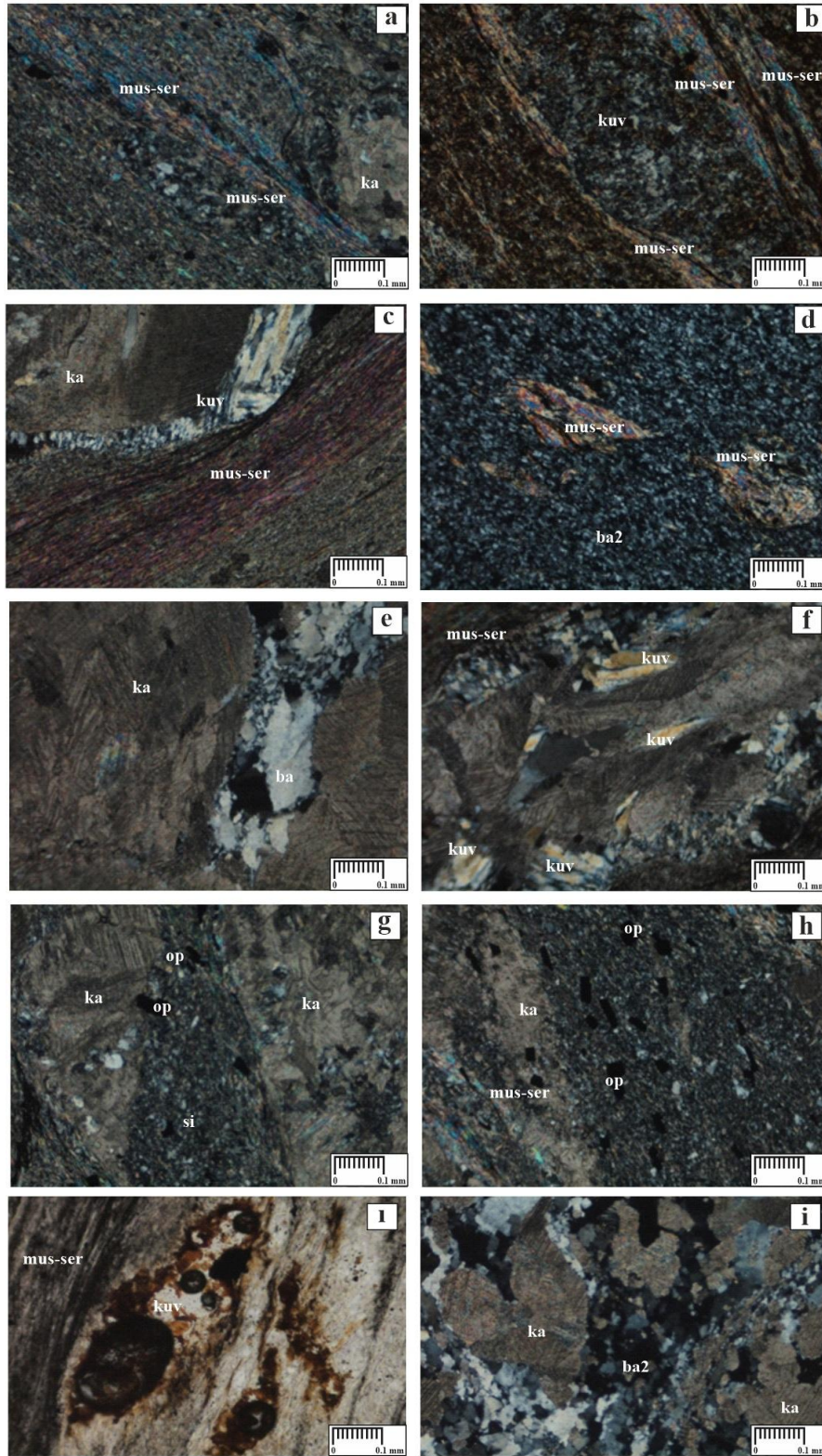


Şekil 3. Sultandede Formasyonu'na ait kalkşist ve şist kayalar ve barit cevherinin saha görüntüleri (Deniz, 2019). **a)** Haki renkli şistlerde merceksi barit damarı (Başkoyak sahası), **b)** Gri şistler ile haki-sarımsı şistlerde barit cevheri (Başkoyak sahası), **c)** Şistlerdeki kırılmış ve parçalanmış barit (Kuyucak sahası), **d)** Kalkşist ile kahverengi-bordo alterasyon düzeyi arasındaki barit (Kıpçak sahası), **e)** Kalkşistler içerisinde stratiform barit cevheri (Tumba sahası), **f)** Sarımsı-kahverengimsi şistlerde barit (Aslı sahası), **g)** Kalkşist içerisindeki barit damarı (Akdağ sahası), **h)** Sarımsı-kahverengi şistler ve merceksi barit cevheri (Akdağ sahası).

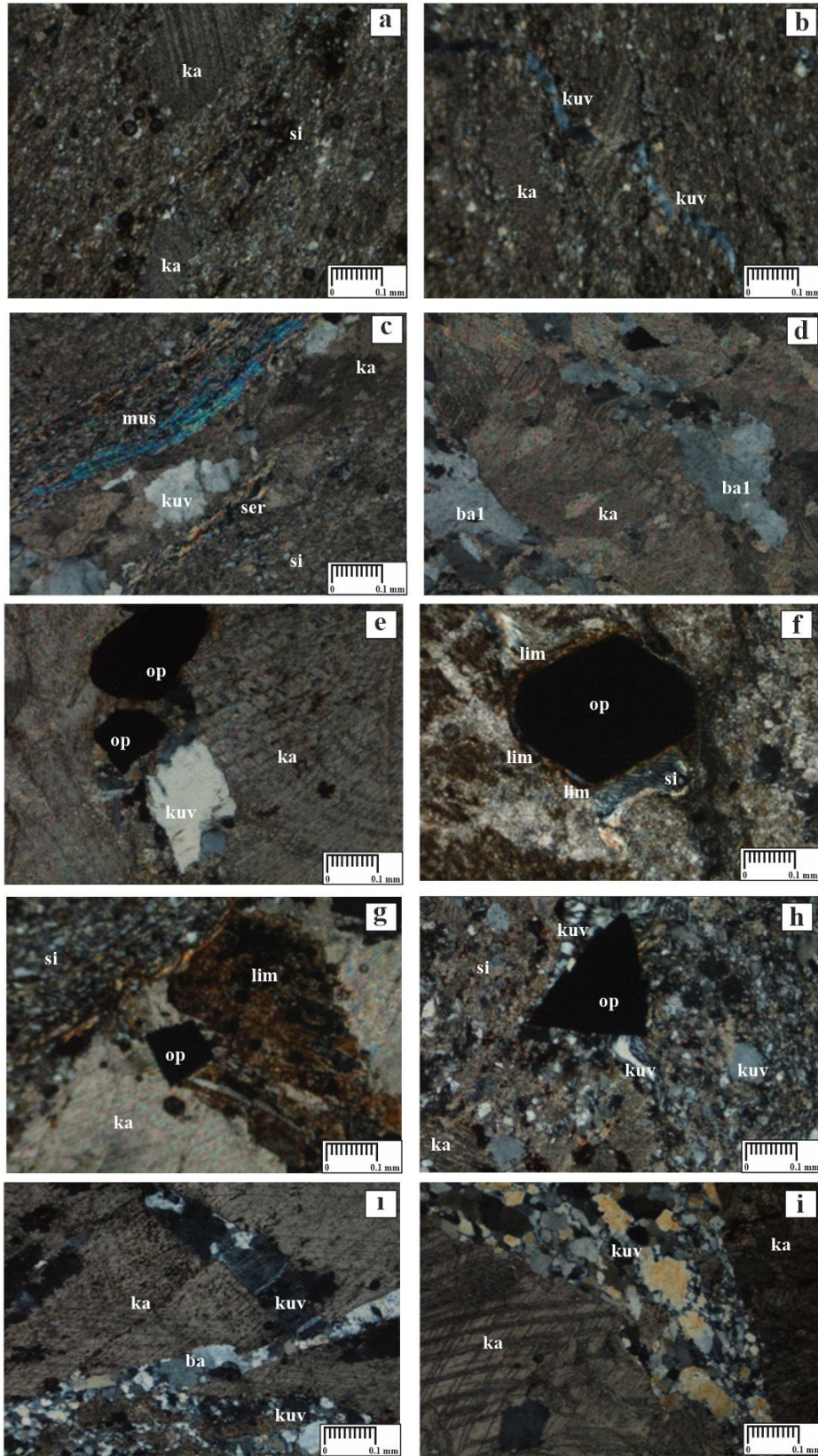
İnceleme sahasındaki şist, kalkşist, baritli kalkşist ve baritli şist incekesit numunelerinin petrografik özellikleri polarizan mikroskopta incelenmiş ve bazılarının mikrogörüntüleri verilmiştir (Şekil 4-5). Sultandede Formasyonu içerisindeki çok düşük dereceli metaklastik kayaç şistin mineralojik bileşimini muskovit, serizit, kuvars, barit, opak mineral ve demiroksit boyamaları oluşturmaktadır. Kayaç muskovit-serizit-kuvars şist olarak tanımlanmıştır. Muskovit-serizit ile sparkalsit arasında değişken kalınlıklı bükülmüş kuvars damarı izlenmektedir (Şekil 4a). Muskovit-serizit arasında breşik yapılı kuvars merceksi damarı vardır (Şekil 4b). Muskovit, serizit ve kuvars minerallerinde şistozite düzeyleri çok belirgindir (Şekil 4c). Şistlerin ve sparkalsitlerin içerisinde breşik kuvars parçaları, merceksi görünümlü silisleşme ve opak mineraller mevcuttur (Şekil 4d). Sparkalsitler ile içerisinde yer alan barit damarının ilişkisi belirgindir (Şekil 4e). Muskovit-serizit şistlerdeki sparlaşmış kalsit damarının içerisinde breşleşmiş kuvars taneleri gelişigüzel dağılmıştır. Muskovit-serizit şistin hemen yanındaki sparkalsit damarının dokanağı boyunca değişen kalınlığa sahip tarak yapılı kuvars izlenir (Şekil 4f). Genellikle silisifiye alanda gelişigüzel dağılmış, daha az da sparkalsitler içerisinde özşekilli, yarı özşekilli ve özşekilsiz opak mineralleri bulunur (Şekil 4g, h). Kayaçta kuvars merceği gözlenir ve yer yer parçalanmış kuvarslar ve demiroksit getirimlerinin varlığı tespit edilmiştir (Şekil 4ı). Ayrıca, sparkalsit içerisinde değişen kalınlığa sahip kırıklara yerleşen breşik barit kristalleri de gözlenmiştir (Deniz, 2019) (Şekil 4i).

