



Kuzey Anadolu Fay Zonu, Ilıpınar Segmenti'nin (Karlıova, Bingöl) Paleosismolojisi

Paleoseismology of the Ilıpınar Segment (Karlıova, Bingöl), The North Anatolian Fault Zone

Taylan SANÇAR^{1,2}, H. Serdar AKYÜZ³

¹ Tunceli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 62000 Tunceli

² İ.T.Ü. Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Maslak, 34469 İstanbul

³ İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Maslak, 34469 İstanbul

(e-posta: tsancar@tunceli.edu.tr)

ÖZ

Dünyadaki en aktif deformasyon kuşaklarından olan Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde son yüzyılda gerçekleşen depremler 1000 km'den fazla yüzey kırığı oluşturmuştur. KAFZ'nin farklı kesimlerinden elde edilen paleosismik veriler fay zonunun deprem tarihçesi hakkında önemli bilgiler vermiştir. KAFZ'nin en doğusunda yer alan Ilıpınar Segmenti'nin son yüzyılda gerçekleşen depremler ile olan ilişkisini ve eski deprem tarihçesini araştırmak amacıyla, Ilıpınar Segmenti'nin doğu ucunda yer alan Yoncalık havzası üzerinde iki tane paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. Yoncalık-1 hendeğinden elde edilen radyokarbon yaşlandırma sonuçları MÖ 8500-6150 ve MÖ 5960-4300 tarihleri arasında Ilıpınar segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan iki depremi göstermektedir. Yoncalık-2 hendeğinden elde edilen veriler ise segment üzerinde MÖ 6325 tarihinden önce ve MÖ 6325-2105 tarihleri arasında yüzey kırığı oluşturan depremleri göstermektedir. Bu depremlerin tarih aralıkları geniş olsa da birbirleri ile uyumludur. Yoncalık-2 hendeğinde MÖ 6325 öncesinde olan depremin Yoncalık-1 hendeğinde MÖ 8500-6150 arasında olan deprem ile aynı olduğu düşünülmektedir. Yoncalık-2 hendeğindeki MÖ 6325-2105 tarihleri arasında olmuş depremin ise Yoncalık-1 hendeğindeki MÖ 5960-4300 tarihleri arasında olmuş deprem ile aynı deprem olması yüksek bir olasılık olarak değerlendirilmiştir. KAFZ'nin en doğu ucunu oluşturan Ilıpınar Segmenti üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmalarından edinilen bulgular segmentin deprem üretme davranışının KAFZ'nin genel karakteri ile uyumlu olmadığını göstermektedir. Bu uyumsuzluğun nedeni Karlıova Üçlü Eklemi civarındaki kompleks fay geometrisi ve buna bağlı olarak biriken yamulmanın bu yapılar tarafından paylaşılması olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Ilıpınar segmenti, KAFZ, paleosismoloji

ABSTRACT

The last century earthquakes produced more than 1000 km surface rupture on the North Anatolian Fault Zone (NAFZ), which is one of the most active deformation belts in the World. Paleoseismic data from different parts of the NAFZ exposes critical information about the earthquake history of the fault zone. To research paleoseismicity of the Ilıpınar Segment and relationship between the segment and last century earthquakes, two paleoseismologic trench studies performed on the Yoncalık basin, where positioned at eastern section of the Ilıpınar segment. We identified two paleo-earthquakes, which correspond to BC 8500-6150 and BC 5960-4300 time intervals in the Yoncalık-1 trench. On the other hand the analyses of stratigraphy and structural features of the Yoncalık-2 trench similarly yield two events, from which the older happened before BC 6325 and the younger was between BC 6325-2105. Despite of the wide range of these intervals, both trench results are coincide within their uncertainty limits. We interpret that events in both trenches reflects the same surface ruptures. By the joint analysis of both trenches, we conclude that the most recent and penultimate events should have occurred between BC 5960-4300 and BC 8500-6325, respectively. The results from paleoseismology of the Ilıpınar Segment, which constitute the easternmost part of the NAFZ, indicate that the seismic behaviour of the segment is not in accord with the general characteristic of the NAFZ. The reasons behind the disparity are considered to be related with complex fault geometry in the vicinity of Karlıova triple junction and partitioning of accumulated strain on these structures.

Keywords: Earthquake, Ilıpınar segment, NAFZ, paleoseismology

GİRİŞ

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nin (Şekil 1a) deformasyon alanı Karlıova Üçlü Ekleme (KÜE) ile Erzincan havzası arasında farklı genişliklere sahiptir. Fay zonunun, sahip olduğu toplam yamulma, Erzincan Havzası ve Yedisu Havzası arasında tek bir hat boyunca lokalize olur. (Şengör ve diğ., 2005). Yedisu Havzası ile KÜE arasında ise, ana fay kolunun sıkışmalı çift büküm geometrisi (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988) ve bunlara yakın konumlanmış ikincil kolların varlığı ile deformasyon zonunun genişliği 10 km'ye kadar ulaşır. 56 km uzunluğundaki bu hattı, Barka ve Kadinsky-Cade (1988), kendi arasında FS1, FS2 ve FS3 olarak üç geometrik segmente ayırmıştır (Şekil 1b). FS1 olarak adlandırılan ve KAFZ'nin en doğu kesimi olan Ilıpınar Segmenti'nin

morfolojik olarak belirgin izler taşıdığı farklı çalışmalarda (Allen, 1969; Barka ve diğ., 1987; Tutkun ve Hancock, 1990) gösterilmiştir.

Son yüzyıl içerisinde KAFZ'nin doğusu ve üçlü eklem civarında olan bazı depremler Ilıpınar Fayı ile ilişkilendirilmiştir. 17 Ağustos 1949 Elmalı depreminin (M=6.8) FS2 ve FS3 fay segmentlerinin tamamının, Ilıpınar Segmenti'ni temsil eden FS1'in ise kısmen veya tamamen kırılması sonucu oluştuğu ileri sürülmüştür (Şekil 1b). (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka ve diğ., 1987; Tutkun ve Hancock, 1990). Varto Fay Zonu (VFZ) üzerinde 19 Ağustos 1966 yılında gerçekleşen depremin (M=6.8), sonrasında meydana gelen 20 Ağustos 1966 depreminin (Ms=6.1) Ilıpınar Segmenti (FS1) üzerinde gerçekleştiği ileri sürülmüş (Ambraseys ve Zatopek, 1968; Dewey, 1976; Barka ve Kadinsky-

Cade, 1988), ancak yeni bilgilerin eklenmesi ile bu depremin, 19 Ağustos 1966 depreminin artçısı olarak VFZ'nin en batı kesiminde oluştuğu düşünülmüştür (Şekil 2) (Ambraseys ve Jackson, 1998). Çalışma alanı civarında tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları (Çizelge 1), Ilıpınar Segmenti'nin depremselliği hakkında kesin bilgiler içermez.

Tarihsel deprem verilerinin zayıf olduğu, morfotektonik yapıların yeteri kadar çalışılmadığı ve herhangi bir fay kazısı çalışmasının bulunmadığı bu bölgede eski deprem tarihçesinin

ortaya çıkartılabilmesi için morfotektonik yapılar uzaktan algılama ve arazi çalışmaları ile belirlenmiş ve Ilıpınar Segmenti'nin doğu ucunda iki adet paleosismoloji amaçlı hendek açılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılan bulgular, önceki çalışmalarda yer alan verilerle birlikte yorumlanarak segmentin depremselliği yeniden ele alınmıştır. Hendeklerden alınan sekiz tane kömür örneği 14C yöntemi ile yaşlandırılmak üzere Beta Analytic Laboratuvar'ına gönderilmiş ve gelen sonuçlarda (Tablo 1 ve 2) belirtilen 2 sigma kalibrasyon yaşları hendeklerin yorumlanmasında kullanılmıştır.

Çizelge 1. Karlıova üçlü eklemi civarında 1866 yılından beri meydana gelen büyük depremlerin ($M > 6$) parametreleri. (1-Ambraseys (1997), 2-Ambraseys ve Finkel (1995), 3-Ambraseys ve Jackson (1998), 4-Ambraseys ve Zatopek (1968), 5-Barka (1996), 6-Barka ve Reilinger (1997), 7-Bekler ve diğ. (2003), 8-Fuenzalida ve diğ. (1997), 9-Milkereit ve diğ. (2004), 10-Nalbant (1996), 11-Pamir ve Ketin (1940), 12-Seymen ve Aydın (1976), 13-Taymaz ve diğ. (1991), 14-Wallace (1968)).

Table 1. Earthquakes ($M > 6$) occurred around Karlıova triple junction since 1866.

