

PLİYÖSEN YAŞLI ETRÜSK STRATO-VOLKANININ MAGMATİK EVRİMİNDE KABUKSAL KİRLENME-AYIRIMLAŞMA (AFC) VE MAGMA KARIŞIMI İŞLEMLERİNİN ÖNEMİ, VAN GÖLÜ KUZEYDOĞUSU

Vural Oyan¹, Mehmet Keskin², Vladimir Lebedev³,
Andrey Chugaev³ ve Evgenii Sharkov³

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Zeve Kampüsü, Van, Türkiye, vuraloyan@yyu.edu.tr;

²İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34320 Avcılar, İstanbul, Türkiye,

³Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology, Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow 119017, Rusya.

Van Gölü'nün kuzeydoğusunda yer alan Pliyosen yaşlı Etrüsk stratovolkanı, at nalı şekilli kalderası, 3100 m yüksekliği ve ~170 km² taban alanı ile Doğu Anadolu'da çarpışmayla ilişkili önemli volkanik çıkış merkezlerinden biridir. Yeni K-Ar jeokronolojik yaş verilerimiz, Pliyosen'de Etrüsk volkanını ortaya çıkaran püskürmeler öncesinde plato oluşturan yaygın bir alkali bazaltik / hawaiiitik volkanizmanın bölgede geniş alanlarda hüküm sürmüş olduğunu göstermektedir. 4.9 - 4.5 My arasındaki dönemde gerçekleşmiş olan bu volkanizma, Van Gölü sahilinden Tendürek volkanı tabanına kadar geniş bir alan kaplamıştır ve başlıca olivin+plajioklas+klinopiroksen-firik lavların püskürtmesine sahne olmuştur. Püskürmelerin 4.3 My önce lokalize olması sonucunda Etrüsk'ün volkanik gövdesi bu plato üzerinde belirmeye başlamış ve etkinliği 3.6 My öncesine kadar devam etmiştir. Etrüsk volkanının ilk ürünleri trakitik ve latitik lavlar, kaya çığı birimleri ve bu birimleri radyal olarak kesen bir dayk sistemidir. Etrüsk volkanında ~4 My önce bir kaldera çökmesi gerçekleşmiştir. Kaldera oluşumunu izleyen evrede ise volkanın yamaçlarından trakidasitik ve riyalitik lavlar püskürmüştür. Etrüsk volkanı lavları porfirik dokuludurlar ve başlıca plajioklas, klinopiroksen, amfibol, biyotit, K-feldspat ve nadiren de olivin fenokirstalleri içerirler. Trakitik lavlar alkali karakterlidirler. Latitik, trakidasitik ve riyalitik lavlar ise alkali-kalkalkali arasında geçiş karakteristikleri sunarlar.

Plajiyoklaz fenokristallerinde cam kapanımları ve elek dokusu, biyotit fenokristallerinde bıçağımsı yapı gibi petrografik bulgular, magma karışımı işleminin önemine işaret eder. İleri derecede uyumlu ve uyumsuz element çiftlerinin birbirine karşı iz düşüldüğü değişim diyagramları üzerinde örnek noktalarının bir kısmının primitif bazik uç üye ile evrimleşmiş lavlar arasında doğrusal trendler izlemesi, Etrüsk altındaki magma odasında evrimleşmiş magmanın periyodik olarak primitif magma ile tazelenmiş (replenished) olduğuna işaret etmektedir. Magma karışımı/tazelenmesi işleminin geçerli olup olmadığını ortaya koymak amacıyla en primitif bazik lavlar ile Etrüsk'e ait evrimleşmiş lavların majör element konsantrasyonları kullanılarak magma karışımı süreci **least square** metodu ile test edilmiştir. Modelleme sonuçları Etrüsk'e ait ortaça latitik lavların, bazaltik ve asidik uç üye magmaların karışımı sonucunda oluşabileceğine işaret etmektedir. Sr² değerinin 0.4 ile 0.6 arasında değişmesi, bu prosesin istatistiksel açıdan geçerliliğini doğrulamaktadır. Jeokimyasal ve izotopik veriler, Etrüsk volkanına ait lavların türediği magma odasında asimilasyon ile birlikte fraksiyonel kristallenme (AFC) sürecinin önemli olduğunu gösterir. Özellikle ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_i – MgO arasındaki negatif ve ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr_i – SiO₂ arasındaki pozitif korelasyon AFC işleminin göstergesidir. De Paolo (1981) ve Aitcheson ve Forrest'ın (1994) eşitliklerini kullanılarak yaptığımız AFC modellerinin sonuçları, Etrüsk volkanının en evrimleşmiş lavlarında kıtasal materyalin önemli miktarda asimile edildiğini ve latitik - trakidasitik lavların oluşumunda magma tazelenmesi ve AFC süreçlerinin etkili olduğunu göstermiştir. Bohron ve Spera'nın (2001) eşitlikleri ile gerçekleştirdiğimiz EC-AFC modellemesi sonuçları ise, magma oluşumunda yine önemli oranda kabuksal katkı vermiş ve ayrıca asimile edilmiş kıtasal materyalin en uygun başlangıç sıcaklığının 400°C olduğunu göstermiştir. Asimilasyonun yan kayadaki başlangıç sıcaklığını veren bu bulgu, Etrüsk volkanının altında AFC süreçlerinin hüküm sürmüş olduğu magma odasının olası derinliğinin 10-12 km arasında olabileceğini göstermektedir (termal gradyan 32°C olarak hesaplanmıştır). Bu bulgular, Pliyosen'de Etrüsk volkanının altında olasılıkla 10-12 km derinde yer almış olan magma odasında AFC, periyodik magma-karışımı ve/veya magma tazelenme süreçlerinin önemli olduğuna işaret eder.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu, Etrüsk volkanı, AFC, Magma karışımı/tazelenmesi.