İnceleme alanında düşük dereceli metamorfik kayaç kalkşistler kalsit, kuvars, barit, serizit, muskovit ve limonit içerir. Kalkşistlerde merceksi yapıda spar kalsitler ve yer yer siderit zonlanması izlenir (Şekil 5a). Kalkşist kesitinin breş parçalarını kuvars oluşturur ve kayaç içerisinde ince bir kuvars damarının kırılarak

atıma uğradığı da dikkati çeker (Şekil 5b). Diğer bir kesitte çoğunluğu sparlaşmış bir kalsit damarı ve içerisinde breşik yapılı kuvars taneleri gözlenir. Bu damarın tavan ve tabanında bükülmüş ve şistoziteli muskovitler ve serizitler bulunur. Ayrıca, breş parçalarını kuvarsin oluşturduğu silisifiye alan da izlenir (Şekil 5c). Belirgin dilimli spar kalsit içerisinde damar şekilli yarı özşekilli ve özşekilsiz baritler gözlenir ve baritin dilinim düzlemi boyunca kırıklar gelişmiştir (Şekil 5d). Bu kesitte sparkalsitlerin içerisinde gelişen hat boyunca özşekilli, yarıözşekilli opak mineraller ve yer yer özşekilli, özşekilsiz breşik kuvars taneleri gözlenmiştir (Şekil 5e). Kuvars-serizit şist-kalkşist kantağından alınan diğer kesitte kayacın yoğun alterasyona uğradığı gözlenir. Bu kesitte özşekilli opak mineral (olasılıkla pirit), limonitleşme ve yoğun silisleşme egemendir. Limonitleşme genellikle opak mineral kristallerinin kenarları boyunca, daha az olarak da gelişigüzel dağılmıştır. Silisleşme yer yer breşik, daha yoğun olarak da farklı yönlerde gelişen kırık ve çatlakların içerisinde dolduran silisifiye olmuş eriyikler şeklindedir (Şekil 5f). Sparkalsitler ile kuvarsların sınırları nettir ve sparkalsitlerin içerisinde kuvars damarları, özşekilli opak mineraller ve demiroksit getirimleri de izlenir (Şekil 5g). Ayrıca, sparkalsitler içerisinde yoğun silisleşme, yer yer bükülmüş tarak yapılı kuvarslar, yer yer de breşik kuvars taneleri ve yarı öz şekilli opak mineral tespit edilmiştir. (Şekil 5h). Bu kalkşist kesitindeki sparkalsitlerin dilinimleri belirgindir. Kalsitlerin içerisindeki kırık ve çatlaklar, farklı yönlerde gelişmiş ve birbirini kesmektedir. Bu kırık ve çatlaklara özşekilli, yarı özşekilli ve özşekilsiz kuvars ve barit yerleşmiştir. Ayrıca, sparkalsitler ile barit ve kuvars dolgulu damarların sınırları çok keskindir (Deniz, 2019) (Şekil 5i, j).



Şekil 4. Muskovit-serizit-kuvars şist ve şist-kalkşist kontağından alınan kayaç numunelerinin mikroskop görüntüleri (Deniz, 2019). a) Muskovit-serizit (mus-ser) şist ile kalsit (ka) ve silisleşme (si) (BK-4), b) Muskovit-serizit (mus-ser) içerisindeki kuvars (q) merceği ve silisleşme (si) (TM-1), c) Muskovit-serizit (mus-ser) şist ile sparkalsit (ka) arasında bükülmüş kuvars (q) damarı (BK-4), d) Kataklastik dokulu mikrokristalli baritler (ba2) içerisindeki merceksi muskovit-serizitler (mus-ser) (BK-2), e) Sparkalsit (ka) içerisindeki barit (ba) damarının ilişkisi (BK-4), f) Muskovit-serizit (mus-ser) şist içinde sparkalsit (ka) damarındaki breşik kuvars (q) parçaları, g) Sparkalsit (ka) içinde breşik kuvars (q) taneleri ve sparkalsitler arasında merceksi görümlü silisleşme (si) ve opak (op) mineral (BK-4), h) Muskovit-serizit (mus-ser) ile sparkalsit (ka) dokanağı ve sparkalsit içerisindeki silisifiye (si) zon ve opak (op) mineral taneleri (BK-4) ı) Kuvars (q) mercekleri ve demiroksit gelişimi (BK-1), i) Sparkalsitler (ka) içerisinde gelişi güzel kırıklara yerleşen baritler (ba2) ve yer yer breşik barit taneleri (BK-4).



Şekil 5. Kalkşist numunelerinin mikroskop görüntüleri (Deniz, 2019). a) Kalkşist içindeki sparkalsitler (ka) ve silisleşme (si)(KY-3) b) Kalkşist içerisindeki kırılmış ince kuvars (q) damarcığı ve kalsitler (ka), (KY-3) c) Bükülmüş ve muskovit-serizit (mus-ser), sparkalsit (ka) içerisinde breşik kuvars (q) ve silisleşme (si)(BK-6), d) Sparkalsit (ka1) içerisindeki barit (ba1) damarı (BK-6), e) Sparkalsitlerde (ka) kırık içerisinde kuvars (q) breşleri ve opak (op) mineraller (KP-5), f) Zonlanmalı silisleşme (si), özşekilli opak (op) mineral ve limonitleşme (lim) (AS-4), g-h) Sparkalsitler (ka) içerisinde yoğun silisleşme (si), breşik ve tarak yapılı kuvarslar (q) ve yarı özşekilli opak (op) mineral (KP-5), ı-i) Sparkalsitler (ka) içerisinde kırıklara yerleşen barit (ba2) ve kuvars (q) damarları ile breşik yapılı cevherleşme (TM-3).

4.1. Metasedimanter Kayaçların Jeokimyası

4.1.1. Anaokisit ve iz elementler

İnceleme alanındaki Sultandede Formasyonu'na ait düşük dereceli metasedimanter kayaçların kökenini, kaynağını ve tektonik yerleşim alanlarını ortaya koymak için alınan 15 kayaç numunesinin tüm kaya ana oksit, minöroksit ve iz-nadir toprak element analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 1-2'de verilmiştir.

Şist numunelerinin ana element içerikleri %54,00-68,95 SiO₂, %5,05-24,72 Al₂O₃, %0,31-16,95 CaO, %1,30-8,37 Fe₂O₃, %1,15-8,31 K₂O, %0,28-3,67 BaO, %0,15-2,06 MgO, diğer oksitler genellikle %1'in altındadır. Kalkşist numunelerinin ana element içerikleri %33,70-39,32 CaO, %24,30-28,23 SiO₂, %2,11-6,39 Al₂O₃, %0,07-3,14 BaO, %0,44-1,64 Fe₂O₃, %0,85-1,73 Na₂O, %0,23-1,57 K₂O, diğer oksitler %1 in altında değerlere sahiptir. Şist ve kalkşist numunelerinde gözlenen yüksek Al₂O₃ ve K₂O değerleri muskovit ve serizitin bileşiminden, yüksek Fe₂O₃ değerleri opak mineral, limonitleşme ve demiroksitten, yüksek SiO₂ değerleri de kuvars ve silisleşmeden kaynaklanır (Deniz, 2019). Metasedimanter kayaç ve baritli yankayaç örneklerinde Ba (929-34606 ppm), Sr (25,3-6225 ppm), Pb (9,8-600 ppm), Zn (5-116 ppm) ve Cu (1,4-691 ppm) hafif zenginleşmiştir (Tablo 2).

4.1.2. Nadir Toprak Elementleri

İnceleme alanındaki Sultandede Formasyonuna ait metasedimanter kayaç numunelerinin nadir toprak

element (NTE) içerikleri Tablo 3'de verilmiştir. Bu numunelerin kondrite göre normalize edilmiş diyagramları Şekil 6'da gösterilmiştir.

