



## Cumhuriyetimizin 100. Yılında Yerbilimleri Kolokyumu

### "Batı Anadolu"

*Geosciences Colloquium on the 100<sup>th</sup> Anniversary of the Turkish Republic  
"Western Anatolia"*



## Sakarya Zonu'nun (Kuzey Türkiye) Erken Paleozoyik Temel Kayaçları

*The Early Paleozoic Basement Rocks of the Sakarya Zone (Northern Türkiye)*

**Orhan Karşlı<sup>1</sup>, Fırat Şengün<sup>2</sup>, Faruk Aydın<sup>1</sup>, Hadi S. Moghadam<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup>Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon-Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çan Meslek Yüksekokulu, 17400 Çanakkale-Türkiye

<sup>3</sup>School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan 36716-41167, Iran

(okarsli@gmail.com)

### Öz

Türkiye'nin Erken Paleozoyik tektonik evrimi son yıllarda bilimsel ilgiyi çekmeye devam etmektedir. Erken Paleozoyik yüzlekler özellikle Avrupa ve Türkiye (İstanbul-Zonguldak Zonu, Istranca Zonu ve Torid Bloku) ile İran'da yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Bununla birlikte, Erken Paleozoyik kaya birimleri Sakarya Zonu'nda (K-Türkiye) ayrıntılı olarak tanımlanmadığını için bu zonun Erken Paleozoyik paleocoğrafyası ve dinamiği iyi anlaşılammıştır. Bu çalışmada, Sakarya Zonu'nun batı ve doğu kesimlerinden yeni saha, petrografik, jeokimyasal, izotopik ve jeokronolojik veriler sunulmaktadır. Bu bulgular, Yusufeli bölgesi (Artvin, kuzeydoğu Türkiye) ile Söğüt ve Bozüyük bölgelerinde (Bilecik, kuzeybatı Türkiye) yüzeylenen Erken Kambriyen, Ordovisyen ve Siluriyen magmatik birimlerin doğası, kökeni ve tektonomagmatik evrimini aydınlatmayı amaçlamaktadır.

Zirkon U-Pb yaş analizleri, Yusufeli bölgesindeki Karameşe Metagranitoyidi'nin Erken Kambriyen döneminde yaklaşık olarak 534-530 My önce Prekambriyen temel birimlere sokulduğunu ortaya koymaktadır. Metagranitoyid içinde tespit edilen zirkon aşırı büyümeleri, metamorfik zirkonlar olup, 328 Ma yaşlar vermektedir. Bu yaş, Sakarya Zonu'nda 328 My civarında bilinen Variskan metamorfik olayları ile uyumludur. Karameşe Metagranitoyidi S-tipi bir granit olarak sınıflandırılır ve belirgin bir muskovit içeriğine (~10%) sahiptir. Jeokimyasal olarak, incelenen örnekler yüksek oranda peralumin ve orta-K kalk-alkalin özellikler sergilerler. Ayrıca, bu örnekler -4.76 ilâ -2.90 arasında değişen negatif  $\epsilon\text{Nd}(t)$  değerleri ve -4.75 ilâ -1.08 arasında değişen  $\epsilon\text{Hf}(t)$  izotopik değerlerine sahiptirler. Bu jeokimyasal ve izotopik özellikler, Karameşe Metagranitoyidi'nin, başta grovak olmak üzere heterojen metasedimanter kaynak kayaların sıvı eksikliği şartlarında muskovit dehidrasyon ergimesi sonucu oluştuğunu göstermektedir.