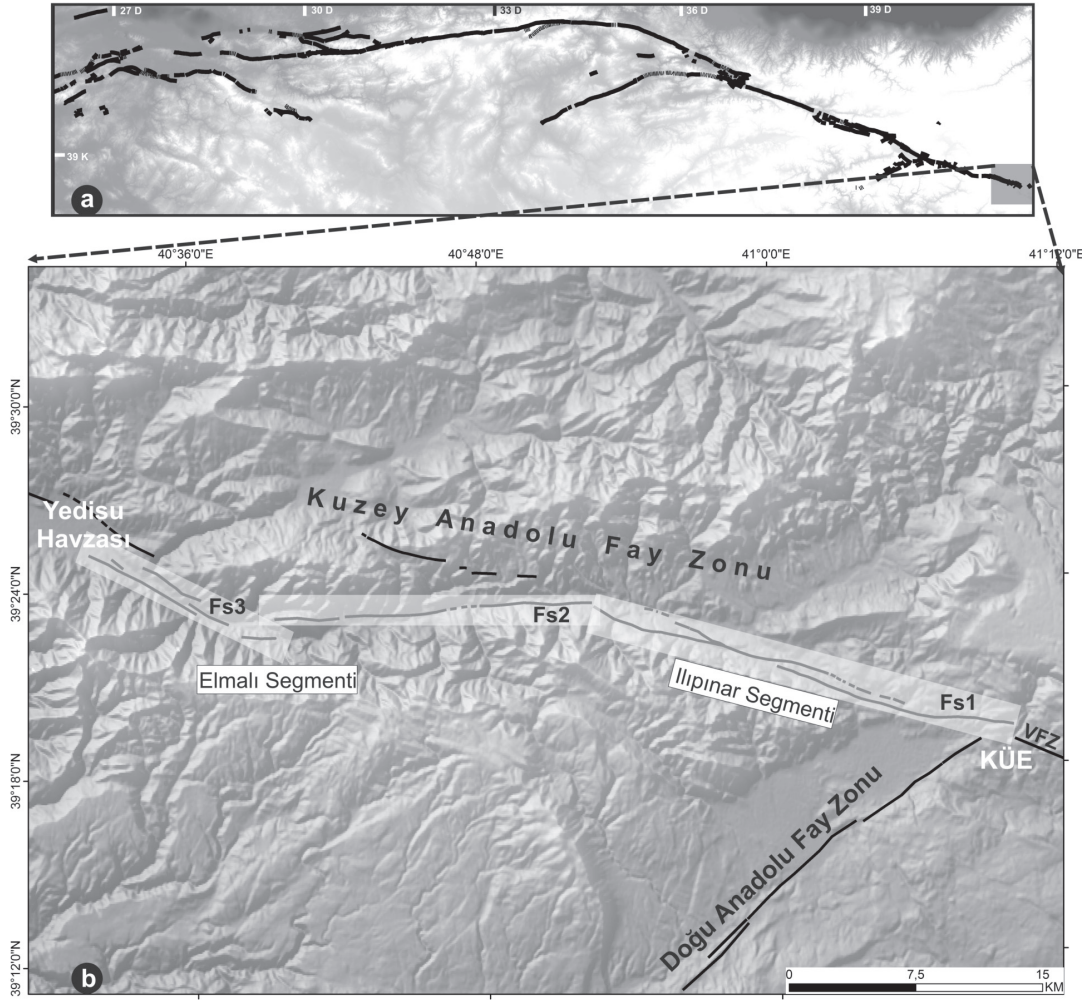
(1-Ambraseys (1997), 2-Ambraseys and Finkel (1995), 3-Ambraseys and Jackson (1998), 4- Ambraseys and Zatopek (1968), 5-Barka (1996), 6-Barka and Reilinger (1997), 7-Bekler et al. (2003), 8-Fuenzalida et al. (1997), 9-Milkereit et al. (2004), 10-Nalbant (1996), 11-Pamir and Ketin (1940), 12-Seymen and Aydın (1976), 13-Taymaz et al. (1991), 14-Wallace (1968)).

| Tarih | lokasyon | | Mag(M) | Derinlik (km) | Fay uzunluğu (km) | Doğrultu | Eğim | Sapma | Atım (cm) | Yer |
|------------------------------|----------|-------|--------|---------------|-------------------|----------|------|-------|-----------|----------|
| | | | | | | | | | | |
| 12.05.1866 ² | 41 | 39 | 6.8 | 0-18 | 31.98 | 52 | 90 | 0 | -100 | Bingöl |
| 26.12.1939 ¹ | 39.51 | 39.80 | 7.9 | 0-18 | 310.4 | -67/-86 | 90 | -180 | 150-650 | Erzincan |
| 17.08.1949 ^{5,11} | 40.62 | 39.57 | 6.8 | 0-18 | 35.4 | 96/113 | 90 | -180 | 50-150 | Karlıova |
| 19.08.1966a ³ | 41.56 | 39.17 | 6.8 | 0-18 | 34.98 | -53 | 70 | 150 | 60 | Varto |
| 20.08.1966b ³ | 40.98 | 39.42 | 6.1 | 0-18 | 11.98 | 106 | 90 | -180 | 25 | Varto |
| 26.07.1967 ^{4,6,14} | 40.38 | 39.54 | 6.0 | 0-18 | | 111 | 90 | -170 | | Pülümür |
| 22.05.1971 ⁶ | 40.52 | 38.83 | 6.7 | 0-18 | 44.98 | 38 | 86 | -8 | 45 | Bingöl |
| 13.03.1992 ^{12,13} | 39.63 | 39.72 | 6.8 | 1.5-18 | 30.16 | 115/119 | 63 | -164 | 90-143.3 | Erzincan |
| 15.03.1992 ^{8,10} | 39.93 | 39.53 | 6.0 | 1-18 | 8 | -125 | 61 | 57 | 20 | Pülümür |
| 27.01.2003 ^{7,9} | 39.66 | 39.58 | 6.1 | 1-18 | 14.62 | -118 | 90 | 0 | 20 | Pülümür |
| 01.05.2003 ¹¹ | 40.53 | 39.04 | 6.4 | 1-18 | 21.98 | 137 | 90 | -180 | 40 | Bingöl |

ILIPINAR SEGMENTİ'NİN GEOMETRİSİ

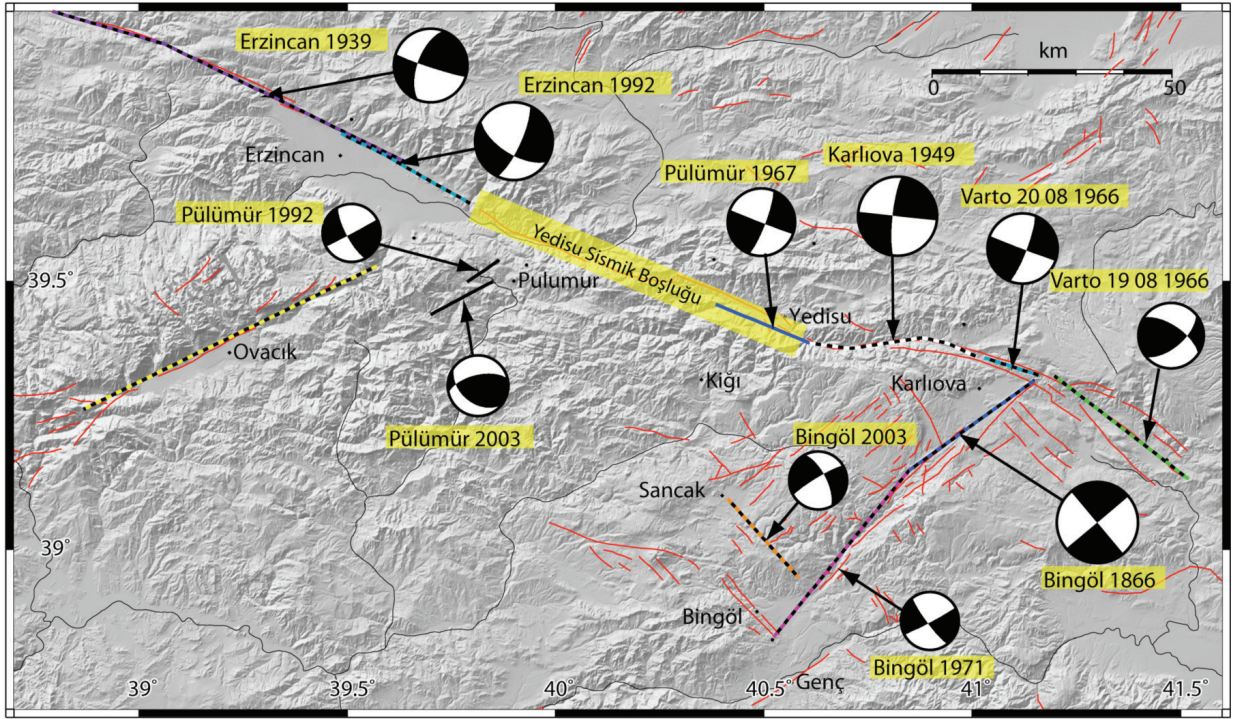
Ilıpınar segmenti üzerinde yapılan arazi çalışmalarında, ötelenmiş dereler, basınç sırtları, fay şevleri gibi morfolojik yapılar yardımıyla segmentin haritası çizilmiş, uygun hendek lokasyonları araştırılmıştır.

Bu fay parçası, batıda Kızılçubuk Köyünden başlayarak, K70°B doğrultusunda 30 km boyunca devam eder ve Kargapazarı Köyü'nün kuzeyinde DAFZ ile birleşerek sonlanır (Şekil 3).



Şekil 1. (a) Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'nin genel geometrisini gösteren şekilde, doğu ucundaki gölgeli alan, fay zonunun (b)Yedisu Havzası ile Karlıova Üçlü Eklemleri (KÜE) arasındaki segmentasyonu göstermektedir. (VFZ: Varto Fay Zonu).

Figure 1. (a) The shaded area at eastern part of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) indicate (b) the segmentation of the fault zone between the Yedisu Basin and Karlıova Triple Junction (KTJ) (VFZ: Varto Fault Zone).