Sultandede Formasyonu'nun metasedimanter kayaç numuneleri NTE dağılım diyagramında birbirine benzer eğilimlere sahiptir. Şekil 6 hafif nadir toprak elementlerinden (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) doğru bir azalma olduğunu ve HNTE'lerin ANTE'lere kıyasla zenginleştiğini göstermektedir. Bu bulgu, baritin tipik bir özelliğidir, çünkü HNTE iyon boyutlarının (ANTE'ye kıyasla) Ba²⁺ ile daha fazla benzerliği, HNTE'nin baritte yoğunlaşmasıyla sonuçlanır. NTE jeokimyasıyla ilgili, kaynak kökenini ve tektonik ortamları belirlemek için çeşitli nadir toprak element oranları kullanılmıştır (Tablo 4). HNTE değerleri 8,7-216,2 ppm, ANTE değerleri de 3,44-21,63 ppm arasındadır. Toplam nadir toprak element değerleri 12,14-234,31 ppm arasında değişmektedir.

HNTE/ANTE 2,53-11,94 arasında ve (La/Yb)_N 5,38-17,82 arasında değerlere sahiptir. Belirgin Eu anomalisi (Eu/Eu* = 0,55-0,98), hafif negatif Ce ve pozitif Gd anomalileri mevcuttur. Barit cevherleşmesi yan kayaçlarının ortam koşullarını belirlemek için kullanılan CeN/YbN-YbN ve CeN/SmN-CeN/YbN değerlerinin diyagramları (Şekil 7ab) oluşumunda deniz suyunun egemen olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Sultandede Formasyonu'na ait metasedimanter kayaç numunelerinin ana-minör oksit içerikleri (%) (Deniz, 2019)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	BaO	TiO ₂	P ₂ O ₅	SrO	SO ₃	Ateş Kaybı
BK-1	54,08	24,72	3,35	0,31	2,06	0,77	8,31	0,03	1,03	1,24	0,19	0,004	0,011	3,72
BK-3	62,73	18,62	5,54	0,31	1,60	0,59	4,68	0,01	0,32	0,97	0,12	0,002	0,071	4,36
BK-8	54,00	13,92	4,74	8,82	1,44	0,45	4,63	0,09	0,46	0,65	0,10	0,026	0,957	8,67
TM-1	61,39	7,57	4,89	11,53	0,62	0,02	2,56	0,20	0,28	0,37	0,18	0,004	0,035	10,65
TM-3	56,44	5,05	1,30	16,95	0,29	0,80	1,15	0,06	2,68	0,31	0,09	0,055	1,553	13,75
AS-3	68,95	7,63	8,37	2,84	0,15	0,20	3,12	0,01	3,67	0,39	1,52	0,030	0,326	2,74
KP-5	24,45	2,11	1,63	39,32	0,19	0,85	0,23	0,25	0,41	0,10	0,05	0,030	0,196	30,54
BK-6	28,23	3,42	0,44	33,70	0,42	1,31	0,46	0,20	3,14	0,17	0,07	0,580	0,1969	26,31
KY-3	24,30	6,39	1,24	36,61	0,34	1,73	1,07	0,06	0,07	0,39	0,10	0,002	0,002	28,68
AS-4	24,49	6,07	1,64	35,21	0,54	0,99	1,57	0,16	1,04	0,37	0,17	0,040	0,254	28,15
BK-2	31,97	10,22	2,24	0,11	0,75	1,22	2,91	0,02	29,01	0,48	0,06	0,555	>10	2,40
BK-4	40,50	14,40	3,28	10,90	1,27	0,98	5,19	0,10	7,95	0,66	0,09	0,304	6,280	9,07
AS-1	35,12	7,69	1,50	0,59	0,08	0,18	3,62	0,05	32,18	0,36	0,43	0,186	>10	1,28
KP-2	1,55	0,06	0,14	15,75	0,08	0,07	0,04	0,05	44,19	0,01	0,03	0,817	>10	11,52
AKD-1	16,07	2,87	0,62	16,05	0,18	0,16	1,03	0,10	31,44	0,12	0,22	0,365	>10	12,14

Tablo 2. Sultandede Formasyonu'na ait metasedimanter kayaç numunelerinin iz element içerikleri (ppm) (Deniz, 2019)

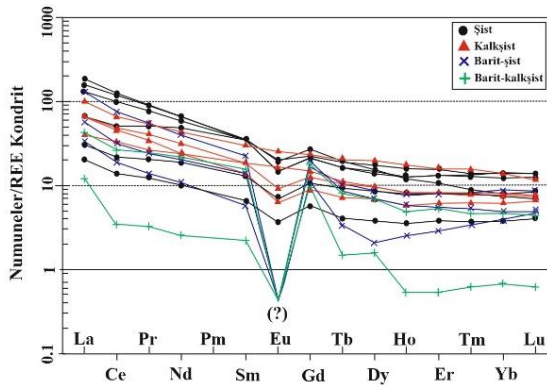
	Ba	Co	Ni	Nb	Rb	Sr	Th	V	Zr	Y	As	Cu	Pb	Zn
BK-1	10217	10,7	9,1	22,6	317,8	38,9	21,1	139	234,9	23,4	3,2	2,9	247,2	16
BK-3	3246	4,9	9,5	18,2	184,3	25,3	16,6	98	178,6	27,3	3,1	8,8	600,3	32
BK-8	4595	9,7	25,9	11,7	184,2	319,7	13,1	87	110,8	31,6	17,0	3,0	593,4	24
TM-1	2869	23,8	59,1	6,5	85,1	104,9	9,3	40	96,6	16,9	18,2	690,9	44,7	20
TM-3	25123	2,3	6,2	5,0	36,0	593,5	6,3	26	91,8	7,8	6,2	115,8	94,0	13
AS-3	34606	3,4	96,7	6,6	57,1	269,6	10,8	80	144,9	26,6	245,1	11,8	82,4	116
KP-5	4156	5,3	9,1	1,4	7,3	521,0	2,6	10	23,7	40,6	9,1	3,2	20,1	5
BK-6	29896	0,5	0,2	2,7	15,6	5573,8	3,8	16	46,8	20,1	0,6	1,4	73,8	7
KY-3	929	6,4	3,1	7,0	36,7	73,7	7,8	38	104,5	13,2	1,3	2,5	75,5	8
AS-4	10068	13,6	38,3	6,1	36,7	285,0	8,0	33	116,4	20,0	12,3	2,6	92,0	20
BK-2	>50000	11,5	11,4	8,9	102,9	4635,5	7,1	73	100,0	5,4	8,6	4,4	191,6	11
BK-4	>50000	29,2	37,1	11,5	136,8	2688,8	11,7	109	110,0	14,6	19,9	11,5	280,0	23
AS-1	>50000	41,9	42,5	6,8	64,7	1417,2	7,2	55	100,2	12,5	17,7	8,1	232,0	47
KP-2	>50000	<0,2	0,2	<0,1	0,4	6255,1	<0,2	<8	2,3	2,5	0,8	1,4	9,8	4
AKD-1	>50000	1,5	2,6	2,6	24,4	2976,7	3,6	19	41,1	13,2	10,9	80,3	11,6	6

Tablo 3. Sultandede Formasyonu'na ait metasedimanter kayaç numunelerinin nadir toprak element içerikleri (ppm) (Deniz, 2019)

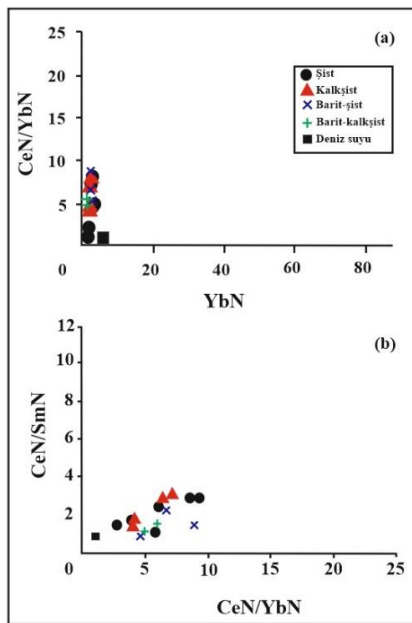
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
BK-1	56,9	101,3	11,01	39,1	6,80	1,09	5,48	0,78	4,43	0,89	2,75	0,43	2,90	0,45
BK-3	49,1	94,6	10,80	39,6	6,52	1,08	5,37	0,77	4,67	0,94	2,80	0,41	2,57	0,40
BK-8	40,9	78,9	9,28	34,9	6,65	1,47	5,76	0,89	5,59	1,12	3,26	0,45	2,93	0,44
AS-3	20,4	41,2	6,21	29,1	6,95	1,43	6,90	0,92	4,98	0,87	2,23	0,29	1,57	0,22
TM-1	9,6	17,7	2,51	11,3	2,56	0,52	2,73	0,44	2,78	0,58	1,74	0,27	1,69	0,27
TM-3	6,3	11,1	1,49	6,1	1,29	0,27	1,44	0,19	1,22	0,25	0,80	0,12	0,79	0,13
KY-3	21,3	36,7	4,17	14,6	2,64	0,46	2,28	0,34	2,17	0,41	1,28	0,20	1,27	0,21
AS-4	20,7	39,1	4,95	18,9	3,64	0,67	3,34	0,48	3,11	0,59	1,72	0,25	1,67	0,25
BK-6	12,6	26,5	3,19	14,2	3,57	1,19	3,84	0,52	3,12	0,60	1,73	0,27	1,58	0,23
KP-5	30,7	52,7	6,54	25,8	5,79	1,85	6,04	0,96	6,30	1,26	3,29	0,50	2,90	0,38
BK-2	10,2	15,4	1,72	6,5	1,14	0,02	2,89	0,16	0,67	0,18	0,60	0,11	0,82	0,15
BK-4	40,1	60,1	6,70	24,5	4,38	-	4,32	0,49	2,75	0,55	1,67	0,27	1,83	0,28
AS-1	17,6	25,7	2,92	12,0	2,70	-	5,02	0,41	2,23	0,42	1,16	0,17	1,02	0,16
KP-2	3,7	2,7	0,39	1,5	0,43	-	2,54	0,07	0,50	0,04	0,11	0,02	0,14	0,02
AKD-1	13,3	21,8	3,01	12,9	3,05	-	4,70	0,38	2,20	0,35	1,12	0,15	0,98	0,14

