

Alaköy Fayı'nın Jeomorfolojik Özellikleri ve Tektonik Etkinliği (Van Gölü Havzası – Doğu Anadolu)

Geomorphological Properties and Tectonic Activity of Alaköy Fault (Lake Van Basin– Eastern Anatolia)

CANSU OKULDAŞ^{1*}, SERKAN ÜNER¹

¹Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 65080, Zeve Kampüsü, VAN

Geliş (received) : 10 Haziran (June) 2013

Kabul (accepted) : 29 Kasım (November) 2013

ÖZ

Bitlis-Zagros Kenet Kuşağı'nın kuzeyinde bulunan Van Gölü Havzası, Geç Pliyosen'de oluşmuş ve Kuvaterner'de etkili olan volkanizma ile son şeklini almıştır. Van Gölü doğusunda gölün eski çökellerinde, K-G doğrultulu sıkışma ile temsil edilen yeni tektonik döneme ait genç yapısal unsurlar gözlenmektedir. Bu yapılardan biri olan yaklaşık D-B uzanımlı, bindirme karakterindeki Alaköy Fayı, Van şehir merkezine 20 km uzaklıktadır. 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen 7.1 ve 5.6 (Mw) büyüklüğündeki depremler sırasında en çok hasar gören ve deprem sonrası artçı sarsıntılarının en fazla gözlemlendiği hat üzerinde bulunan fay, morfolojik veriler yardımıyla 25 km boyunca takip edilebilmektedir. Kuvaterner yaşlı göl çökelleri ve kıyı çökelleri içerisinde, yer yer de bu çökeller ile havza temel kayaları arasında gözlenen fayın etkinliği, akarsu kanalı kenarındaki eşlenmemiş (dönemsiz) teraslar, drenaj sistemindeki kesilme izleri, fay üzerinde gelişmiş yelpazeler ve topografyadaki ani eğim kırılmaları gibi jeomorfolojik veriler yardımıyla belirlenebilmektedir. Bu çalışma ile Alaköy Fayı'na ait, önceki çalışmalarda yer almayan fay düzlemi ölçümlerinin ilk defa ortaya koyulması ve jeomorfolojik veriler yardımıyla fayın güncel etkinliğinin ve bölgesel öneminin tartışılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alaköy Fayı, jeomorfoloji, Van Gölü Havzası, yeni tektonik dönem

ABSTRACT

The Lake Van Basin, formed in the Late Pliocene, is located on the north of Bitlis-Zagros Suture Belt and attained its final shape with Quaternary volcanic activity. Young structures created by N-S compressional neotectonic period are observed in lacustrine deposits of Lake Van. Nearly E-W trending Alaköy Thrust Fault is one of these structures which is 20 km far from Van city center. The most damaged areas due to the 23 October 2011 earthquakes (7.1 and 5.6 Mw) and the intense aftershocks are situated on this fault zone which can be followed along 25 km by geomorphologic indicators. The fault cuts off the Quaternary coastal lacustrine deposits and juxtaposes them with basement rocks of the basin in patches. The activity of the fault can be detected by unpaired terraces near the channel, interrupted drainages, fans formed on the fault and topographic slope breaks. In this study the fault plane measurements of Alaköy Fault are presented for the first time. The purpose of this study is to discuss the recent activity of Alaköy Fault within a regional content with the help of structural and geomorphologic data.

Keywords: Alaköy Fault, geomorphology, Lake Van Basin, neotectonic period.

GİRİŞ

Avrasya Plakası ile Arap Plakası'nın çarpışma zonunda bulunan Doğu Anadolu Platosu, konumu itibarıyla tektonizmanın oldukça aktif olduğu bir bölgede bulunmaktadır. Bu aktivitenin son örneği 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen 7.2 (M_w) büyüklüğündeki Van-Tabanlı depremdir. Türkiye'de bir ters fay tarafından üretilen en büyük sismik etkinlik olarak kaydedilen bu deprem (Koçyiğit, 2013), bölgesel tektonizma konusunda ilginin Van ve yakın çevresine dönmesine sebep olmuştur.