Değınilen Belgeler

Aitcheson, S.J., and Forrest, A.H., 1994. Quantification of crustal contamination in open magmatic systems. *Journal of Petrology* 35, 461–488.

Bohrson, W.A., and Spera, F.J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology* 42, 1019–1041.

De Paolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall-rock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters* 53, 189–202.

IMPORTANCE OF ASSIMILATION COMBINED WITH FRACTIONAL CRYSTALLIZATION (AFC) AND MAGMA MIXING PROCESSES IN THE MAGMATIC EVOLUTION OF THE PLIOCENE ETRUSK VOLCANO, NORTHEAST OF LAKE VAN, E TURKEY

**Vural Oyan¹, Mehmet Keskin², Vladimir Lebedev³,
Andrey Chugaev³ and Evgenii Sharkov³**

¹ Van Yuzuncu Yil University, Department of Geological Engineering, Van, Turkey(vuraloyan@yyu.edu.tr)

² Istanbul University, Department of Geological Engineering, Avcilar, Istanbul, Turkey,

³ Russian Academy of Sciences, Institute of the Ore Deposits Geology, Petrology, Mineralogy and Geochemistry, Staromonetny per., 35, Moscow Russia.

Pliocene Etrusk stratovolcano, located in the northeast of Lake Van, is one of the most important collision-related volcanic centers in Eastern Anatolia with an elevation of 3100 m, a base area of ~170 km² and a horseshoe-shaped caldera. Our new K/Ar age determinations indicate that alkaline basaltic and hawaiitic lavas were erupted before the eruptions that formed the Etrusk volcano during the Pliocene, forming a widespread plateau extending from the northern shore of Lake Van to the base of the Tendurek volcano. This plateau-forming basic volcanism occurred in a period between 4.9 and 4.5 Ma and generated olivine + plagioclase + clinopyroxene-phyric lavas. After the localization of eruptions around 4.3 Ma, the Etrusk volcanic system started to be emerged on this plateau and where volcanic activity continued up to 3.6 Ma. Initial products of the Etrusk volcano are the trachytic, latitic lava flows, debris avalanche deposits and a set of radial dykes cutting these units. A major caldera collapse event was occurred ~4 Ma at the Etrusk volcano. After the caldera collapse, rhyolitic and trachydacitic lavas erupted from flanks of the volcano. Lavas of the Etrusk volcano are porphyritic in texture and composed of plagioclase, clinopyroxene, amphibole, biotite, K-feldspar, and rarely olivine phenocrysts. Trachitic lavas are alkaline in character whereas latitic and thachydacites/rhyolites lavas are transitional between subalkaline and alkaline. Presence of glass inclusions and sieve texture in plagioclase minerals and knife-like structures in biotite suggest magma mixing processes.

On normal-normal variation diagrams on which highly incompatible and compatible element pairs are plotted against each other, some of the data points align along the straight trends between primitive basic end member composition and evolved samples. This observation suggests that evolved magmas in the magma chamber beneath the Etrusk volcano were possibly periodically replenished with primitive magma. To test the viability of the mixing/replenishment process, we conducted a least square mass balance calculation using the major element concentrations of most primitive basaltic sample and a number of evolved samples from Mt. Etrusk. Results of our mixing models revealed that latitic lavas of Mt. Etrusk might have been formed as a result of mixing between primitive basaltic and evolved acidic lavas. We argue that this interpretation is statistically important because Σr^2 values vary between 0.4 and 0.6. Geochemical and isotopic data imply that assimilation with combined fractional crystallization (AFC) might have been an important process in the magma chamber beneath Mt. Etrusk. Especially negative and positive correlations between (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i and MgO and (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i and SiO₂ respectively indicate AFC processes. Results of our AFC models conducted on the basis of the equations of De Paolo (1981) and Aitchison and Forrest (1994) show that the most evolved lavas of the Etrusk volcano might have assimilated remarkable amount of crustal material. On the other hand, latitic and trachydacitic lavas were influenced by both replenishment and AFC processes. Results of our EC-AFC models (equations by Bohron and Spera, 2001) also support the importance of AFC process in magma genesis and further indicate that the initial temperature of crustal material might have been ~400°C. All these findings collectively indicate that the AFC and magma mixing and/or periodic replenishment processes were operational during evaluation of the Etrusk magmas and the magma chamber was possibly located around 10-12 km depth beneath the Etrusk volcano (Thermal gradient was calculated to be 32 °C).

Key Words: East Anatolia, Etrusk volcano, AFC, Magma mixing/replenishment.

References

- Aitchison, S.J., and Forrest, A.H., 1994. Quantification of crustal contamination in open magmatic systems. *Journal of Petrology* 35, 461–488.
- Bohrson, W.A., and Spera, F.J., 2001. Energy-constrained open-system magmatic processes II: application of energy-constrained assimilation–fractional crystallization (EC-AFC) model to magmatic systems. *Journal of Petrology* 42, 1019–1041.
- De Paolo, D.J., 1981. Trace element and isotopic effects of combined wall-rock assimilation and fractional crystallization. *Earth and Planetary Science Letters* 53, 189–202.**