Tablo 4. Sultandede Formasyonu'na ait metasedimanter kayaç numunelerinin nadir toprak element oranları (ppm)

	REE	LREE	HREE	LREE/HREE	Eu/Eu*	Ce/Ce*	CeN/SmN	CeN/YbN	YbN	LaN/YbN
BK-1	234,31	216,2	18,11	11,94	0,55	0,97	3,60	9,04	13,88	13,23
BK-3	219,63	201,7	17,93	11,25	0,56	0,99	3,50	9,52	12,30	12,88
BK-8	192,54	172,1	20,44	8,42	0,73	0,97	2,86	6,97	14,02	9,41
AS-3	123,28	105,3	17,98	5,86	0,63	0,88	1,43	6,79	7,51	8,76
TM-1	54,70	44,2	10,5	4,21	0,60	0,87	1,67	2,71	8,09	3,83
TM-3	31,54	26,6	4,94	5,38	0,61	0,87	2,08	3,63	3,78	5,38
KY-3	88,06	79,9	8,16	9,79	0,57	0,94	3,35	7,47	6,08	11,31
AS-4	99,41	88,0	11,41	7,71	0,59	0,93	2,59	6,06	7,99	8,36
BK-6	73,19	61,3	11,89	5,16	0,98	1,01	1,79	4,34	7,56	5,38
KP-5	145,03	123,4	21,63	5,71	0,96	0,90	2,20	4,70	13,88	7,14
BK-2	40,58	35,0	5,58	6,27	-	0,88	3,26	4,86	3,92	8,39
BK-4	147,96	135,8	12,16	11,17	-	0,88	3,31	8,49	8,76	14,77
AS-1	71,49	60,9	10,59	5,75	-	0,86	2,30	6,52	4,88	11,63
KP-2	12,14	8,7	3,44	2,53	-	0,54	1,52	4,99	0,67	17,82
AKD-1	64,12	54,1	10,02	5,40	-	0,83	1,72	5,75	4,69	9,15



Şekil 6. İncelenen metasedimanter kayaç numunelerinin kondrite göre normalize edilmiş NTE dağılım diyagramı (Boynton, 1984'den değiştirilerek).



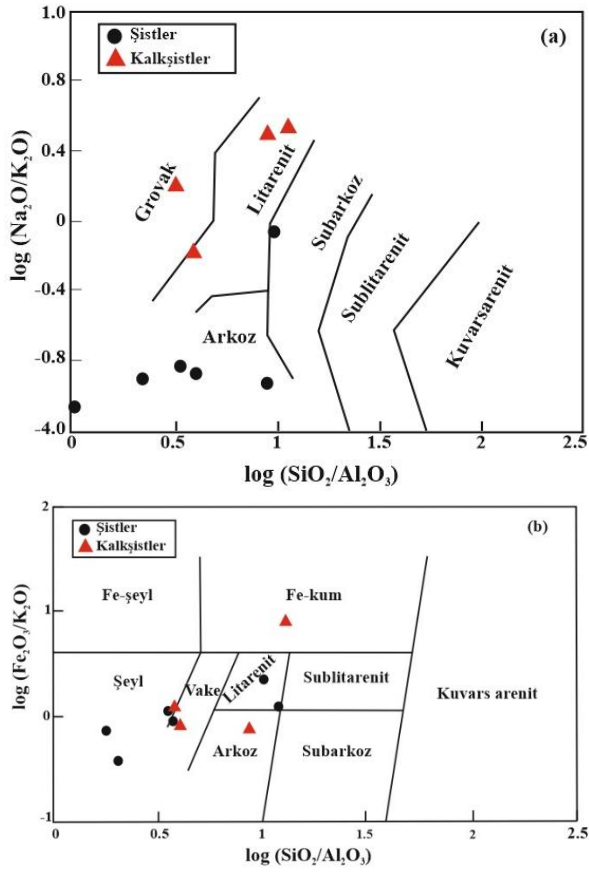
Şekil 7. İncelenen metasedimanter kayaç numunelerinin normalize edilmiş a) CeN/YbN - YbN ve b) CeN/SmN - CeN/YbN diyagramı.

5. Tartışma

Erken Paleozoik yaşlı Çaltepe ve Seydişehir Formasyonları, Türkiye'nin güneyinde Toros Kuşağı boyunca birçok bölgede, Sultandağı-Konya (Eren, 1990), Hadim-Konya, Anamur ve Silifke ilçeleri arasındaki alan (Turan, 2000), Tufanbeyli-Attepe-Adana (Özgül vd., 1973; Küpeli, 2010) ve Amanos Dağı-İskenderun ve Güneydoğu Anadolu'da Pembegül-Tut-Adıyaman ve Derik-Mardin (Ketin, 1966) bölgelerinde varlığı bilinmektedir. Seydişehir Formasyonu metapelitik kayaçların kuvars fillit ve kalkerli metafillit içerdiği, metapsamitlerinde metakumtaşı-metasilttaşı içerdiği, ayrıca bu kayaçların birincil dokusunun orijinal parçaların çözünmesi, taze tanelerin parçalanması ve metamorfizma sırasında basınç çözeltisi ve yeniden kristalleşme süreçleri tarafından yok edildiği belirtilmiştir (Karadağ, 2014). Bu çalışmada metamorfik kayalar sleyt, fillit, metakumtaşı ve kalkşist, muskovit-serizit-kuvars şist bileşimindedir. Ayrıca, metasedimentlerin çok düşük derecede metamorfizmaya uğradığı, metamorfizmadan ve tektonizmadan kaynaklanan basınç ve rekristalize süreçlerinden dolayı kısmen birincil dokuların silindiği ve ayrışmadan dolayı opak mineral oluşumunun varlığı petrografik analizler sonucunda gözlenmiştir. İllit kristalinitesi ve bu değerlerinin sonucuna göre Çelik vd. (1991) Çaltepe bölgesindeki Seydişehir Formasyonu'nun epimetamorfik-ankimetamorfik koşullar altında metamorfize olduğunu, Bozkaya vd. (2006) da Sandıklı-Afyon bölgesinde yüksek ankizonal ile epizonal koşullar altında metamorfize olduğunu ortaya koymuştur.

5.1. Sınıflandırma

Sultandede Formasyonu metasedimanter kayaç numunelerinin $SiO_2/Al_2O_3-Na_2O/K_2O$ (Pettijohn vd., 1972; Herron, 1988) ve Fe_2O_3/K_2O (Herron, 1988) oranlarının logaritmasının alınarak sınıflama diyagramları oluşturulmuştur (Şekil 8).



Şekil 8. İncelenen metasedimanter kayaç numunelerinin jeokimyasal sınıflaması a) $\log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ - $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ diyagramı (Pettijohn vd., 1972; Herron, 1988'den değiştirilerek), b) $\log(\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O})$ - $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$ diyagramı (Herron, 1988'den değiştirilerek).

Şekil 8a'daki diyagramlara göre, şistlerin çoğunluğu arkoz, bir tanesi subarkoz alanına düşerken, kalkşistler grovack ve litarenit alanına düşmekte, Şekil 8b'de şistler şeyl ve litarenit, kalkşistler şeyl, vake, arkoz ve Fe-kum alanında görülmektedir.

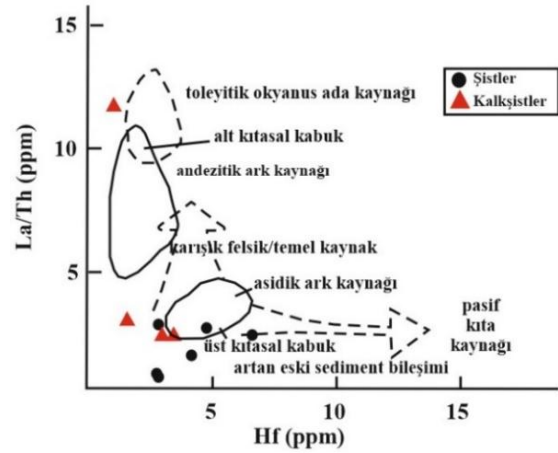
Şengün (2023) Biga Yarımadasındaki Örenli metasedimanter kayaçlarının $\log\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\log\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ diyagramında grovack alanında olduğunu belirtmiştir. $\log\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\log \text{Fe}_2\text{O}_3/\text{K}_2\text{O}$ diyagramı kullanılarak Kuzey Çin'de yer alan Lüliang kompleksi içerisindeki Yuanjiacun formasyonu metasedimanter kayaçları arkoz, şeyl, vake ve Fe-şeyl (Wang vd., 2015), Konya-Seydişehir metasedimanter kayaçları da şeyl, vake, arkoz, litarenit, subarkoz, sublitenit, Fe-şeyl ve Fe-kum (Karadağ, 2014) alanlarına düşmektedir.

