

## Thermochronological evidence for a precursor of the North Anatolian Fault in the Marmara Sea

region

**M. ZATTIN<sup>1</sup>, W. CAVAZZA<sup>2</sup>, A. I. OKAY<sup>3</sup>, I. FEDERICI<sup>2</sup>, M. G. FELLIN<sup>4</sup>, A. PIGNALOSA<sup>2</sup> and P. REINERS<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dipartimento di Geoscienze, University of Padova (Italy), [massimiliano.zattin@unipd.it](mailto:massimiliano.zattin@unipd.it) Dipartimento di Scienze della Terra e Geologico-Ambientali, University of Bologna (Italy)

<sup>3</sup>Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maslak, 34469 İstanbul

<sup>4</sup>Institut für Isotopengeologie und Mineralische Rohstoffe, ETH, Zürich (Switzerland)

Department of Geosciences, University of Arizona, Tucson (USA)

According to common interpretation, the North Anatolian Fault (NAF) nucleated in eastern Anatolia (Bitlis-Zagros suture zone) during the Late Miocene (ca. 11 Ma) following the collision of the Arabia and Anatolian plates, and propagated westward reaching the Marmara region during the Pliocene. So far the inception of the NAF activity has been inferred based mainly on the study of the associated sedimentary basins, with earlier studies relying mainly on the scarce palaeontological data from terrestrial sedimentary records (see Şengör et al. 2005, for a review). In this work, using fission-track (FT) and (U-Th)/He analysis on apatite, we document that the Marmara segment of the active North Anatolian Fault (NAF), regarded as a post-Miocene structure, has instead a complex, multiphase evolution, as shown by the presence of pre-Late Miocene structural discontinuities along which significant vertical displacements occurred.

The exact age of these earlier discontinuities is difficult to determine but should be older than the extension that affected the Aegean region since the Late Oligocene (e.g. Jolivet & Faccenna 2000). Thermochronological data by Zattin et al. (2005) demonstrate that in the Late Oligocene vertical displacements along a precursor of the Ganos fault were active. A Late Oligocene age for fault displacement along the NAF is supported by Uysal et al. (2006) who studied a ca. 500 km long segment of the NAF east of the Marmara Sea by radiometric dating of fault gouges. Furthermore, Kaymakci et al. (2007), on the basis of palaeomagnetic data, proposed that the Ganos fault and other ENE-trending faults experienced dextral strike-slip activity before the Late Pliocene development of the NAF. The additional thermochronological dataset presented in this work suggests that E-W-trending tectonic structures were active not only in the Ganos region but throughout the Marmara region. These structures had significant vertical displacements and induced the development of topographic lows and highs. We suggest that the location and kinematics of the western NAF are controlled by position and geometry of the basement block margins inherited from Mesozoic-Cenozoic closure of oceanic basins belonging to the Tethyan realm and the ensuing collision between the bordering microcontinents.

Both transcurrent and dip-slip tectonics occurred across a wide E-W-trending deformation zone before the Pliocene, whereas the activity of the NAF since the Pliocene has been dominated by dextral transcurrent with negligible vertical movements. This is shown by (i) the absence of significant AHe age differences across the main branches of the fault system, and (ii) the virtual absence of ages younger than Pliocene. The only exception is the western sector of the Ganos fault, where an AHe age (2.5 Ma) implies active erosion in the Pleistocene. East of Marmara Island, no significant vertical displacements are recorded throughout the Neogene, with the only exception of the northern border of the Uludağ massif (Okay et al, 2008). *Keywords: Thermochronology, exhumation, North Anatolian Fault, Marmara Sea*

Jolivet, L., Faccenna, C., 2000. Mediterranean extension and the Africa-Eurasia collision. *Tectonics* 19, 1095-1106. Kaymakci, N., Aldanmaz, E., Langereis, C., Spell, T.L., Gurer, O.F., Zanetti, K.A., 2007. Late Miocene transcurrent tectonics in

NW Turkey: evidence from palaeomagnetism and <sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar dating of alkaline volcanic rocks. *Geological Magazine* 144,

379-392. Okay, A.F., Satir, M., Zattin, M., Cavazza, W., Topuz, G., 2008. An Oligocene ductile strike-slip shear zone: the Uludağ Massif,

northwest Turkey - implications for the westward translation of Anatolia. *Geological Society of America Bulletin* 120, 893-

911. Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X.,

Rangin, C, 2005. The North

Anatolian Fault: a new look. Annual Review Earth Planetary Science 33,37-112. Uysal, I.T., Mutlu, H., Altunel, E., Karabacak, V., Golding, S.D., 2006. Clay mineralogical and isotopic (K-Ar, S18O, SD)

constraints on the evolution of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. Earth and Planetary Science Letters 243,181-194. Zattin, M., Okay, A.I., Cavazza, W., 2005. Fission-track evidence for late Oligocene and mid-Miocene activity along the North

Anatolian Fault in southwestern Thrace. Terra Nova 17,95-101.