Van-Tabanlı Depremi sonrasında bölgenin yeni tektonik döneme ait jeolojik ve jeofizik özelliklerini, inşaat mühendisliği açısından durumunu ortaya koyan yayınlar ve raporlar yayımlanmıştır (Akyüz vd., 2011; Doğan vd., 2011; Emre vd., 2011; Kızıkanat vd., 2011; Koçyiğit vd., 2011; Özkaymak vd., 2011; Utkucu vd., 2011; Aydan vd., 2012; Konagai vd., 2012; Selçuk ve Aydın, 2012; Taşkın vd., 2012; Ulusay vd., 2012; Altın vd., 2013; Çelebi vd., 2013; Doğan ve Karakaş, 2013; Koçyiğit, 2013; Di Sarno vd., 2013; Utkucu, 2013). Jeolojik çalışmalar genel olarak, bölgedeki çizgiselliklerin belirlenmesi, deprem odak mekanizması çözümlerinin yorumlanması ya da sarsıntılarla oluşan yüzey deformasyonlarının değerlendirilmesinden oluşmaktadır. Bölgenin depremselliği dikkate alındığında, önceki çalışmalarda bahsedilen yapısal unsurların özelliklerinin ortaya konulması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma Van Gölü doğusunda Kuvaterner yaşlı eski, gölsel kıyı çökelleri içerisinde gözlenen bindirme karakterli Alaköy Fayı'nın (Şekil 1) yapısal özelliklerinin ve jeomorfolojik gelişiminin, arazi verilerine dayandırılarak ortaya konulması ve bu fayın bölgesel tektonik sistemdeki yeri ve öneminin tartışılması amacıyla yapılmıştır.