5.2. Kaynak Kayaç

Sultandede Formasyonu metasedimanter kayaç numunelerinin major element içerikleri kullanılarak yapılan ayırım fonksiyon diyagramında (Roser ve Korsch, 1988), şistler kuvarsoz sedimanter, felsik magmatik ve ortaç magmatik kökende, kalkşistler ise ortaç magmatik köken alanındadır. Ayırım diyagramında Şengün (2023), Ören şist örneklerinin ortaç magmatik kaynaktan felsik magmatik kaynağa doğru geçiş gösterdiğini, Wang vd.

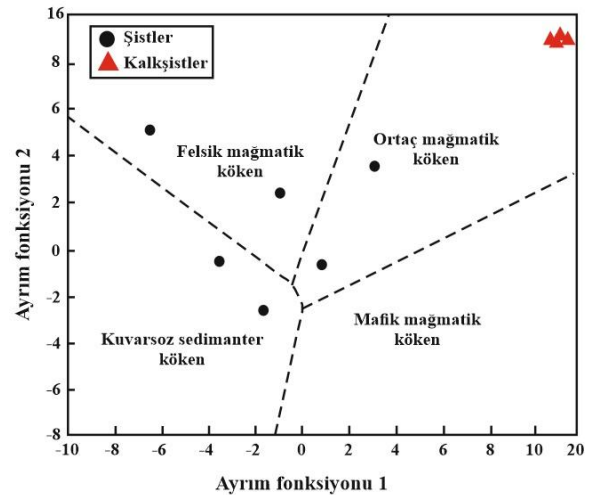
(2015), metasedimanter kayaçların çoğunlukla magmatik kaynaklardan çok az katkı ile önceden var olan bir tortul mostradan türediğini belirtmiştir.

La/Th ve Hf grafiğinde (Şekil 9), Sultandede Formasyonuna ait şist ve kalkşist kayaç numunelerinden gelen tüm veriler, felsik ve geri dönüştürülmüş eski tortul kaynaklar arasında farklı oranlarda bir karışıma sahip olduğunu ve üst kıtasal kabuk eğilimli olduğunu göstermektedir. Yuanjiacun Formasyonu'na ait metasedimanter kayaçların kaynağı benzerlik gösterse de örnekler alt kıtasal kabuğa doğru eğilimlidir (Wang vd. 2015). Karadağ (2014) La/Th ve Hf diyagramına göre Seydişehir metaklastik kayaçları için felsik ve ortaç kaynak kayaçlarının bir karışımı olduğunu belirtmiştir.



Şekil 9. Metasedimanter kayaçları için kaynak kayaç ayırım diyagramları (La/Th ve Hf) (Floyd ve Leveridge, 1987'den değiştirilerek)

Metasedimanter kayaçların kökenini belirlemek için ayırım fonksiyon diyagramı (Roser ve Korsch, 1988) kullanılmıştır (Şekil 10).



Şekil 10. Sultandede metasedimanter kayaçları için ayırım fonksiyon diyagramı (Roser ve Korsch, 1988'den değiştirilerek).

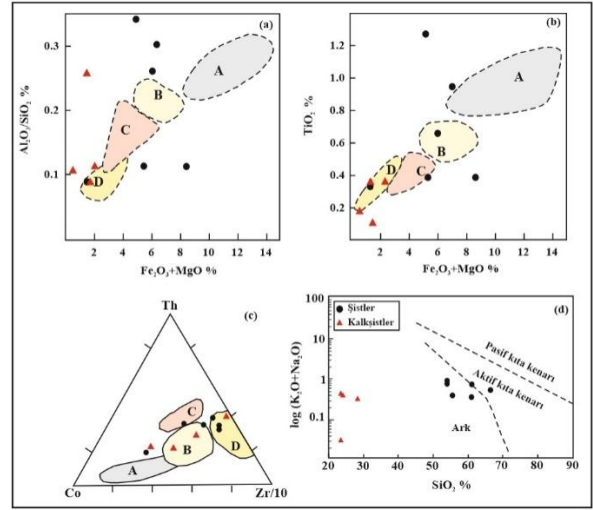
Şistler kuvarsoz sedimanter, felsik ve ortaç magmatik kaynaktan, kalkşist örnekleri ise ortaç magmatik kaynaktan

alanındadır. Bu sonuç metasedimanterlerin çoğunlukla mağmatik kaynaklardan türediği ve bir kısmında geri dönüştürülmüş önceden var olan sedimanter kaynaktan türediğini gösterir. Şengün (2023), kaynağının felsik ve mafik kaynağın karşımı olduğunu, Wang vd. (2015), ise metasedimanterlerin bazılarının sedimanter alanlardan bazılarının da mağmatik kaynaktan türediğini belirtmiştir.

Sultandede Formasyonu'na ait metasedimanter kayaç numunelerinin NTE içeriklerinden elde edilen Kondrite göre normalize edilmiş NTE dağılım desenlerinde HNTE'in zenginleştiği gözlenmiştir. Bunun yanında, negatif Eu ve Ce anomalileri ve pozitif Gd anomalisi de görülmektedir. Bu durum metasedimanter kayaçların felsik, tortullaşma sonrası olduğu ve kıta kenarı rejimini karakterize ettiğini göstermektedir. Barit cevherleşmesinin yan kayacı olması sebebiyle de pozitif Gd anomalisi göstermesi muhtemeldir. Eu anomalilerinin genellikle kaynak kayadan geldiği, Ce anomalilerinin ise tortullaşma sonrası olduğu öne sürülmüştür (McLennan, 1989). Belirgin Eu anomalileri, plajiyoklaz zenginleşmesini (Taylor ve McLennan, 1985), üst kıtasal kabuk ortamından gelen bir felsik kaynağı ve şiddetli bir aşınma (ve geri dönüşüm) (Bhai vd., 2015) olduğunu göstermektedir. Düşük Ce anomalileri ile ($Ce/Ce^* \sim 0.29$), okyanus havzası tabanı ortamından gelenler iyi gelişmiş ancak daha az aşırı Ce anomalileri ile ($Ce/Ce^* \sim 0.55$) ve kıta kenarı rejimlerinden gelenler hiç veya hafif anomalilerle ($Ce/Ce^* \sim 0.90$ ila 1.30) karakterize edilir (Murray vd., 1990). Elderfield ve Pagett (1986), oksik diyajenez geçiren derin okyanus sedimanlarının çekirdeklerinde negatif Ce anomalisi tespit etmiştir. Gd anomalilerinin modern okyanus barit oluşumlarında (Griffith ve Paytan, 2012), soğuk sızıntı karbonatlarında (Ge vd., 2010) ve karbonatlarda (Jurković vd., 2010; Zarasvandi vd., 2014) varolabileceği belirtilmiştir. NTE bolluğu ayrıca tortul kayaçların kaynağını çıkarmak için de kullanılmıştır (McLennan vd., 1993). Genellikle, mafik kayaçlar düşük HNTE/ANTE oranları ve Eu anomalileri içermezken, felsik kayaçlar genellikle daha yüksek HNTE/ANTE oranları ve negatif Eu anomalileri içerir (Taylor ve McLennan, 1985; Roddaz vd., 2006).

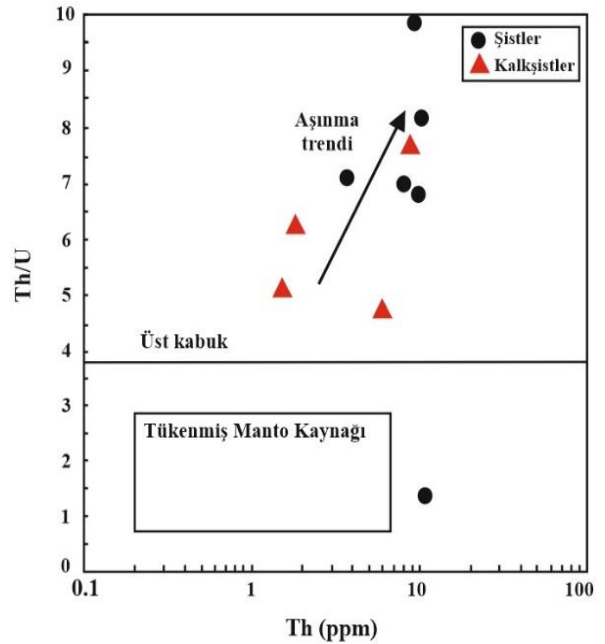
5.3. Tektonik Yerleşim

Sedimanter ve metasedimanter kayaçların bileşimi farklı tektonik ortamlarda çeşitlilik göstermesi sebebiyle TiO_2 ve $(Al_2O_3/SiO_2)-(Fe_2O_3+MgO)$, $\log(K_2O+Na_2O)-SiO_2$ ve Th-Co-Zr/10 diyagramları tektonik ortamları ayırt etmek için kullanılmaktadır (Şekil 11) (Bhatia ve Crook, 1986; Roser ve Korsch, 1988; Bhatia, 1983; McLennan, 2001). Bu çalışmada numunelerin çoğunluğu pasif kıta kenarı, aktif kıta kenarı ve kıtasal ada yayında (Şekil 11a-c), geneli de yay alanında (Şekil 11d) gözlenmiştir. Metasedimanter kayaçların tektonik ortamı için kullanılan diyagramlarda Şengün (2023) pasif kıta kenarı ve okyanusal ada yayı, Wang vd. (2015) pasif kıta kenarı ve kıtasal ada yayı, kıtasal ada yayı, pasif ve aktif kıta kenarı, Karadağ (2014) ve Augustsson ve Bahlburg (2008) kıtasal ada yayı, pasif ve aktif kıta kenarı tektonik ortamı olduğunu ileri sürmüşlerdir.