Sakarya Zonu'nun batı bölümünde, Söğüt bölgesinde (Bilecik, kuzeybatı Türkiye) metagranitik temel kayaları önemli miktarda yüzeyleme vermişlerdir. Bu kayalardan derlenen zirkonlarda yapılan U-Pb analizleri, 484-461 My civarında yerleşim yaşlarına işaret etmektedir. Muskovit içeren bu S-tipi metagranitler içindeki kalıntı zirkonlar ise; 588 ve 572 My konkordiya yaşları sunmaktadır. Zirkon  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  değerleri +3.6 ilâ -35.4 arasında değişmekte olup, jeokimyasal veriler ve önceki çalışmalarla birlikte, Söğüt metagranitlerinin metasedimanter kaynağın sıvı eksikliği şartlarında muskovit dehidrasyon ergimesi yoluyla oluşmuş olabilecekları düşünülmüştür. Bilecik'in Bozüyük ve Borçak bölgelerinde iyi korunmuş metagranitoidlerde gerçekleştirilen LA-ICP-MS zirkon U-Pb yaş analizleri, bu birimlerin Siluriyen'den Erken Devoniyen'e kadar olan dönemde, yaklaşık olarak  $431 \pm 2.7$  ilâ  $403 \pm 3.5$  My tarihlerinde yerleştiğini göstermektedir. Bu metagranitoidler, karakteristik bir yay iz element deseni sergilemekte ve sürekli olarak -3.2 ilâ -9.7 arasında değişen orta derecede negatif  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  izotop kompozisyonu göstermektedir. Veriler, ana magma kaynağının homojen ve zenginleşmiş bir manto kamasi kaynağının kısmi ergimesinden kaynaklandığına işaret etmektedir.

Tüm bulgular, önceki araştırmalar ve paleocoğrafik rekonstrüksiyonlarla birlikte değerlendirildiğinde, Sakarya Zonu Erken Kambriyen metagranitoidlerinin kuzey Gondvana'nın Cadomian orojenik kuşağında kabuk incelmesinin bir sonucu oluştuğunu ifade edebiliriz. Bu inceleme Erken Kambriyen döneminde Iapetus Okyanusu'nun bir kolu olan Tornquist okyanusal litosferinin kopmasıyla tetiklenmiş olabilir. Bu süreçte litosferin geriye doğru çekilmesi ile oluşan yay gerisi havza, pelitik sedimanlarca zenginleşir. Ordovisyen S-tipi granitleri güneye doğru çekilen okyanusal litosferin geriye doğru çekilmesi ve kabuk incemesi sonucu oluşan yay gerisi havzada oluşmuş olmalıdır. Sonuç olarak, Siluriyen'den Erken Devoniyen'e kadar geçen dönemdeki magmatik yay ilişkili magmatizmanın, Rheic okyanusal litosferinin peri-Gondwana birimlerinin altına kuzeye doğru yitimiyle oluşmuş olabileceğini öngörmekteyiz. Bir başka ifadeyle, Paleotetis Okyanusu'nun kuzeye doğru And-tipi bir yitimde; güneyde bir kıtasal riftten ziyade, kuzeyde yay gerisi bir havza olarak açıldığını öngörmekteyiz. Bu olgunun Siluriyen'den Erken Devoniyen'e kadar olan dönemde güneye doğru ve kısa süreli bir "supra-subduction" (SSZ) tipi yitimle uyumlu olduğu anlaşılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuzey Türkiye, Metagranit, Paleozoyik, Sakarya Zonu.

## **Abstract**

Türkiye's Early Paleozoic tectonic evolution has been a subject of increased scholarly attention in recent years. Early Paleozoic intrusive rock formations are predominantly distributed across Europe, and Türkiye, encompassing the Istanbul-Zonguldak Zone, Strandja Zone, and Tauride Block, as well as Iran. However, it is noteworthy that Early Paleozoic rock assemblages have not been conclusively identified within the northern region of Türkiye's Sakarya Zone, rendering the Early Paleozoic paleogeographic context of the Sakarya Zone elusive. In this presentation, we offer new field observations, petrographic assessments, geochemical analyses, and geochronological data from both the western and eastern segments of the Sakarya Zone. These findings aim to elucidate the nature, origin, and tectonic framework of Early Cambrian, Ordovician, and Silurian magmatic successions exposed in the Yusufeli area (Artvin, northeast Türkiye) and Söğüt and Bozüyük areas (Bilecik, northwest Türkiye).