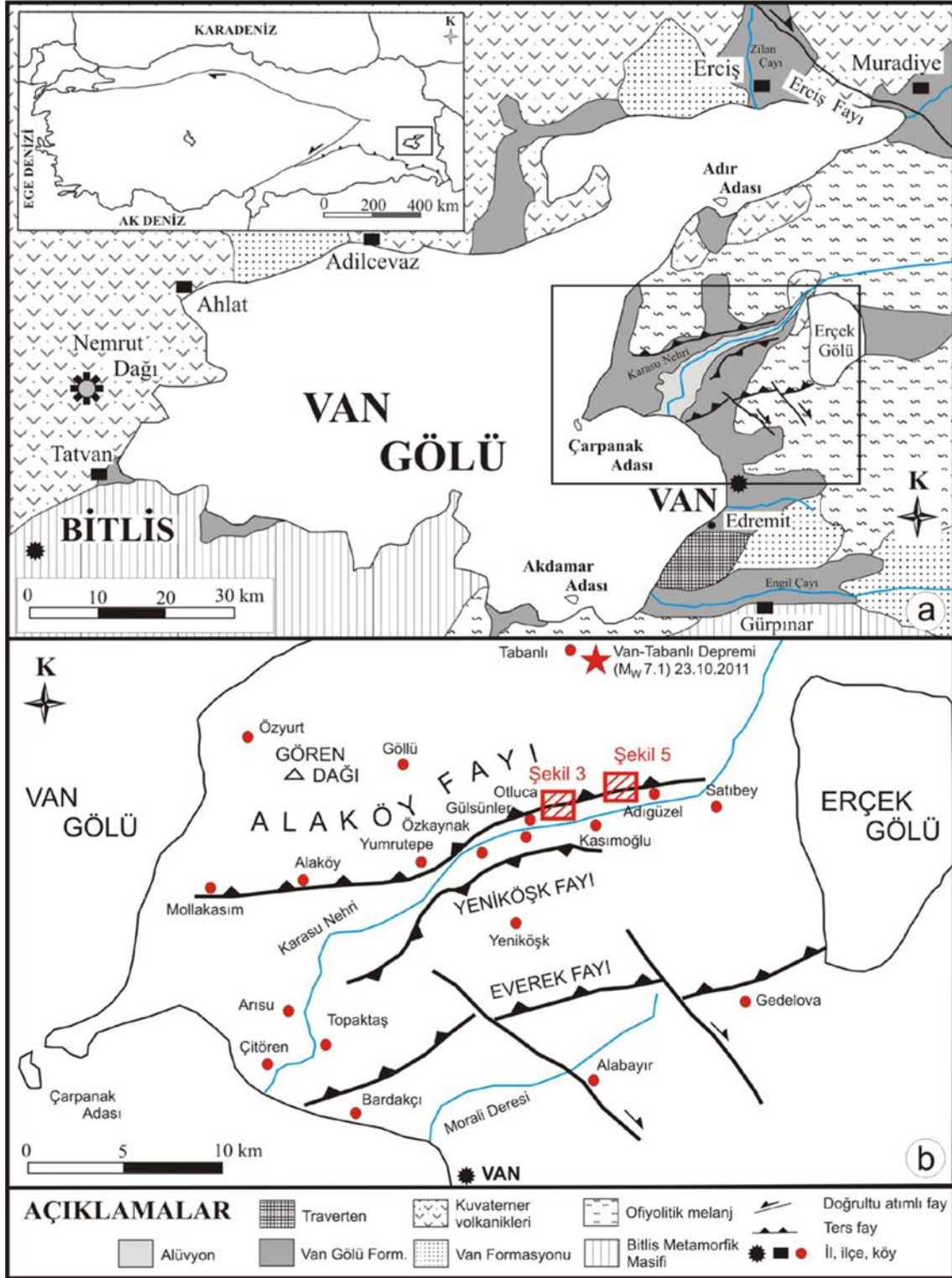
BÖLGESEL JEOLJİ ve TEKTONİZMA

Doğu Anadolu Platosu'nda yer alan Van Gölü Havzası, günümüzden yaklaşık 13 my önce, Avrasya ve Arap plakaları arasında meydana gelen kıta-kıta çarpışması sonrası etkili olan sıkışma rejimi ürünü bir havzadır (Şaroğlu ve

Yılmaz, 1986). Sınırları içerisinde dünyanın en büyük soda gölü olan Van Gölü'nü bulunduran havza (Kempe vd., 1978), Geç Pliosen'de oluşmuş ve Kuvaterner'de etkili olan volkanizma ile son şeklini almıştır (Blumenthal vd., 1964; Wong ve Finckh, 1978; Degens vd., 1984). Yaklaşık 500.000 yaşında olduğu düşünülen Van Gölü'nde (Litt vd., 2009), göl su seviyesi oluşturmundan günümüze kadar önemli dalgalanmalar göstermiştir (Degens vd. 1978; Üner, 2003; Kuzucuoğlu vd., 2010). Günümüzde deniz seviyesinden 1650 metre yüksekte bulunan Van Gölü'nün su seviyesinin çıktığı en yüksek değer önceki çalışmalarda; Degens vd. 1978 tarafından 1720 metre (+ 70 m), Kuzucuoğlu vd. 2010 tarafından ise 1755 metre (+105 m) olarak belirtilmiştir. Gerek tektonizma gerekse iklimsel faktörlere bağlı olarak gelişen bu değişimler sonucunda oluşan gölsel çökeller, Van Gölü doğusunda yaygın olarak gözlenmektedir (Aksoy, 1988; Acarlar vd. 1991; Üner vd. 2010; Kuzucuoğlu vd. 2010) (Şekil 1a).

Doğu Anadolu Platosu ve Van Gölü Havzası'nda yeni tektonik dönem Pliyo-Kuvaterner yaşlıdır (Koçyiğit vd., 2001). Arap Plakası ile Avrasya Plakası arasındaki çarpışmaya bağlı olarak gelişen K-G doğrultulu sıkışma rejimi, D-B doğrultulu ters faylar, KB-GD doğrultulu sağ yönlü ve KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylarla ile K-G doğrultulu genişleme yapıları tarafından temsil edilir (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986; Bozkurt, 2001; Koçyiğit vd., 2001; Koçyiğit, 2013).

Bölgede tarihsel ve aletsel dönemde farklı büyüklüklerde birçok deprem kaydedilmiştir (Ambrose ve Finkel, 1995; Utkucu, 2006; Tan vd., 2008; Selçuk vd., 2010). 23 Ekim 2011 tarihli Van-Tabanlı Depremi (M_w 7.2) ve hemen sonrasında yaşananlar deprem etkinliğinin devam ettiğinin önemli bir göstergesidir. Bölgede yeni tektonik dönem depremlerine ait jeolojik kayıtları Van Gölü'nün gölsel çökellerinde ve kıyı çökellerinde görülebilmektedir (Özkaymak, 2003; Üner vd., 2010; Özkaymak vd., 2011; Koçyiğit, 2013; Okuldaş ve Üner, 2013).



Şekil 1. a) Çalışma alanı ve yakın çevresinin sadeleştirilmiş jeoloji haritası (Aksoy, 1988; Acarlar vd., 1991; Üner, 2003'den değiştirilmiştir), b) çalışma alanındaki aktif fayları gösteren harita (Emre vd. 2012; Koçyiğit, 2013'ten).