Şekil 11. Sultandede Formasyonuna ait metasedimanter kayaç numunelerinin major ve iz element içeriklerine göre tektonik ortam ayırma diyagramları, a-b) Bhatia (1983'den değiştirilerek); c) Bhatia and Crook (1986'dan değiştirilerek); d) Roser and Korsch, (1988'den değiştirilerek). (A- Okyanus ada yayı, B-Kıtasal ada yayı, C-Aktif kıta kenarı, D-Pasif kıta kenarı).

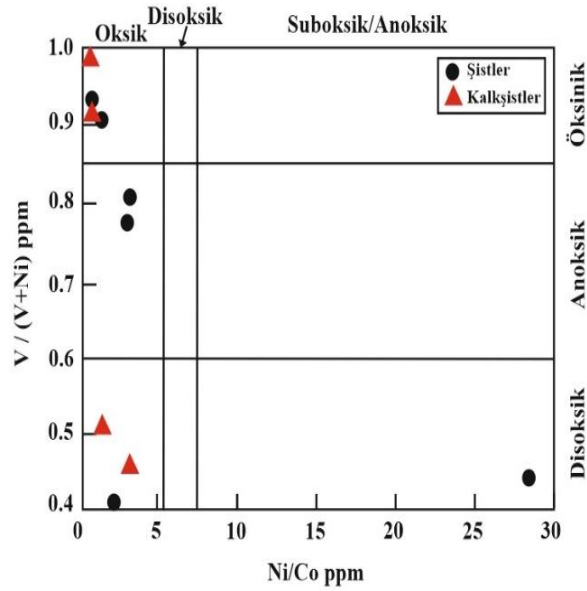
Şist ve kalkıştillerin Th/U değerleri 1,48 ile 11,14 arasında ve ortalama değeri 6,87'dir. Örnekler üst kabuk değerinden daha yüksek Th/U oranlarına sahip olduğunu ve önceki aşınma eğilimini takip ettiğini ortaya koymaktadır (Şekil 12), bu da metasedimanter kayaçların yoğun aşınmaya uğradığını göstermektedir. Bu veriler Wang vd. (2015)'in inceledikleri Yuanjiacun formasyonu metasedimanterleri ile benzer sonuçlar göstermektedir.



Şekil 12. Metasedimanterlerin Th/U ve Th tektonik ortam diyagramı (McLennan vd., 1993'den değiştirilerek)

Çoğu üst kabuk kayası için Th/U genellikle yaklaşık 3,5 ile 4,0'dır. Genellikle, oksitleyici koşullar altında aşınma ve tortul geri dönüşümü genellikle U^{4+} 'nin U^{6+} 'ye oksidasyonu ile sonuçlanır ve U^{6+} daha çözündür. Çökeltme sırasında çözünme ve kayıp birbirini takip eder, böylece Th/U oranı yükselir (McLennan vd., 1980; McLennan vd., 1993).

Şist ve kalkıştillerin Ni/Co değerleri 0,40 ile 2,82 arasında, şistlerin bir numunesi de 28.47 değerindedir. Metasedimanter kayaç örneklerinin Ni/Co ve $V/(V + Ni)$ diyagramına göre Ni/Co oranları oksik ortamları, $V/(V + Ni)$ oranları da şistler için disoksik, anoksik ve öksinik, kalkıştiller için ise disoksik ve öksinik koşulları göstermektedir (Şekil 13).



Şekil 13. Sultandede metasedimanter kayaç numunelerinin Ni/Co ve $V/(V + Ni)$ ikili diyagramı (Rimmer, 2004'den değiştirilerek). ($V/(V + Ni)$ aralıkları Hatch ve Leventhal (1992)'dan alınmıştır)

Jones ve Manning (1994), 5'in altındaki Ni/Co oranlarının oksik ortamları, 5'in üzerindeki oranların ise suboksik ve anoksik ortamları, $V/(V + Ni)$ oranlarının da 0,84'ten büyük öksinik koşulları, 0,54-0,82 anoksik koşulları ve 0,46-0,60 disoksik koşulları gösterdiğini öne sürmüşlerdir. Mir (2015), Doğu Hindistan, Singhbhum mobil kuşağındaki Neo-Arkeyen sonrası şistlerin Ni/Co ve $V/(V + Ni)$ oranladığında anoksik ile öksinik redoks koşullarını yansıttığını, Xu vd. (2012) ise Güney Çin'deki Alt Kambriyen siyah şeyllerin çoğunluğunun öksinik koşullara ait olduğunu ve bu durumda yüksek Ni/Co oranlarına yansıdığını belirtmişlerdir.

5. Sonuç

Orta Toroslar'da Geyikdağı Birliği içerisindeki çok düşük dereceli metamorfizma geçiren Sultandede Formasyonu metamorfik kayaçlarının kökenini, kaynak kayasını ve tektonik ortam koşullarına göre yerleşimini ortaya koymak amacıyla petrografik ve ana oksit, iz element ve

nadir toprak elementi analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

- Arazi gözlemlerine ve petrografik incelemelerin sonucuna göre metamorfik kayaların sleyt, fillit, metakumtaşı, metakarbonatlar, yumrulu metakireçtaşı ve kalkıştiller, muskovit-serizit-kuvars şist, metakuvarsit ve mermer bileşiminde olduğu saptanmıştır. Şist numunelerinin petrografik incelemesi sonucu bu kayaların genel olarak muskovit, serizit, kuvars, barit, opak mineral ve demiroksit ayrışma mineralleri içerdiği, kalkıştillerin de kalsit, kuvars, barit, serizit, muskovit ve limonit kapsadığı tespit edilmiştir.

- Sultandede Formasyonu metasedimanter kayaçların jeokimyasal sınıflamalarının sonucunda; şistlerin arkoz-subarkoz, şeyl ve litarenit bileşiminde, kalkıştillerin grovak, litarenit, şeyl, vake, arkoz ve Fe-kum bileşiminde olduğu belirlenmiştir.

- Kondrite göre normalize edilmiş NTE dağılım desenlerinde Sultandede metamorfik kayaçlarında hafif nadir toprak elementlerinden (HNTE) ağır nadir toprak elementlerine (ANTE) doğru bir azalma ve HNTE'ler ANTE'lere göre göreceli olarak zenginleşme göstermektedir. Eu ($Eu/Eu^* = 0,55-0,98$) ve Ce da belirgin negatif anomali ve pozitif Gd anomali gözlenmiştir. Metasedimanter kayaçların felsik, tortullaşma sonrası oluştuğu ve kıta kenar rejimini karakterize ettiği tespit edilmiştir.

- Kaynak kayaç diyagramlarına göre (La/Th ve Hf) şist ve kalkıştillerden gelen tüm veriler, felsik ve ortaç magmatik kaynakların geri dönüştürülmüş yaşlı tortul kaynaklar arasında farklı oranlarda bir karışıma işaret ettiğini ve üst kıtasal kabuk eğilimi gösterdiğini belirtmektedir.

- Sultandede Formasyonundan alınan şist ve kalkıştiller numunelerinin ortalama Th/U değeri 6,87 olup, üst kabuk değerinden (3,82) daha yüksektir. Bu değer, önceki aşınma eğilimini takip ettiğini ve metasedimanterlerin yoğun aşınmaya maruz kaldığına işaret etmektedir. Ni/Co oranlarına göre incelenen metasedimanter kayaçların oksik ortamda ve $V/(V + Ni)$ oranlarına göre de disoksik, anoksik ve öksinik koşullarına göre çökelmiş olduğu düşünülmektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	O.C	A.S.D	D.K
K	50	25	25
T	40	20	40
Y	40	20	40
VTI	35	30	35
VAY	40	20	40
KT	40	30	30
YZ	35	30	35
KI	30	30	40
GR	40	20	40
PY	40	30	30
FA	40	40	20

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışma, ikinci yazarın yüksek lisans tezinin bir kısmına ait verilerden yararlanılarak üretilmiştir. Yazarlar bu çalışmayı 4495-YL2-15 No'lu proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkürlerini sunarlar. Ayrıca, saha çalışmaları sırasında maddi ve manevi desteklerinden dolayı ADO Madencilik A.Ş. personellerine teşekkür ederler.

Kaynaklar

Augustsson C, Bahlburg H. 2008. Provenance of late Palaeozoic metasediments of the Patagonian proto-Pacific margin (southernmost Chile and Argentina). *Inter J Earth Sci*, 97: 71-88.