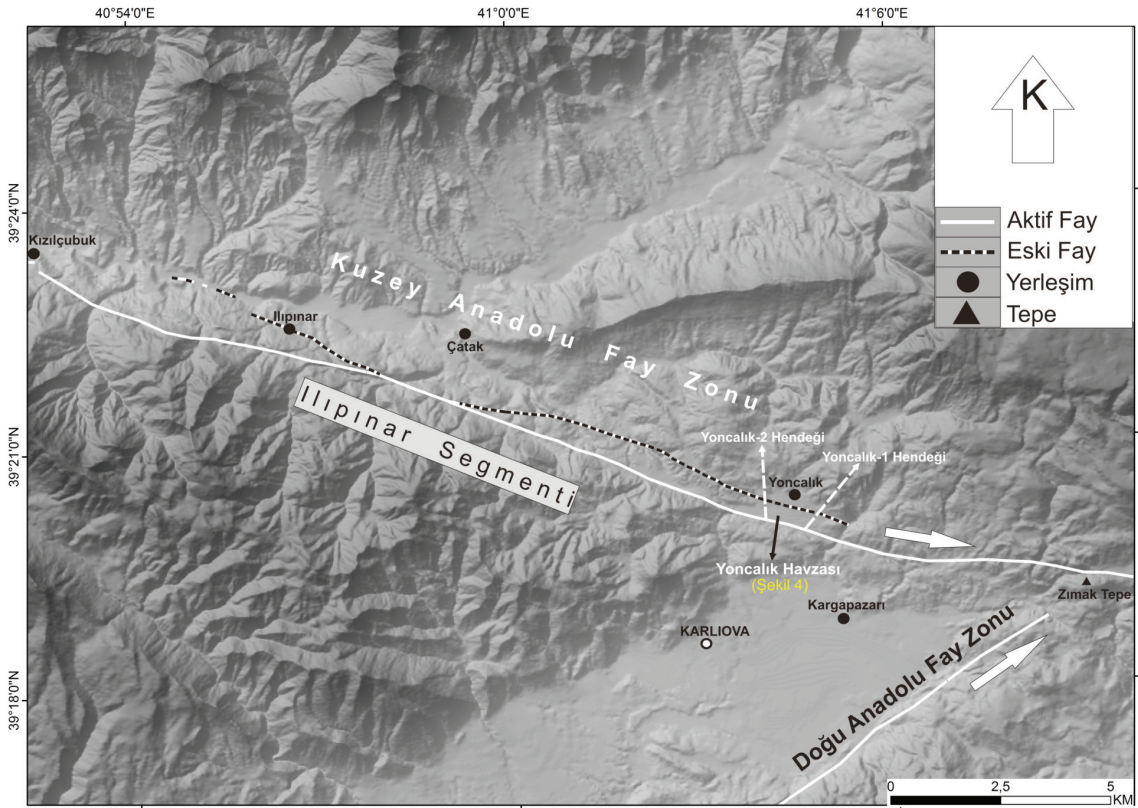


Şekil 2. Çalışma alanında 1866 yılından beri meydana gelen büyük ($M > 6$) depremler ve bunların odak mekanizmaları. Çeşitli renklerdeki kesik çizgiler bu depremlerin tahmini yüzey kırıklarını temsil etmektedir (Akoğlu, 2008).

Figure 2. Focal mechanism of the earthquakes ($M > 6$) that occurred in the study area since 1866. Various colours indicate estimated rupture surfaces of these earthquakes (Akoğlu, 2008).

Segmentin doğu ucunda yer alan Zımak tepeden Yoncalık Köyü güneyine kadar sağ ve sol yönlü ufak bükümler yaparak gelen fay bu noktadan Çatak Köyü güneyine kadar genelde sola aşmalı olarak devam eder. Kızılçubuk köyü doğusuna kadar bükümler yaparak son bulan segmentin kuzeyinde bulunan iki eski faydan doğuda olan Yoncalık Köyü civarında başlar ve Çatak Köyü güneyine kadar $K75-80^{\circ}B$ konumunda, 10 km kuzeybatıya doğru devam eder (Şekil 3).

Batıdaki ise Çatak güneybatısından başlayarak $K65-80^{\circ}B$ doğrultusunda kuzeybatıya doğru 3 km devam eder ve Ilıpınar Köyü civarında son bulur (Şekil 3). Ilıpınar segmenti üzerinde en dikkat çekici morfoloji, Yoncalık Havzası'dır. Segment üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmaları Yoncalık Havzası içerisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. KAFZ'nin en doğu ucu olan Ilıpınar Segmenti'nin geometrisi ve civarındaki diğer tektonik hatlar.

Figure 3. Geometry of the Ilıpınar Segment, the easternmost part of NAFZ, and other tectonic lineaments around it.

Yoncalık Havzası

Uzun eksenini 3 km ve kısa eksenini 750 m olan Yoncalık Havzası, Ilıpınar Segmenti'nin doğusunda fayın denetiminde oluşmuştur (Şekil 4). Yoncalık Havzası, kuzey ve güneyden Pliosen volkanitlerinden oluşan tepeler ile sınırlıdır (Şaroğlu, 1985). Havzanın güney tarafında aktif faylanma ile ilişkili morfolojik izler çok belirgin olmasına rağmen kuzey kenarın morfolojisi güncel faylanmanın izlerini taşımaz.

Yoncalık Havzası içerisindeki drenaj alanı doğu-batı ve kuzey-güney akışlı çok sayıda ufak derelerden oluşmasına rağmen havza içerisinde ana akaçlama sistemi oluşmamıştır. Havzanın kuzey ve güney sınırlarındaki yükseltilerden havza içine doğru eğimli süreksiz dereler de Yoncalık Havzası'nın drenaj alanı içerisinde yer almaktadır.

Yoncalık Havzası'nı kuzeyden sınırlayan fayın geometrisi, batıya doğru devamında bulunan morfolojik çizgisellik ve traverten oluşumları dikkate alınarak haritalanmıştır. Havzayı kuzeyden sınırlayan yükseltilerden havza içine doğru (güneye eğimli olarak) akan derelerde fay ile ilişkili herhangi bir deformasyon yoktur. Ayrıca havzanın kuzey kenarında oluşan birikinti yelpazelerinin morfolojisi fayla ilişkili bozulmalar göstermemektedir (Şekil 4 ve 5a). Bu bulgular havzayı kuzeyden sınırlayan fay kolunun, aktif olmadığı veya aktivitesinin az olduğunu göstermektedir.

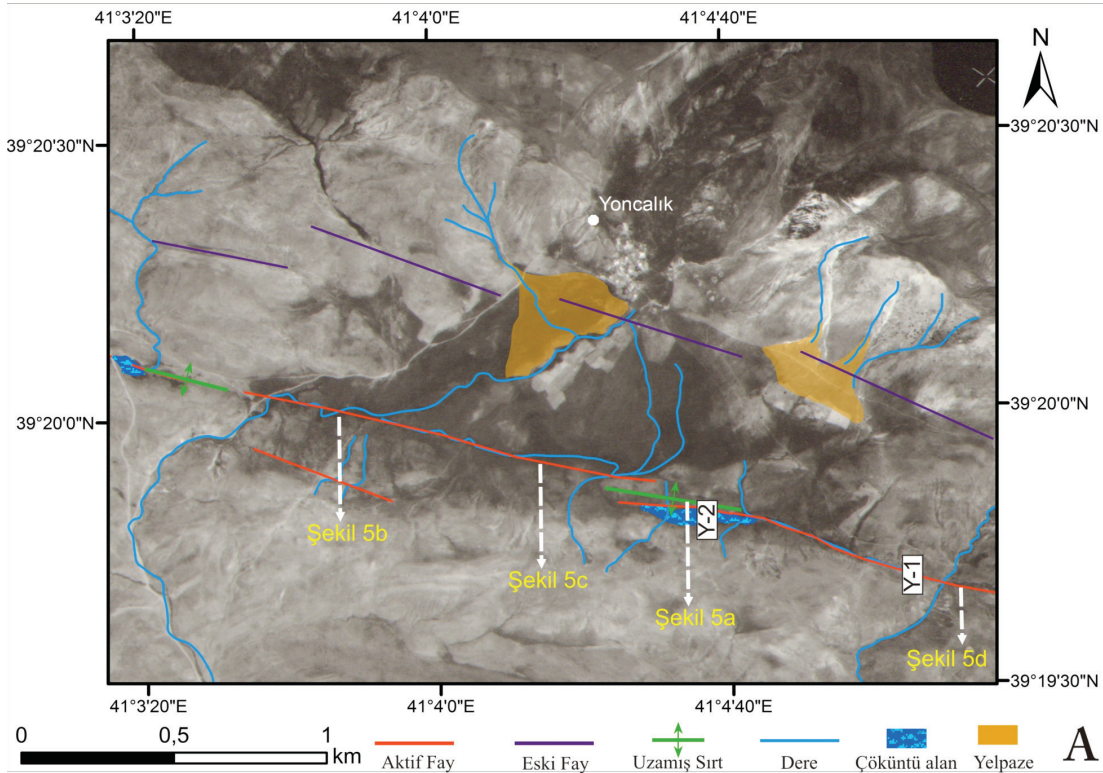
Yoncalık Havzası içerisinde aktif olan kol, havzayı güneyden sınırlayan Ilıpınar segmentine aittir. Ilıpınar Segmenti'nin havza içindeki doğrultusu $K70^{\circ}B$ ve uzunluğu 3 km'dir.