Figure 1. a) Simplified geological map of the study area (modified from Aksoy, 1988; Acarlar et al. 1991; Üner, 2003), b) active faults of the study area (from Emre et al. 2012; Koçyiğit, 2013).

STRATİGRAFI

Geç Pliyosen'de oluşan Van Gölü Havzası (Şaroğlu ve Yılmaz, 1986), Bitlis Metamorfikleri, Üst Kretase ofiyolitleri ve Van Formasyonu olarak isimlendirilen Oligosen-Miyosen yaşlı derin denizel çökellerden oluşan bir temel üzerinde bulunmaktadır. Havzada temel kayaların üzerini, havza batısında ve kuzeyinde yer alan Nemrut ve Süphan volkanlarına ait Kuvaterner yaşlı volkanikler ve bunlarla eş yaşlı Van Gölü Formasyonu olarak isimlendirilen gölsel çökeltiler uyumsuz olarak örter. Havza çökel dolgusu, travertenler ve pekişmemiş güncel akarsu sedimanlarıyla sona ermektedir (Aksoy, 1988; Acarlar vd., 1991) (Şekil 2a).

Van Gölü'ne ait gölsel çökeltiler yaygın olarak Van Gölü'nün doğusunda, sınırlı olarak ta güneyinde ve kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1a). Van Gölü'nün doğusunda, Erçek Gölü ile Van Gölü arasındaki bölgede, gölsel çökeltiler Karasu Nehri'nin çökelleri ile yan-al-düşey geçişli halde bulunmaktadır (Okuldaş ve Üner, 2013). İçerisinde dalga ripilları, çapraz tabakalar ve gastropoda kavkaları bulunduran gölsel fasiyesler (Şekil 2b ve 2c), Van Gölü'nün bugünkü su seviyesinin 70 metre üzerinde olduğu dönemdeki (1720 m) sedimantasyonu ifade etmektedir. Bu seviyedeki gölsel çökeltilerin ve gölsel kıyı çökeltilerinin günümüzden 18000 yıl önce depolandığı önceki çalışmalarda belirtilmektedir (Degens vd., 1978; Valetton, 1978).

ALAKÖY FAYI

23 Ekim 2011 Van-Tabanlı Depremi'ni üreten Everek Fayı'nın 9 km kuzeyinde, Van İli Merkez İlçeye bağlı Mollakasım ile Adıgüzel köyleri arasında, yaklaşık 25 km boyunca uzanan yaklaşık D-B gidişli fay, Koçyiğit (2013) tarafından Alaköy Fayı olarak isimlendirilmiştir. Adıgüzel, Kasımoğlu, Otluca, Gülsünler, Özkaynak, Alaköy ve Mollakasım köylerinden geçen Alaköy Fayı (Şekil 1b) yer yer Van Gölü'nün eski çökelleri içerisinde, yer yer de bu çökeltiler ile temel kayalar arasında gözlenmektedir.