Ayhan A, Karadağ MM. 1985. Geology and origin of bauxitic iron and ferruginous bauxite deposits in the south of Şarkikaraağaç, (Isparta). *Geol Bull Turk*, 28: 137-146.

Ayhan A. 1986. Hüyük (Beyşehir) Yöresinin Alt-Orta Kambriyen Yaşlı Birimlerde Bulunan Barit Zuhurlarının Özellikleri. *Selçuk Üni Müh-Mim Fak Derg*, 1: 1-17.

Bhai Y, Liu Z, Sun P, Liu R, Hu X, Zhao H, Xu Y. 2015. Rare earth and major element geochemistry of Eocene fine-grained sediments in oil shale-and coal-bearing layers of the Meihe Basin, Northeast China. *J Asian Earth Sci*, 97: 89-101.

Bhatia MR, Crook KA. 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of

sedimentary basins. *Contributions to Miner and Petrol*, 92(2): 181-193.

Bhatia MR. 1983. Plate tectonics and geochemical composition of sandstones. *The J Geol*, 91(6): 611-627.

Blumenthal MM. 1947. Beyşehir-Seydişehir hinterlandındaki Toros dağlarının jeolojisi. *Miner Resource and Explor Pub, Series D*, 2: 1-242.

Boynton WV. 1984. Cosmochemistry of the rare earth elements: Meteorite studies. Chapter 3. *Dev. Geochem* 2: 63-114.

Bozkaya O, Gürsu S, Göcüoğlu MC. 2006. Textural and mineralogical evidence for a Cadomian tectonothermal event in the eastern Mediterranean (Sandıklı-Afyon area, western Taurides, Türkiye). *Gondwana Res*, 1: 301-315.

Cengiz O, Kuşcu M. 1993. Çarıkarsaraylar (Şarkikaraağaç-Isparta) Kuzeyinin Jeolojisi ve Kurşunlu Barit Yatakları. *TJK Bült*, 36: 63-74.

Cengiz O, Kuşcu M. 2002. Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük (Konya) Arasındaki Barit Yataklarının Jeokimyasal Özellikleri ve Kökeni. *MTA Derg*, 123-124: 67-89.

Cengiz O. 1991. Çarıkarsaraylar (Şarkikaraağaç-Isparta) Kuzeyinin Jeolojisi ve Kurşunlu Barit Yatakları. *Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üni, Fen Bil Enst, Isparta*, ss:75.

Cengiz O. 1997. Şarkikaraağaç (Isparta) ile Hüyük-Doğanhisar (Konya) Arasındaki Barit Yatakları ve Oluşumu. *Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üni, Fen Bil Enst, Isparta*, ss: 317.

Condie KC, Noll Jr, PD, Conway CM. 1992. Geochemical and detrital mode evidence for two sources of Early Proterozoic sedimentary rocks from the Tonto Basin Supergroup, Central Arizona. *Sed Geol*, 77(1-2): 51-76.

Cullers RL, Stone J. 1991. Chemical and mineralogical comparison of the Pennsylvanian Fountain Formation, Colorado, USA (an uplifted continental block) to sedimentary rocks from other tectonic environments. *Lith*, 27(2): 115-131.

Cullers RL. 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies. *Lith*, 51(3): 181-203.

Çelik M, Karakaya N, Turan A. 1991. Metamorphism and mineralogical characteristics of Paleozoic aged clays: south and southwest of Konya. In: Zor, M. (Ed.), *Fourth National Clay Symposium, Proceedings* 62-73 (in Turkish with English abstract).

Dean VT, Monod O. 1970. The Lower Paleozoic Stratigraphy and Faunas of the Taurus Mountains Near Beyşehir, Türkiye. I. *Stratigraph Bull Brit Mus Nat Hist Geol*. 19(8): 411-426.

Dean WT, Özgül N. 1979. Orta Toroslar'da Çaltepe Formasyonunun Bağbaşı (Hadım-Konya) Yöresindeki Yüzeylemesinde Bulunan Orta Kambriyen Trilobitleri. *MTA Derg*, 92:1-7.

Dean WT, Özgül N. 1994. Cambrian rocks and faunas, Hüdaı area, Tauride Mountains, southwestern Türkiye. *Bulletin dei 'Institut Royal Des Scienes Naturelles de Beigique, Sci de la Terra*, 64: 5-20.

Demirkol C, Sipahi H. 1979. Bağkonak-Çimendere-Muratdağı (Isparta) Yöresinin Jeolojisi. *Jeo Müh*, 7: 29-36.

Demirkol C. 1977. Yalvaç-Akşehir Dolayının Jeolojisi. S.Ü. Jeoloji Bölümü, Doçentlik Tezi, Konya Selçuk Üniversitesi, Yerbilimleri Bölümü (Yayınlanmamış).

Deniz AS. 2019. Dinek (Şarkikaraağaç-Isparta) Bölgesindeki Barit Cevherinin ve Yan Kayaçlarının Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üni, Fen Bil Enst, Isparta*, ss: 81.

Desparrizois A, Gutnic M. 1972. Les Gresrouges au Sommet du Paleozoique du Masif du Sultan Dağ et Les Niveaux (North-East du Taurus Occidentale, Turquie) Aanalyses Chimi Gues

- et Mineralogie Ques Signification Paleogeographie. Bull de La Soc Geol de France Ser (7) tem XII, 3: 505-514.
- Dickinson WR, Saczek CA. 1979. Plate tectonics and sandstone compositions. AAPG Bull, 63(12): 2164-2182.
- Dostal J, Keppie JD. 2009. Geochemistry of low-grade clastic rocks in the Acatlán Complex of southern Mexico: Evidence for local provenance in felsic-intermediate igneous rocks. Sed Geol, 222(3-4): 241-253.
- Elderfield H, Pagett R. 1986. Rare earth elements in ichthyoliths: variations with redox conditions and depositional environment. Sci the Tot Envir, 49: 175-197.
- Elmas N, Kumral M, Süner F, Taşdelen S. 2012. Stratiform barite deposits hosted in metamorphic assemblages of Dinek and surrounding regions, Isparta, Türkiye. J Asian Earth Sci, 48: 150-159.
- Erdoğan B, Uchman A, Güngör T, Özgül N. 2004. Lithostratigraphy of the Lower Cambrian metaclastics and their age based on trace fossils in the Sandıklı region, southwestern Türkiye. Geob, 37: 346-360.
- Eren Y. 1990. Tectonic features of the Sultandagları Massif between Engili(Aksehir) and Bagkonak villages. Geol Bull Turk, 1: 39-51.
- Floyd PA, Leveridge BE. 1987. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. J Geol Soc, 144(4): 531-542.
- Ge C, Shi L, Yang H, Tang S. 2010. Nonisothermal melt crystallization kinetics of poly (ethylene terephthalate)/barite nanocomposites. Polymer Comp, 31(9): 1504-1514.
- Ghienne JF, Le Heron DP, Moreau J, Denis M, Deynoux M. 2007. The Late Ordovician glacial sedimentary system of the North Gondwana platform. Glacial Sed Proc Prod, 295-319.
- Ghienne JF, Monod O, Kozlu H, Dean WT. 2010. Cambrian-Ordovician depositional sequences in the Middle East: a perspective from Türkiye. Earth-Sci Rev, 101(3-4): 101-146.
- Göncüoğlu MC, Göncüoğlu Y, Kozlu H, Kozur H. 2004. Geological evolution of the Taurides during the infra-Cambrian to Carboniferous period: a Gondwana perspective based on new biostratigraphic findings. Geol Carp, 55: 433-447.
- Göncüoğlu MC, Kozlu, H. 2000. Early Paleozoic evolution of the NW Gondwanaland: data from southern Türkiye and surrounding regions. Gondwana Res, 3(3): 315-324.
- Gonzales-Inca C, Valkama, Lill, JO, Slotte J, Hietaharju E, Uusitalo R. 2018. Spatial modeling of sediment transfers and identification of sediment sources during snowmelt in an agricultural watershed in boreal climate. Sci the Tot Envir, 612: 303-312.
- Griffith EM, Paytan A. 2012. Barite in the ocean—occurrence, geochemistry and palae oceanographic applications. Sed, 59 (6): 1817-1835.
- Guo Y, Li C, Wang C, Xu J, Jin C, Yang S. 2021. Sediment routing and anthropogenic impact in the Huanghe River catchment, China: An investigation using Nd isotopes of river sediments. Water Resources Res, 57(9): e2020WR028444.
- Gürsu S, Göncüoğlu MC, Bayhan H. 2004. Geology and petrology of the Pre-Middle Cambrian rocks in Sandıklı area: implications for the Pan-African evolution in NW Gondwanaland. Gondwana Res, 7(4): 923-935.
- Gürsu S. 2002. İç Batı Anadolu (GB Afyon) bölgesindeki Pre-Paleozoyik magmatik kayaçların jeolojisi ve petrojenezisi. Doktora Tezi, Hacettepe Üni, 1-204
- Hara H, Kunii M, Hisada KI, Ueno K, Kamata Y, Srichan W, Charusiri P, Charoentitirat T, Watarai M, Adachi Y, Kurihara T. 2012. Petrography and geochemistry of clastic rocks within the Inthanon zone, northern Thailand: implications for Paleotethys subduction and convergence. J Asian Earth Sci, 61: 2-15.
- Hatch JR, Leventhal JS. 1992. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. Chem Geol, 99(1-3), 65-82.
- Herron MM. 1988. Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data. J Sed Res, 58(5): 820-829.
- Hifzurrahman Nasipuri P, Joshi KB. 2023. Geochemistry of Jutogh Metasediments, Lesser Himalaya, India, and their implications in source area weathering, provenance, and tectonic setting during Paleoproterozoic Nuna Assembly. J Geol Soc India, 99(7): 897-905.
- Jones B, Manning DA. 1994. Comparison of geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. Chem Geol, 111(1-4): 111-129.
- Jurković I, Garašić V, Hrvatović H. 2010. Geochemical characteristics of the barite occurrences in the Paleozoic complex of the Southeastern Bosnia and their relationship to the barite deposits of the Mid-Bosnian Schist Mountains. Geol Croatica, 63(2): 241-258.
- Karadağ MM, Küpeli S, Arık F, Ayhan A, Zedef, V, Döyen A. 2009. Rare earth element (REE) geochemistry and genetic implications of the Mortas-bauxite deposit (Seydişehir/Konya-Southern Türkiye). Chem der Erde, 69: 143-159.
- Karadağ MM. 1987. Geological, petrographical and geochemical investigations of Seydişehir region bauxites. Institute of the Naturel and Applied Sciences. Ph.D. Dissertation Thesis, Konya, Türkiye, p. 265 (unpublished).
- Karadağ MM. 2014. Geochemistry, provenance and tectonic setting of the Late Cambrian-Early Ordovician Seydişehir Formation in the Çaltepe and Fele areas, SE Türkiye. Geochem, 74(2): 205-224.
- Ketin I. 1966. Cambrian outcrops in southeastern Türkiye and their comparison with the Cambrian of east Iran. Bull. Miner Resource and Explor Institute, 66: 77-89.
- Kozlu H, Göncüoğlu MC, Sarmiento G, Gül MA. 2002. Mid-Ordovician (Late Darriwilian) conodonts from the southern-central Taurides, Türkiye: geological implications. Turk J Earth Sci, 11: 113-126.
- Küpeli S. 2010. Trace and rare-earth element behaviors during alteration and mineralization in the Attepe iron deposits (Feke-Adana, southern Türkiye). J Geochem Explor, 105: 51-74.
- Marsaglia KM, Latter KK. 2003. The recycled orogenic sand provenance from an uplifted thrust belt, Betic Cordillera, Southern Spain. J Sed Res, 73 (1): 72-81.
- McLennan SM, Hemming S, McDaniel DK, Hanson GN. 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics. In: Johnsson, M.J., Basu, A, editors. Processes controlling the composition of clastic sediment. Geol Soc America, USA, pp 284.
- McLennan SM, Nance WB, Taylor SR. 1980. Rare earth element-thorium correlations in sedimentary rocks, and the composition of the continental crust. Geochim et Cosmochim Acta, 44(11): 1833-1839.
- McLennan SM. 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes. Rev Miner 21: 170-199
- McLennan SM. 2001. Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochem, Geophy, Geosys, 2(4).
- Mendes AM, Golden N, Bermejo R, Morrison L. 2021.