Bu kol üzerinde uzamış sırt ve çığisel çöküntü alanları (Şekil 5a), ötelenmiş ve kapılmış dereler (Şekil 5b), ve morfolojik kırıklık (Şekil 5c), gibi segmenti karakterize eden pek çok morfolojik yapı oluşmuştur (Şekil 4).

Yoncalık havzasının güneyinde bulunan dereler, K70°B olan fay doğrultusuna yaklaşık dik konumdadır ve 20 m - 500 m arasında değişen miktarlarda sağ yanal olarak ötelenmiştir (Şekil 4 ve 5b). Havzanın güneyini sınırlayan fay üzerinde yer alan sırtlardan doğuda olanının uzunluğu 450 m, batıda ve havzanın içinde olanının uzunluğu ise 285 m'dir (Şekil 4 ve 5a). Doğuda olan sırt ve bunun güneyinde yer alan fay etkisi ile oluşmuş çöküntü bölgeden, fayın konumunun K70°B

olduğu anlaşılmıştır. Bu lokasyonun yaklaşık 300 m batısında bulunan ve kuzey bloku düşen 40 cm yüksekliğindeki fay şevi, havzanın güneyindeki faylanma ile ilgili başka bir veridir (Şekil 5c).

Morfolojik veriler havzanın kuzeyinden geçen fay kolunun aktif olmadığına veya aktivitesinin çok az olduğuna işaret etmektedir. Havzayı güneyden sınırlayan Ilıpınar Segmenti'nin, morfolojisi ise oldukça belirgindir. Bu veriler ışığında Yoncalık Havzası'nın, kuzeyde bulunan fayın sağa sıçraması ile açıldığı, ancak daha sonra kuzey kolun terk edilerek hareketin güney kol tarafından karşılandığı düşünülmektedir (Şekil 3).



Şekil 4. Yoncalık Havzası civarında Ilıpınar Segmenti'nin geometrisi ve havza içindeki morfolojik yapılar (Y-1: Yoncalık-1 Hendeği, Y-2: Yoncalık-2 Hendeği).

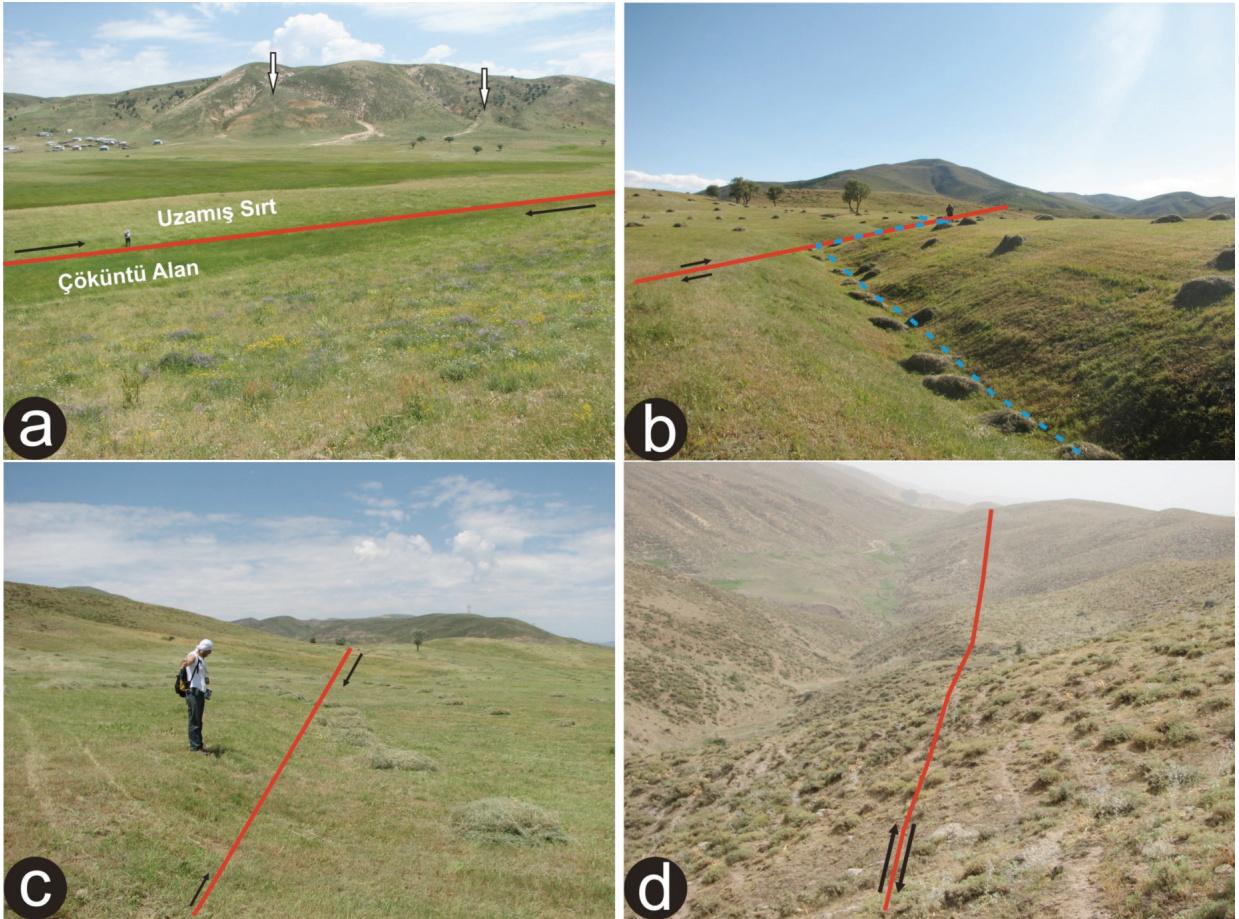
Figure 4. Geometry of Ilıpınar Segment at the vicinity of Yoncalık Basin and the morphotectonic structures in the basin (Y-1: Yoncalık-1 Trench, Y-2: Yoncalık-2 Trench).

ILIPINAR SEGMENTİ'NİN PALEOSİSMOLOJİSİ

Yoncalık-1 Hendeğinin Konumu ve Stratigrafisi

Yoncalık Havzası'nın doğusunda olan Yoncalık-1 hendek yeri, hendeğin batısında ve doğusunda bulunan ötelenmiş dereler ve bunların arasında yer alan ve son depremlerle ilişkili olduğu düşünülen şev dikkate alınarak belirlenmiştir (Şekil 6a). Hendek yerinin çökel kaynağını, güneydeki yükseltiler oluşturur (Şekil 6b).

Çalışma alanında K70B konumlu Ilıpınar Segmenti üzerinde açılan Yoncalık-1 hendeği, K20°D doğrultusunda 18 m uzunlukta ve 2.5-3 m derinlikte açılmıştır. Yoncalık-1 hendeğinin batı duvarındaki stratigrafik birimler ve yapısal unsurlar 1/20 ölçeğinde loga aktarılmıştır (Şekil 7). Yoncalık-1 hendeğinin doğu duvarı ise hendek açma çalışmaları sırasında bozulduğu için logu hazırlanamamıştır.



Şekil 5. Yoncalık Havzası içinde Ilıpınar Segmenti kontrolünde gelişen yapılar: (a) 450 m uzunluğundaki uzamiş sirt ve çöküntü alan (güneydoğuya bakış), (b) 80 m'lik dere ötelenmesi (kuzeye bakış), (c) fay şevi (batıya bakış), ve (d) morfolojik kırıklık (doğuya bakış).

Figure 5. Structures formed by Ilıpınar Segment in the Yoncalık Basin: (a) 450 m long elongated ridge and depression area (southeast viewing), (b) 80 m river offset (north viewing), (c) fault scarp (west viewing), and (d) morphologic lineament (east viewing).