Zircon U–Pb age determinations substantiate that the Karameşe metagranitoid in the Yusufeli area intruded into Precambrian basement units during the Early Cambrian period, approximately 534–530 million years ago (Ma). Zircon overgrowths detected within the metagranitoid, attributed to metamorphic overprint, yielded ages of 328 Ma. This age attests to the occurrence of Variscan metamorphic events within the Sakarya Zone around 328 Ma. The Karameşe metagranitoid is classified as an S-type granite and displays a prominent muscovite content (~10%). Geochemically, the samples exhibit highly peraluminous and medium-K calc-alkaline characteristics. Furthermore, the samples exhibit negative  $\epsilon\text{Nd}(t)$  values ranging from -4.76 to -2.90 and  $\epsilon\text{Hf}(t)$  values ranging from -4.75 to -1.08. These geochemical and isotopic traits suggest that the Karameşe metagranitoid originated through fluid-absent muscovite dehydration melting of heterogeneous metasedimentary source rock, primarily composed of greywacke.

In the western portion of the Sakarya Zone, metagranitic basement rocks were exposed in the Söğüt area (Bilecik, northwest Türkiye). U–Pb analyses conducted on zircons from these rocks indicate emplacement during the Ordovician, specifically around 484–461 Ma. This muscovite-bearing, S-type metagranite contains numerous inherited zircon cores with concordant ages of 588 and 572 Ma. Zircon  $\epsilon\text{Hf}(t)$  values ranging from +3.6 to -35.4, in conjunction with geochemical data and previous investigations, suggest that the Söğüt metagranites were formed through fluid-absent muscovite-dehydration melting of metasedimentary rocks. Within the Bozüyük and Borçak areas of Bilecik (western Sakarya Zone), we have identified well-preserved metagranitoids. LA-ICP-MS zircon U–Pb dating establishes the emplacement of these formations during the Silurian to Early Devonian period, approximately  $431 \pm 2.7$  to  $403 \pm 3.5$  Ma. These metagranitoids exhibit a characteristic arc-like trace element pattern and consistently display a moderate negative  $\epsilon\text{Hf}(t)$  ranging from -3.2 to -9.7. Their parental magma likely originated from the partial melting of a homogeneous and enriched mantle wedge source.

In light of our results and conjunction with prior research and paleogeographic reconstructions, we conclude that Early Cambrian metagranitoids reflect crustal thinning within the Cadomian orogenic belt of northern Gondwana. This thinning may have resulted from a tectonic transition from a convergent margin to crustal extension, possibly induced by the detachment of the Tornquist oceanic lithosphere, a branch of the Iapetus Ocean, during the Early Cambrian. The Ordovician S-type granites, we argue, formed due to progressive back-arc extension and crustal thinning triggered by the rollback of a southward-subducting oceanic lithosphere slab. This back-arc basin was characterized by a denuded continental crust with abundant pelite-dominated sediments, culminating in the opening of the Rheic Ocean on the northern side of Gondwana as the Tornquist Ocean ceased to exist as a branch of the Iapetus Ocean. Collectively, these data suggest substantial crustal reworking within the northern side of Gondwana, unrelated to any discernible continental collision zone, during the Ordovician. Subsequently, we propose that the arc-related magmatism in the Silurian to Early Devonian period can be attributed to northward subduction of the Rheic Oceanic lithosphere beneath peri-Gondwana terranes. This suggests that the Paleotethys Ocean opened as a back-arc basin in an Andean-style subduction zone to the north, rather than a continental rift to the south. This phenomenon corresponds to a south-directed and short-lived supra-subduction zone (SSZ)-type subduction during the Silurian to Early Devonian epoch.

**Keywords:** Northern Türkiye, Metagranite, Sakarya Zone, Paleozoic.