Marmara denizi bölgesinde Kuzey Anadolu Fayının öncülü için termokronolojik kanıt

Ortak yoruma göre, Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Geç Miosen'de (yaklaşık 11 milyon yıl önce) Doğu Anadolu'da (Bitlis-Zagros suture zone), Arap ve Anadolu plakalarının çarpışmasının ardından nüvelenmiş ve Pliosen'de batıya ilerleyip Marmara bölgesine ulaşmıştır. Şimdiye değin, KAF'm aktivitesinin başlangıcı, ağırlıklı olarak ilintili sedimanter havzaların çalışılmasına dayanılarak ve karasal sedimanter kayıtlardan edinilen sınırlı paleontolojik verilere dayandırılan önceki çalışmalardan çıkarılmıştır (gözden geçirme için, bkz Şengör ve diğ., 2005). Bu çalışmada, apatitlerde fizyon-izi ve (U-Th)/He analizi uygulama yoluyla, aktif Kuzey Anadolu Fayının (KAF) Miosen-sonrası yapı olduğu düşünülen Marmara diliminin, bunun yerine, karmaşık ve üzerinde önemli düşey yer değiştirmelerin geliştiği Geç Miosen-öncesi yapısal süreksizliklerin varlığının da gösterdiği gibi, çok-evreli bir evrim sergilediğini belgelemekteyiz.

Bu eski süreksizliklerin tam yaşını belirlemek güçtür; ancak, Geç Oligosen'den buyana Ege bölgesini etkilemiş olan genişlemeden/açılmadan daha yaşlı olmalıdır (örneğin, Jolivet & Faccenna, 2000). Zattin ve diğ., 2005'in termokronolojik verileri, Geç Oligosen'de Ganos fayının bir öncülü boyunca düşey atımların aktif olduğunu gösterir. KAF boyunca kayma için Geç Oligosen yaşı, KAF'ın Marmara Denizi doğusundaki 500 km'lik segmentini fay oluklarının radyometrik tarihlendirilmesi yoluyla çalışan Uysal ve diğ. (2006) tarafından desteklenir. Dahası, Kaymakçı ve diğ. (2007), paleomanyetik verilere dayanarak, Ganos fayı ve DKD-gidişli diğer fayların, KAF'm Geç Pliosen'deki gelişimi öncesinde sağ yanal atım sergilediğini öne sürmüştür. Bu çalışmada sunulan ek termokronolojik veri grubu, D-B gidişli tektonik yapıların sadece Ganos bölgesinde değil, tüm Marmara bölgesinde aktif olmuş olduklarını düşündürür. Bu yapılar önemli düşey atımlar sergilerler ve topoğrafik yükselti ve alçaltıların gelişimine neden olmuşlardır. KAF'm batı bölümünün konumu ve kinematığının, Tetis bölgesine ait okyanusal havzaların Mesozoik-Senozoik'te kapanmasından ve bunun ardından gelişen sınırdış mikro-kıtalar arası çarpışmadan kalıtılmalı temel bloğu kenarlarının konumu ve geometrisi tarafından kontrol edilmiş olduğunu düşünmekteyiz.

KAF'm Pliosen'den günümüze gelişen aktivitesinde ihmal edilebilir düşey bileşen içeren sağ yanal atım egemen olsa da, Pliosen'den önce D-B uzammlı geniş bir deformasyon zonunun bir ucundan diğerine yanal ve düşey-atım tektoniği gelişmiştir. Bu, (i) fay sisteminin ana kollarında önemli AHe yaş farklılıklarının olmayışı ve (ii) Pliosen'den genç yaşların yokluğu ile belirginleşir. Tek istisna, Ganos fayının batı bölümüdür; bu bölgede AHe yaşı (2.5 milyon yıl) Pleistosen'deki bir aktif erozyonu çağrıştırır. Marmara Adası doğusunda tüm Neojen boyunca hiçbir düşey atım kayıtlanmamıştır; bunun tek istisnası, Uludağ masifinin kuzey sınırındadır (Okay ve diğ., 2008). *Anahtar Kelimeler: Termokronoloji, exhumation, Kuzey Anadolu Fayı, Marmara Denizi*