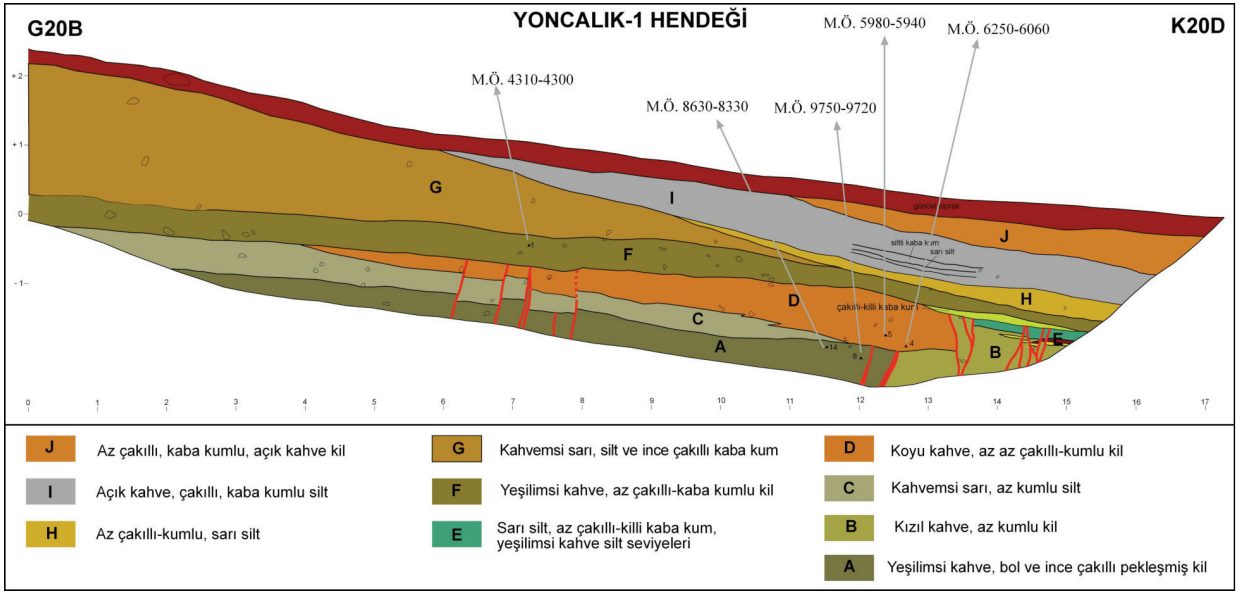
Yoncalık-1 hendeğinde ufak çakıllar içeren ince taneli birimler egemen olarak görülür. Stratigrafik olarak en altta bulunan birim ince bol çakıllar içeren yeşilimsi kahve renkli pekleşmiş kildir ve hendeğe ait logda "A" ile gösterilmiştir (Şekil 7). A çökel paketinin hendeğin kuzeyinde bulunan kızıl kahve renkli az kumlu kil ile gösterilen B paketi ile olan sınırı faylıdır. Hendek tabanında ortaya çıkan A biriminin üstüne kahvemsî sarı renkte, az kumlu siltten oluşan C birimi çökelmiştir. C birimi hendeğin güneyinde 0-4 m arasında yeşilimsî kahve renkli, az çakıllı kaba kumlu kilden oluşan F birimi tarafından örtülürken 4-12 m arasında kahverenkli az çakıllı pekleşmiş kilden oluşan D birimi ile örtülmüştür. C birimi kuzeye doğru yanal geçişle son bulur ve 12. m'den sonra görülmez. D birimi hendek içerisinde 4. m'den sonra görülür. Güneye doğru kama yaparak son bulan D biriminin kuzeydeki B birimi ile sınırı faylıdır. B birimi hendeğin güneyinde tabanda bulunan birimdir. B biriminin üstüne gelen ince seviyeler E paketi olarak tanımlanmıştır

ve aynı olaya ait faylanmalar ile kesilip hendek tabanına doğru düşey olarak yer değiştirmiştir. Silt, az çakıllı kil ve kaba kumdan oluşan F birimi hendek içerisinde kuzeyden güneye stratigrafik ve yapısal olarak kesiklik göstermeden devam eden tek birimdir. Bu özelliği ile F birimini Yoncalık-1 hendeğine ait kılavuz seviye olarak kabul edilmiştir. Kılavuz seviye olan F birimi üstüne kahvemsî sarı renkli, silt ve ince çakıl içeren kaba kumlu G birimi gelir. G birimi hendeğin güneyinde bir metreden fazla kalınlığa sahip iken kuzeye doğru kamalanarak sonlanır. Logda H olarak isimlendirilen az miktarda kaba kum içeren sarı renkli silt, kılavuz seviyeyi hendeğin kuzeyinde örter. H seviyesini örten I çökel paketi çakıl ve kaba kum muhteviyatlı siltten oluşur. I seviyesi hendeğin güneyinde G seviyesi ile de dokanak oluşturur. I seviyesi içerisinde kaba kum ve çakıllardan oluşan yanal devamlılığı olmayan çok ince iki seviye yer alır. I seviyesini örten iki birim vardır. I seviyesi, açık kahverenkli az çakıllı kilden oluşan J birimi tarafından üzerlenir.



Şekil 6. (a) Yoncalık-1 hendeğinin yakınındaki dere ötelenmesi ve fay şevi (güneybatıya bakış), (b) hendek yeri (kuzeye bakış).

Figure 6. (a) River Offset and fault scarp close to Yoncalık-1 trench (southwest viewing), (b) trench site (north viewing).



Şekil 7. Yoncalık-1 hendeginin batı duvarının stratigrafisi, yapısal unsurları ve hendekten alınan numunelerin C14 yaş sonuçları.

Figure 7. Stratigraphy, structural units of the west wall of the Yoncalık-1 trench and 14C results of samples collected in the trench.

Yoncalık-1 Hendeg'in'de Faylanma ve Deprem Tarihçesi

Yoncalık-1 hendeginde çökel kayıtlara ve yapısal verilere dayanarak iki eski deprem seviyesi belirlenmiştir. Hendek stratigrafisi göz önüne alındığında en eski deprem, hendegün güney tarafında 12 ila 13. metreler arasında görülen fay kolları ile temsil edilir (Şekil 8a). 12. metrede iki kol halinde görülen fayın kuzeyde kalan kolu A seviyesi ile B seviyesi arasındaki sınırı oluşturmaktadır. Söz konusu deprem A seviyesini kesmiştir. A seviyesinden alınan B-8 ve B-14 örnekleri sırası ile MÖ 9750-9722 ve MÖ 8630-8330 arasında yaşlar vermiştir (Çizelge 2). Bu

örneklerden B-14, seviyenin üst tarafından alındığı için bu seviyeyi kesen fayı yaratan deprem için yaklaşık olarak MÖ 8500 yılından sonra olduğu düşünülmüştür. A seviyesini örten D biriminden alınan B-4 ve B-5 numaralı kömür örnekleri stratigrafik olarak birbirleriyle uyumludur ve sırasıyla MÖ 6250-6060 ve MÖ 5980-5940 yaşları alınmıştır (Çizelge 2). Bu örneklerden B-4, seviyenin tabanına daha yakındır. A ve D seviyelerinden elde edilen yaşlandırma verileri birlikte değerlendirildiğinde yaklaşık olarak MÖ 8500-6150 yılları arasında bir depremin İlıpınar Segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturduğu söylenebilir.

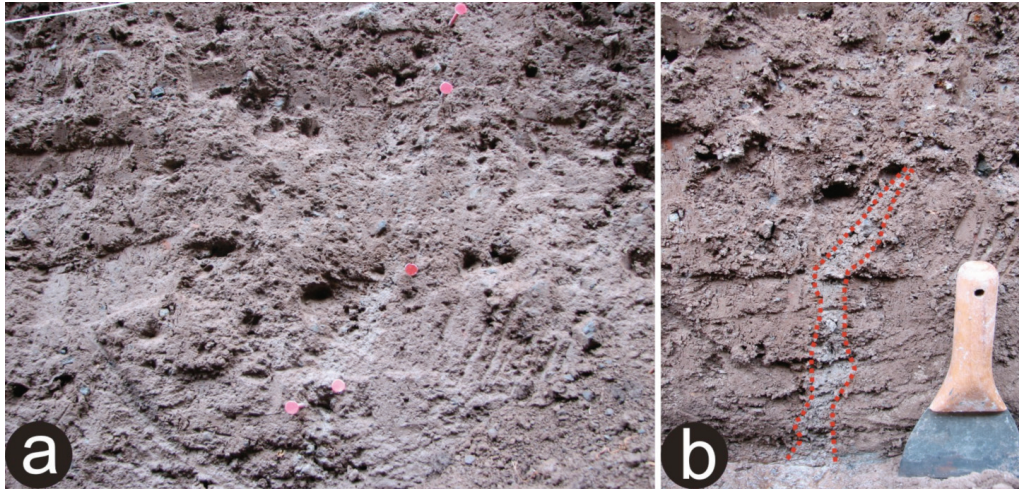
Çizelge 2. Yoncalık-1 hendeğinden elde edilen C14 yaşları.

Table 2. Obtained 14C ages from Yoncalık-2 trench.

| BETA Örnek No | Örnek No | Hendek Adı | Örnek Tipi | Ölçülen Yaş | 13C/12C | Konvensiyonel Yaş | 2 Sigma Kalibrasyonu (BETA) M.Ö Bin yıl |
|---------------|----------|------------|------------|----------------|------------|-------------------|---|
| 253649 | Y1-B14 | Yoncalık-1 | Kömür | 9240 +/- 50 BP | -22.7 o/oo | 9280 +/- 50 BP | 8630-8330 |
| 253646 | Y1-B8 | Yoncalık-1 | Kömür | 9940 +/- 50 BP | -22.6 o/oo | 9980 +/- 50 BP | 9750-9720 |
| 253643 | Y1-B5 | Yoncalık-1 | Kömür | 6950 +/- 50 BP | -24.6 o/oo | 6960 +/- 50 BP | 5980-5940 |
| 253642 | Y1-B4 | Yoncalık-1 | Kömür | 7270 +/- 50 BP | -22.5 o/oo | 7310 +/- 50 BP | 6250-6060 |
| 253641 | Y1-B1 | Yoncalık-1 | Kömür | 5280 +/- 40 BP | -22.5 o/oo | 5320 +/- 40 BP | 4310-4300 |

Yoncalık-1 hendeğindeki ikinci olay hendek içerisinde iki zon olarak görülmektedir. Birinci zon hendeğin 6 ve 8. metreleri arasında düşey ve birbirine paralel kollar şeklinde görülmektedir (Şekil 8b). Bu kesimdeki fay kolları A, C ve D çökel seviyelerini keserek seviyeler arasındaki sınırın yerini düşey olarak değiştirmiştir. A ve C seviyelerinin sınırı ile C-D seviyeleri, arasındaki sınır faylanmadan dolayı aynı miktarlarda düşey yönde hareket etmişlerdir. Sınırlarda meydana gelen düşey hareketlerin sadece bir deprem sırasında oluşabileceği düşünülmüştür. D seviyesinin üst kesiminden

alınan B-5 numunesinin yaşı yaklaşık olarak MÖ 5960'dır. Depreme ait fay kolları F çökel seviyesi tarafından örtülür. F seviyesinden alınan B1 numunesinin yaşı ise MÖ 4310-4300'dür. B-5 ve B-1 numunelerinin yaşları birlikte değerlendirildiğinde MÖ 5960 ile 4300 arasında Ilıpınar segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan başka bir deprem olmuştur. Bu depreme ait ikinci zon ise hendeğin kuzeyinde 13 ila 15. metreler arasında görülmektedir. E çökel paketindeki birimlerin sınırları düşey olarak yer değiştirmiştir. F seviyesi bu zona ait kolları da örter.