- Distribution and abundance of microplastics in coastal sediments depends on grain size and distance from sources. *Marine Poll Bull*, 172: 112802.
- Mir AR. 2015. Rare earth element geochemistry of Post-to Neoproterozoic shales from Singhbhum mobile belt, Eastern India: implications for tectonic setting and paleo-oxidation conditions. *Chinese J Geochem*, 34: 401-409.
- Murray RW, Buchholtz ten Brink MR, Jones DL, Gerlach DC, Russ III GP. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale. *Geol*, 18(3): 268-271.
- Nesbitt HW, Young GM. 1984. Prediction of some weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochim et Cosmochim Acta*, 48(7):1523-1534.
- Nesbitt HW, Young GM. 1996. Petrogenesis of sediments in the absence of chemical weathering: effects of abrasion and sorting on bulk composition and mineralogy. *Sed*, 43: 341-358.
- Özgül N, Gedik İ. 1973. Orta Toroslarda Alt Paleozoyik Yaşta Çaltepe Kireçtaşı ve Seydişehir Formasyonunun Stratigrafisi ve Konodont Faunası Hakkında Yeni Bilgiler. *TJK Bült*, 16(2): 39-52.
- Özgül N, Metin S, Erdogan B, Göger E, Bingöl I, Baydar O. 1973. Cambrian-Tertiary rocks of the Tufanbeyli region, eastern Taurus, Türkiye. *Bull the Geol Soc Turck*, 1:82-100.
- Özgül N. 1976. Toroslar'ın Bazı Temel Jeoloji Özellikleri. *TJK Bült* 19: 65-78.
- Özgül N. 1984. Alanya Tektonik Penceresi ve Batı Kesiminin Jeolojisi, Ketin Sempozyumu. *Türk Jeol Kur*, 97-120.
- Özgül N. 1997. Bozkır-Hadim-Taşkent (Orta Torosların Kuzey Kesimi) Dolayında Yeralan Tektono-Stratigrafik Birliklerin Stratigrafisi, *MTA Derg*, 119: 113-174.
- Öztürk EM, Dalkılıç H, Ergin A, Avşar ÖP. 1981. Sultandağı Güneydoğusu ile Anamasdağı Dolayının Jeolojisi. *MTA Raporu*, No: 8191.
- Öztürk EM, Öztürk Z, Acar, Ayaroğlu, A. 1977. Şarkikaraağaç (Isparta) ve Dolayının Jeolojisi. *MTA Raporu*, No: 7045: 190 s.
- Pandey S, Parcha SK. 2017. Provenance, tectonic setting and source-area weathering of the lower Cambrian sediments of the Parahio valley in the Spiti basin, India. *J Earth System Sci*, 126: 1-16.
- Pettijohn FJ, Potter PE, Siever R. 1972. Sand and sandstones. Springer-Verlag, New York, USA, pp 583.
- Piñán-Liomas A, Escamilla-Casas JC. 2013. Provenance and tectonic setting of Neoproterozoic to Early Cambrian metasedimentary rocks from the Cordillera Oriental and Eastern Sierras Pampeanas, NW Argentina. *Bol de la Soc Geol Mexicana*, 65(2): 373-395.
- Rimmer SM. 2004. Geochemical paleoredox indicators in Devonian-Mississippian black shales, central Appalachian Basin (USA). *Chem Geol*, 206(3-4): 373-391.
- Robertson AHF, Dixon JE. 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. Geological Society, London, Special Pub, 17(1): 1-74.
- Roddaz M, Viers J, Brusset S, Baby P, Boucayrand C, Hérail G. 2006. Controls on weathering and provenance in the Amazonian foreland basin: Insights from major and trace element geochemistry of Neogene Amazonian sediments. *Chem Geol*, 226(1-2): 31-65.
- Roser BP, Cooper RA, Nathan S, Tulloch AJ, 1996. Reconnaissance sandstone geochemistry, provenance and tectonic setting of the lower Paleozoic terranes of the West Coast and Nelson, New Zealand. *New Zealand J Geol and Geophy*, 39: 1-16.
- Roser BP, Korsch RJ. 1988. Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chem Geol*, 67(1-2): 119-139.
- Şengör AMC, Yılmaz Y, Sungurlu O. 1984. Tectonics of the Mediterranean Cimmerides: nature and evolution of the western termination of Palaeo-Tethys. Geological Society, London, Special Pub, 17(1): 77-112.
- Şengün F. 2023. Örenli metamorfitlelerinin jeokimyası, kökeni ve tektonik yerleşimi (Çanakkale, Biga Yarımadası, KB Türkiye). *Dokuz Eylül Üni Müh Fak Fen Müh Derg*, 25(73): 131-147.
- Tang Q, Bao Y, He X, Fu B, Collins AL, Zhang X. 2016. Flow regulation manipulates contemporary seasonal sedimentary dynamics in the reservoir fluctuation zone of the Three Gorges Reservoir, China. *Sci the Tot Envir*, 548: 410-420.
- Taylor SR, McLennan SM. 1985. The geochemical evolution of the continental crust. *Rev Geophy*, 33(2): 241-265.
- Turan A. 2000. Structural characteristic of the area between Korualan and Bağbaşı, Hadim-Konya. *J Engin Sci Dokuz Eylül Üni*, 3: 51-65.
- Wang C, Zhang L, Dai Y, Lan C. 2015. Geochronological and geochemical constraints on the origin of clastic meta-sedimentary rocks associated with the Yuanjiacun BIF from the Lüliang Complex, North China. *Lith*, 212: 231-246.
- Xu L, Lehmann B, Mao J, Nögler TF, Neubert N, Böttcher ME, Escher P. 2012. Mo isotope and trace element patterns of Lower Cambrian black shales in South China: Multi-proxy constraints on the paleoenvironment. *Chem Geol*, 318: 45-59.
- Young SM, Pitawala A, Ishiga H. 2013. Geochemical characteristics of stream sediments, sediment fractions, soils, and basement rocks from the Mahaweli River and its catchment, Sri Lanka. *Geochem*, 73(3): 357-371.
- Zaravandi A, Zaheri N, Pourkaseb H, Chrachi A, Bagheri H. 2014. Geochemistry and fluid-inclusion microthermometry of the Farsesh barite deposit, Iran. *Geol*, 20(3): 201-214.