Şekil 8. Yoncalık-1 hendeğinin batı duvarının 6. metresinde (a) ve 12.-13. metreler arasında (b) görülen faylar
Figure 8. On the west wall of the Yoncalık-1 trench faults are observed (a) at 6.meter and (b) between 12-13. meters.

Yoncalık-2 Hendeğinin Konumu ve Stratigrafisi

Yoncalık-2 hendeği havzanın orta kesiminde, Yoncalık-1 hendeğinin yaklaşık 2 km batısında, havzayı güneyden sınırlayan K70B doğrultulu Ilıpınar segmentine paralel olarak konumlanmış uzamış sırt ile havzayı güneyden sınırlayan yükseltiler arasında yer alır (Şekil 9). Bu alan aynı zamanda gidişatı faya ve uzamış sırta paralel olan çizgisel çöküntü bir alandır. Yoncalık-2 hendeğinin açıldığı alanda çökel kaynağı asıl olarak güneydeki yükseltiler olmasında rağmen süreksiz olarak akan bazı ufak dereler de etkilidir. Çöküntü alanı kuzeyden sınırlayan uzamış sırt, çökellerin havzanın iç kesimlerine taşınmasını engelleyen bir set görevi yapmaktadır. Çalışma zeminin en kuru olduğu dönemde gerçekleştirilmesine rağmen, yeraltı su seviyesinin yüksek olmasından dolayı hendek derinliği 2,3 m ile sınırlandırılmıştır.

Hendeğin doğrultusu K20°D uzunluğu ise 26 m dir. Hendeğin güney kesimi oldukça düzenli ve deforme olmamış olduğundan, güneyde loglanan 12 metre gösterilmemiştir.



Şekil 9. Yoncalık-2 hendeği Şekil 5a'da gösterilen çöküntü alan ve uzamış sırttan belirlenen K70°D konumundaki faya dik olacak şekilde açılmıştır.

Figure 9. The Yoncalık-2 trench has been excavated perpendicular to the N70E trending fault, which is expressed in the morphology by an elongated ridge and a parallel depression, as shown in Figure 5a.

Yoncalık-2 hendeğindeki seviyeler, çok ince malzemeli birimlerden oluşmuştur. Bu seviyeler genelde yatay konumda olan, kil ve silt boyutlu çökellerden meydana gelişmiştir (Şekil 10). Hendek içerisindeki en yaşlı birimler A ve B ile gösterilen seviyelerdir. A paketi yeşilimsi kahve renkli az miktarda kum içeren kil çökelidir. B ise kahverenkli killi siltten oluşmuştur. B üzerine C ve D birimleri çökelmiştir. C birimi, kahvemsiz yeşil renkte kum-silt hamur içerisinde yer alan çakıl ve küçük bloklardan oluşmaktadır. D birimi açık kahverenkli kumlu siltten oluşur. Hendekte fay zonunun her iki tarafında yer alan kahverengi, az kumlu siltli kilden oluşan E seviyesi A, B, C ve D birimlerini örtmüştür. E üzerine gelen F ile simgelenmiş kalınlı kil ve onun üzerini örten G ile gösterilmiş sarımsı kahverengi, az kumlu kil, fay tarafından kesilmiştir. G seviyesi, sarımsı gri renkte, seyrek kalınlı içeren ince çakıllı, siltli kilden oluşan H birimi tarafından örtülür. Hendekteki çökel paketleri güncel toprak seviyesi ile örtülmüştür.

Yoncalık-2 Hendeğinde Faylanma ve Deprem Tarihçesi

Yoncalık-2 hendeğinin, çökel paketlerinin stratigrafik konumları ve yapısal özellikleri birlikte değerlendirildiğinde iki (veya daha fazla) eski deprem seviyesi olduğu anlaşılmaktadır. Hendeğin 7. metresinde iki koldan oluşan tek bir fay zonu belirlenmiştir (Şekil 10 ve 11). Bu hendekte belirlenen depremlerin söz konusu fay kolu üzerinde gerçekleştiği düşünülmektedir.

Hendekte tanımlanan ilk deprem, E biriminin çökeliminden önce olmuştur. E biriminin, fay zonunun her iki bloğunda bulunan farklı seviyeleri ortak olarak örtmesi bunun verisidir. Fay zonunun her iki tarafında farklı birimlerin yer alması bu zonun daha önceden de çalışmış olduğunu gösterir.

Fayın kuzey blokuna kalan B-C-D seviyelerinin fayın güney blokunda görülmemesi fay kolu üzerinde E seviyesinin çökelişinden önce bir veya daha fazla deprem olduğu şeklinde yorumlanmıştır. Fakat bu depremi (veya depremleri) belirlemek ve tarihlendirmek mümkün değildir. Yaşlandırılabilir ilk deprem E birimi ile üstten sınırlandırılabilir. Ancak E biriminin altındaki birimlerin ne kadar aşınmaya maruz kaldıkları bilinmemektedir. Bu nedenle E biriminden alınacak yaştan (az veya çok) daha önce bir deprem olduğu söylenebilir.

E biriminin alt kesiminden alınan B-2 ve daha üst kesiminden alınan B-7 nolu kömür örneklerine ait yaşlar sırası ile MÖ 7070-6760 ve MÖ 6330-6320 tarihlerini vermektedir (Çizelge

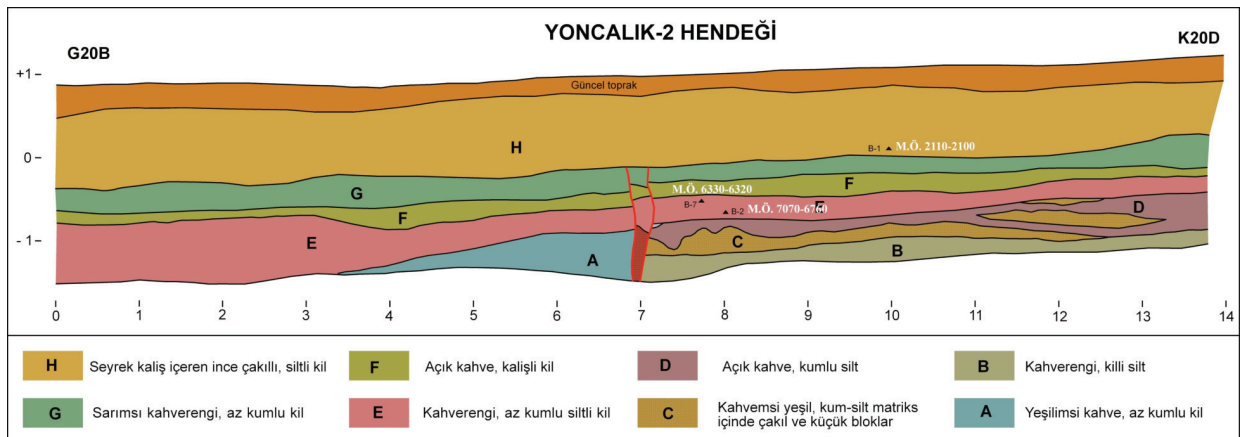
3). Yaşlar stratigrafik olarak birbiriyle uyumludur. Daha alt seviyede yer alan B-2 örneğinin yaşı dikkate alındığında Ilıpınar segmenti üzerinde yaklaşık olarak MÖ 6325 tarihinden önce bir deprem olmuş olmalıdır.

Hendekteki bir sonraki deprem verisi muhtemelen en son depremi temsil eder. Uyumlu olarak çökelmiş E, F ve G birimlerini kesen ve aynı miktarlarda öteleyen fay kolları H birimi tarafından örtülmektedir. H biriminin altından alınan B-1 örneğinin yaşı MÖ 2110-2100 arasındadır (Çizelge 3). E biriminin üst kesiminden alınan B-7 örneği ile birlikte değerlendirildiğinde, bu hendekteki son depremin yaklaşık olarak MÖ 6325-2105 aralığında oluştuğu söylenebilir.

Çizelge 3. Yoncalık-2 hendeğinden elde edilen C14 yaşları.

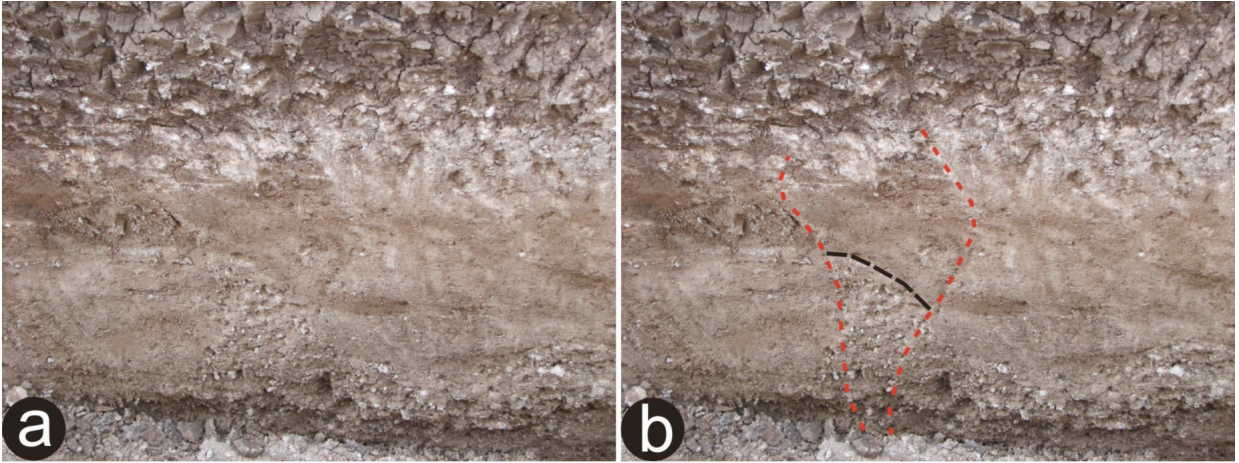
Table 3. Obtained 14C ages from Yoncalık-2 trench.

| BETA Örnek No | Örnek No | Hendek Adı | Örnek Tipi | Ölçülen Yaş | 13C/12C | Konvensiyonel Yaş | 2 Sigma Kalibrasyonu (BETA) M.Ö Bin yıl |
|---------------|----------|------------|------------|----------------|------------|-------------------|---|
| 253654 | Y2-B7 | Yoncalık-2 | Kömür | 7300 +/- 50 BP | -24.0 o/oo | 7320 +/- 50 BP | 6330-6320 |
| 253651 | Y2-B2 | Yoncalık-2 | Kömür | 8020 +/- 50 BP | -25.2 o/oo | 8020 +/- 50 BP | 7070-6760 |
| 253650 | Y2-B1 | Yoncalık-2 | Kömür | 3580 +/- 40 BP | -23.8 o/oo | 3600 +/- 40 BP | 2110-2100 |



Şekil 10. Yoncalık-2 hendeğinin batı duvarının stratigrafisi, yapısal unsurları ve hendekten alınan numunelerin C14 yaş sonuçları.

Figure 10. Stratigraphy, structural units of the west wall of the Yoncalık-1 trench and 14C results of samples collected in the trench.



Şekil 11. Yoncalık-2 hendeğinin batı duvarında görülen fayın yorumluz (a) ve yorumlanmış (b) görüntüsü.

Figure 11. (a) Original and (b) interpreted photo of the fault that seen at the west wall of the Yoncalık-2 trench.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yoncalık havzasının güney kenarında 2 km aralıkla açılan iki hendeğin mekânsal yakınlıkları göz önünde bulundurulduğunda aynı yüzey faylanmalarını yansıyacıkları açıktır. Hendeklerden alınan radyokarbon örneklerinin benzer yaş aralıklarına tarihlendirilmiş olmaları ise çökelme süreçlerinde de bir türdeşlik olduğunu gösterir. Faylanma ve çökelme benzerliklerinden yola çıkılarak her iki hendekte belirlenen iki eski olayın aynı yüzey faylanmalarına karşılık geldikleri yönünde yorumlanmıştır. Ilıpınar Segmenti üzerinde yapılan paleosismoloji çalışmaları sonucunda iki eski deprem olayı belirlenmiştir. Depremleri sınırlayan tarih aralıkları geniş olsa da birbirleri ile uyum gösterir. Yoncalık-2 hendeğindeki MÖ 6325 tarihinden önce olan depremin Yoncalık-1 hendeğinde MÖ 8500-6150 arasında olan deprem ile aynı olduğu düşünülmektedir. Yoncalık-2 hendeğinden elde edilen MÖ 6325-2105 tarihleri arasında olmuş depremin ise Yoncalık-1 hendeğindeki MÖ 5960-4300 tarihleri arasında olmuş deprem ile aynı deprem olduğu anlaşılmaktadır. Yoncalık hendeklerinden elde edilen veriler,

Ilıpınar Segmenti'nin deprem üretme aralığının KAFZ'nin genel davranışına uygun olmadığını göstermektedir. Olaylar her ne kadar geniş bir zaman aralığına tarihlendirilmiş olsalarda, iki olay arası zaman en az 2000 sene civarındadır. KAFZ'nin batı kısımlarında ise deprem tekrarlanma aralığı 200 ila 600 sene arasında değişiklik gösterir (ör: Hartleb ve diğ., 2006).

KÜE civarının karmaşık deformasyon dağılımından dolayı (Şengör, 1979; Şengör, 1985; Sançar ve diğ., 2011a), KAFZ'nin bu segmenti diğer segmentleri gibi düzenli deprem üretme aralığına sahip değildir. KAFZ'nin diğer kolları ile kıyaslandığında Ilıpınar Segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan depremlerin çok uzun periyotlar ile oluşmasının iki nedeni olabilir.

Bunlardan ilki, Ilıpınar Segmenti üzerinde sık olarak meydana gelen göreceli olarak küçük büyüklükteki depremlerin biriken yamulmayı azaltması olarak düşünülmüştür. Bu durumda 20 Ağustos 1966 ($M_s=6.1$) depremi Ilıpınar Fayı üzerinde gerçekleşmiş ve yüzey kırığı oluşturmamıştır. Dolayısı ile segmentin batısında olan 17 Ağustos 1949 ve doğusunda olan 19 Ağustos 1966 depremlerinin Ilıpınar Segmenti

üzerine aktaracağı enerjide azalma olmuştur. Segment üzerindeki benzer sismik aktivite, fayın bu kesimi üzerinde oluşan büyük depremlerin geniş zaman aralıklarında oluşmasına neden olur.

Diğer bir neden ise KAFZ'nin bu kesiminde deformasyonun geniş bir zona saçılarak, ana yamulmanın Ilıpınar Segmenti'nde gerçekleşmemesi olarak düşünülmüştür. Zira Ilıpınar Segmenti'ne yakın olarak konumlanmış ikincil faylar üzerlerinde önemli derecede yanal ve düşey hareketler olduğu belirtilmiştir (Sançar ve diğ., 2011b). Aynı çalışma, söz konusu faylar üzerinde yapılan morfometrik analizlere ve bu fayların bölgedeki topoğrafik yapı üzerindeki etkisine dayanarak, ikincil fayların bölgede biriken enerjinin bir kısmını üzerinde topladığını ileri sürmektedir. Bölgede yapılan jeolojik kayma hızı çalışmaları sonucunda elde edilen değerler (Zabcı, 2012), GPS temelli blok modellerden üretilen kayma hızı değerlerine göre farklılıklar içermektedir. Bölgede yapılan blok model hızları 25.3 ± 0.2 mm/yıl (Reilinger ve diğ., 2006) ile 11.8 ± 0.3 mm/yıl (Aktuğ ve diğ., 2013) arasında değerlere sahiptir.

Bu değerler ile jeolojik kayma hızı sonuçları (Zabcı, 2012) arasında sırası ile 5,3 mm/yıl ve 8,2 mm/yıl'lık farklar oluşmaktadır. Bu veriler KAFZ'nin en doğu kesiminde oluşan yamulmanın sadece Ilıpınar Segmenti tarafından karşılanmadığını bölgedeki ikincil yapıların da buradaki enerjinin bir kısmını üzerinde topladığını göstermektedir. Söz konusu enerji dağılımı ise segmentin KAFZ'nin geri kalanı gibi düzenli deprem davranışı göstermesini engeller. Yapılan hendek çalışmalarında Ilıpınar Segmenti üzerinde son 7000 yıldır yüzey kırığı oluşturan deprem verisi bulunamamıştır. Karşılaşılan bu durumun açılan hendeklerin söz konusu zaman zarfındaki yüzey faylanmaları ile kesişmemesi veya hendek yerlerinde faylanma kaydınının

saklanacağı çökelpmenin sürekli olmaması ile ilişkili olması mümkündür. Ancak her halükarda Ilıpınar segmentinin, konumu itibarıyla KAFZ'nin genelini yansıtan bir tarihçeye sahip olmadığı açıktır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma, "Karlıova Üçlü Eklemi Civarında Göynük Fayı (Bingöl) ve Varto Fayının (Muş) Morfotektoniği, Fay Geometrisi Ve Kayma Hızı" adlı 109Y160 No'lu TÜBİTAK ve İTÜ BAP doktora projelerinin desteği ile gerçekleştirilmiştir. Dr. Cengiz ZABCI ve Doç. Dr. Volkan KARABACAK çalışmaya büyük destek sağlamışlardır.

EXTENDED SUMMARY

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is one of the world's most important active dextral strike-slip structures. It extends, about 1200 km, from the Karlıova Triple Junction (KTJ) at east to the Gulf of Saros at west, paralleling more or less the southern Black Sea shores (Barka, 1992; Şengör, 1979; Şengör at al., 2005). More than 1000 km surface rupture formed on the NAFZ as a result of last century earthquakes ($M \geq 6.7$). Paleoseismic studies that performed on different segments of the zone reveal important data about earthquake history of the NAFZ. Spatial distribution of the paleoseismic studies clearly show that eastern part of the NAFZ, especially east of the Erzincan Basin, has no enough data in terms of the earthquake history.

Between Erzincan and Yedisu Basin the NAFZ has a narrow deformation zone whereas east of Yedisu Basin characterized by wide deformation zone as a result of complex fault geometry. 10 km wide of deformation zone (Şengör at al., 2005) characterized by restraining

double bend structures of major fault zone (FS1, FS2 and FS3) (Barka and Kadinsky-Cade 1988), and secondary faults that closely positioned the major zone. The Ilipinar segment (FS1) of the NAFZ refers to two last century earthquakes. The 17 August 1949 ($M=6.8$) ruptured whole part of the FS1 and FS2 but not FS3 (Barka and Kadinsky-Cade, 1988; Barka et al., 1987; Tutkun and Hancock, 1990). Although 20 August 1966 ($M_s=6.1$) earthquake correlate with Ilipinar segment formerly (Ambraseys and Zatopek, 1968; Dewey, 1976; Barka and Kadinsky-Cade, 1988), later studies interpret that this earthquake is aftershock of the 19 August 1966 ($M_s=6.8$) Varto earthquake (Ambraseys and Jackson, 1998).

The geometric Ilipinar segment (FS1) is located between Kızılıcubuk village and KTJ at the eastern part of the NAFZ. It elongates with averagely N70W orientation and has a length of 30 kilometers. Fault geometry has been mapped by definition of morphological features. Offset streams, pressure ridges and fault scarps, are clear morphotectonic evidences for fault geometry. The most eye catching morphotectonic structure of the segment is the Yoncalık basin, at the eastern part of the segment, delimited by two fault branches at the north and south, around Yoncalık village. Field observations and remote sensing studies shows that deformation is mainly controlled by the Ilipinar segment, which is delimited southern edge of the basin. At the northern boundary of the basin, morphological indicators are poor for recent activity of faulting. Paleoseismological trench studies were performed in two locations around the Yoncalık Basin to clarify historical earthquakes. The Yoncalık-1 trench is located at the eastern end of Yoncalık basin. The trench is excavated perpendicular to the N70W trending segment nearby an offset gully and fault scarp. We identified two paleo-earthquakes, which

correspond to BC 8500-6150 and BC 5960-4300 time intervals in the trench. The Yoncalık-2 trench is located at 1 km west of Yoncalık-1 site. A linear depression and elongate ridge characterize the N70E trending fault segment on trench site. Yoncalık-2 trench similarly yield two events, from which the older happened before BC 6325 and the younger was between BC 6325-2105. By the joint analysis of both trenches, we conclude that the most recent and penultimate events should have occurred between BC 5960-4300 and BC 8500-6325, respectively. The results from paleoseismology of the Ilipinar Segment, which constitute the easternmost part of the NAFZ, indicate that the seismic behaviour of the segment is not in accord with the general characteristic of the NAFZ. The reasons behind the disparity are considered to be related with complex fault geometry in the vicinity of KTJ and partitioning of accumulated strain on these structures. Both trench studies do not give any clues about the last 7000 years earthquake record. The reason of encountered situation should be related either trench sites are not intersect with surface rupture of mentioned time interval earthquakes or there was no continuous deposition near the trench locations.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akoğlu, A., 2007, Analysis and Modelling of Earthquake Surface Deformation With SAR Interferometry: Case Studies From Turkey and the World [Doktora Tezi, 148 p.
- Aktug, B., Dikmen, U., Dogru, A., and Ozener, H., 2013, Seismicity and strain accumulation around Karliova Triple Junction (Turkey): Journal of Geodynamics, v. 67, no. 0, p. 21-29.
- Allen, C. R., 1969, Active faulting in northern Turkey: Division of Geological Sciences, California Institute of Technology, Contribution No. 1577. 32 pp.
- Ambraseys, N. N., 1997, The little-known earthquakes of 1866 and 1916 in Anatolia (Turkey): Journal of Seismology, v. 1, no. 3, p. 289-299.

- Ambraseys, N. N., and Finkel, C., 1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500-1800, Eren, Beyođlu, İstanbul.
- Ambraseys, N. N., and Jackson, J. A., 1998, Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region: *Geophysical Journal International*, v. 133, no. 2, p. 390-406.
- Ambraseys, N. N., and Zatopek, A., 1968, The Varto Ustukran (Anatolia) earthquake of 19 August 1966 summary of a field report: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 58, no. 1, p. 47-102.
- Barka, A., 1996, Slip distribution along the North Anatolian fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 86, no. 5, p. 1238-1254.
- Barka, A. A., and Kadinsky-Cade, K., 1988, Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity: *Tectonics*, v. 7, no. 3, p. 663-684.
- Barka, A. A., and Reilinger, R., 1997, Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data: *Annals of Geophysics*, v. 40, no. 3, p. 587-610.
- Barka, A. A., Toksoz, M. N., Gülen, L., and Kadinsky-Cade, K., 1987, Kuzey Anadolu Fayının Doğu Kesiminin Segmentasyonu, Sismitesi ve Deprem Potansiyeli: *Yerbilimleri*, v. 14, p. 337-352.
- Bekler, F. N., Kekovalı, K., Kalafat, D., and Pınar, A., 2003, January 27, 2003 Pülümür (Turkey) Earthquake Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute ,Seismology Division, İstanbul.
- Dewey, J. W., 1976, Seismicity of Northern Anatolia: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 66, no. 3, p. 843-868.
- Fuenzalida, H., Dorbath, L., Cisternas, A., Eyidođan, H., Barka, A., Rivera, L., Haessler, H., Philip, H., and Lyberis, N., 1997, Mechanism of the 1992 Erzincan earthquake and its aftershocks, tectonics of the Erzincan Basin and decoupling on the North Anatolian Fault: *Geophysical Journal International*, v. 129, p. 1-28.
- Hartleb, R. D., Dolan, J. F., Kozacı, Ö., Akyüz, H. S. ve Seitz, G. (2006). A 2500-yr-long paleoseismologic record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian fault at Çukurçimen, Turkey. *Geological Society of America Bulletin*, 118(7/8), 823-840.
- Milkereit, C., Grosser, H., Wang, R., Wetzel, H.-U., Woith, H., Karakisa, S., Zünbul, S., and Zschau, J., 2004, Implications of the 2003 Bingöl Earthquake for the Interaction between the North and East Anatolian Faults: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 94, no. 6, p. 2400-2406.
- Nalbant, S. S., 1996, Depremlerin oluşturduğu deformasyon ve gerilme alanlarının modellenmesi [Doktora Tezi, : Jeofizik Mühendisliği Yer Fiziđi Programı, İstanbul.
- Pamir, H. N., and Ketin, I., 1941, Das anatolische Erdbeben Ende 1939: *Geologische Rundschau* v. 32, no. 3, p. 279-287.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., and Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions: *J. Geophys. Res.*, v. 111, no. B5, p. B05411.
- Sançar, T., Akyüz, H. S., and Zabcı, C., 2011a, Quaternary faulting mechanism around the Karlöva Triple Junction, EGU, *Geophysical Research Abstracts*: Vienna, EGU2011-5040.
- Sançar, T., Zabcı, C., and Akyüz, H. S., 2011b, Morphometric analysis of secondary faults around the Karlöva Triple Junction, EGU, *Geophysical Research Abstracts*: Vienna, EGU2011-4991.
- Seymen, İ., and Aydın, A., 1976, Bingöl Deprem Fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile İlişkisi (The Bingöl Earthquake fault and its relation to the North Anatolian Fault): *MTA Dergisi*, v. 79, p. 1-8.
- Şengör, A. M. C., 1979, The North Anatolian transform fault; its age, offset and tectonic significance: *Journal of the Geological Society of London*, v. 136, Part 3, p. 269-282.
- Şengör, A. M. C., Görür, N., and Şaroğlu, F., 1985, Strike slip faulting and related basin formations in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, *in* Biddle, K. T., and Christie-Blick, N., eds., *Strike-Slip Faulting and Basin Formation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Tulsa, Oklahoma, Special Publication No. 37, p. 227 - 264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidođan, H., Görür, N., Le Pichon, X., and Rangin, C., 2005, The North Anatolian Fault: A New Look: *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, v. 33, no. 1, p. 37-112.
- Taymaz, T., Eyidogan, H., and Jackson, J., 1991, Source Parameters of Large Earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey): *Geophysical Journal International*, v. 106, no. 3, p. 537-550.

- Tutkun, S. Z., and Hancock, P. L., 1990, Tectonic landforms expressing strain at the Karlova continental triple junction (E. Turkey): *Annales Tectonicae*, v. 4, p. 182 - 195.
- Wallace, R. E., 1968, Earthquake of August 19, 1966, Varto Area, eastern Turkey: *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 58, no. 1, p. 11-45.
- Zabcı, C., 2012, Kuzey Anadolu Fayı'nın Ilgaz (Çankırı) Doğusunda Kalan Kesiminin Morfokronoloji Tabanlı Son Beşbin Yıllık Kayma Hızı Tarihiçesi Ve Depremselliği [Doktora Tezi: İstanbul Teknik Üniversitesi, 289 p.

Makale Geliş Tarihi : 20 Ocak 2014
Kabul Tarihi : 7 Mart 2014

Received : 20 January 2014
Accepted : 7 March 2014