Yapısal Özellikleri ve Depremselliği

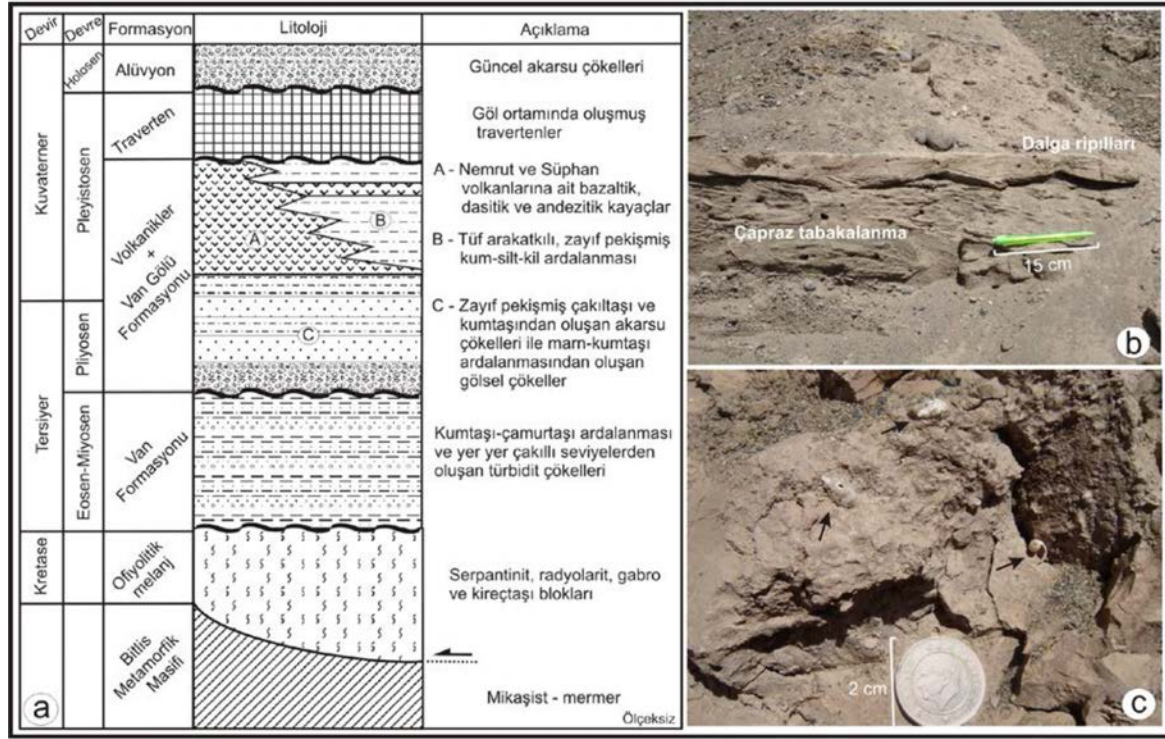
Kasımoğlu Köyü kuzeybatısında yapılan arazi çalışmaları sırasında, gölsel kıyı çökelleri içerisinde Alaköy Fayı'na ait fay düzlemi belirlenmiştir. Alaköy Fayı bu lokasyon için $K70^{\circ}B / 26^{\circ}$ KD konuma ve eğim yönünde 2 metrelik atıma sahiptir (Şekil 3a). Kaba kum ve ince çakıldan oluşan birim içerisinde gözlenen, fay düzlemi üzerindeki kayma çizikleri 90° 'lik sapma açısı sunmaktadır (Şekil 3b).

Son 1,5 yıl içerisinde, çalışmanın konusunu oluşturan Alaköy Fayı üzerinde kaydedilen deprem etkinliğine bakıldığında; 3 adet 5'ten büyük, 11 adet 4 ile 5 arası ve 77 adet 3 ile 4 arası büyüklüğe sahip toplam 91 adet deprem verisi göze çarpmaktadır (Çizelge 1). Bu hat üzerindeki odak mekanizması çözümü yapılan depremler (EMSC, 2013), Alaköy Fayı'ndaki etkinliğin, yaklaşık D-B doğrultulu ve yer yer az miktarda doğrultu atım bileşenine sahip, ters fay karakterinde olduğunu göstermektedir (Şekil 4).

Jeomorfolojik Özellikleri

Morfolojik yapıdaki değişimin belirlenmesi, bölgesel tektonik etkinliğin karakteri, hızı ve devamlılığı hakkında önemli ipuçları sunmaktadır. Flüvyal sistemlerdeki tektonik deformasyon ile ilgili jeomorfolojik indisler daha çok deformasyonun akarsu kanalına paralel olduğu durumlar ile ilişkilidir. Bununla beraber, akarsu kanalına dik yönde gelişen deformasyonu gösteren az sayıda jeomorfolojik belirteç bulunmaktadır (Keller ve Pinter, 2002).

Çalışma alanında, Alaköy Fayı'na paralel konumda akış gösteren Karasu Nehri yatağında tektonik deformasyon ile oluşan bazı morfolojik yapılar göze çarpmaktadır. Eşlenmemiş teraslar ve bunların eğim açıları, drenaj sistemindeki kesilme izleri, fay üzerinde gelişmiş yelpazeler ve ani eğim kırılmaları gibi jeomorfolojik özellikler, fay üzerindeki deprem verileri ile beraber değerlendirildiğinde Alaköy Fayı'nın Geç Kuvaterner dönem etkinliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 2. a) Çalışma alanının genelleştirilmiş stratigrafik sütun kesiti (Aksoy, 1988; Acarlar vd., 1991'den değiştirilmiştir). Van Gölü Formasyonu gösel çökellerinde gözlenen, b) dalga ripilları ve çapraz katmanlanma, c) gastropoda fosilleri.

Figure 2. a) Generalized stratigraphic columnar section of the study area (modified from Aksoy, 1988; Acarlar et al., 1991). b) wave ripples and cross bedding, c) gastropoda fossils from lacustrine deposits of Van Gölü Formation.

Eşlenmemiş teraslar ve eğim açıları

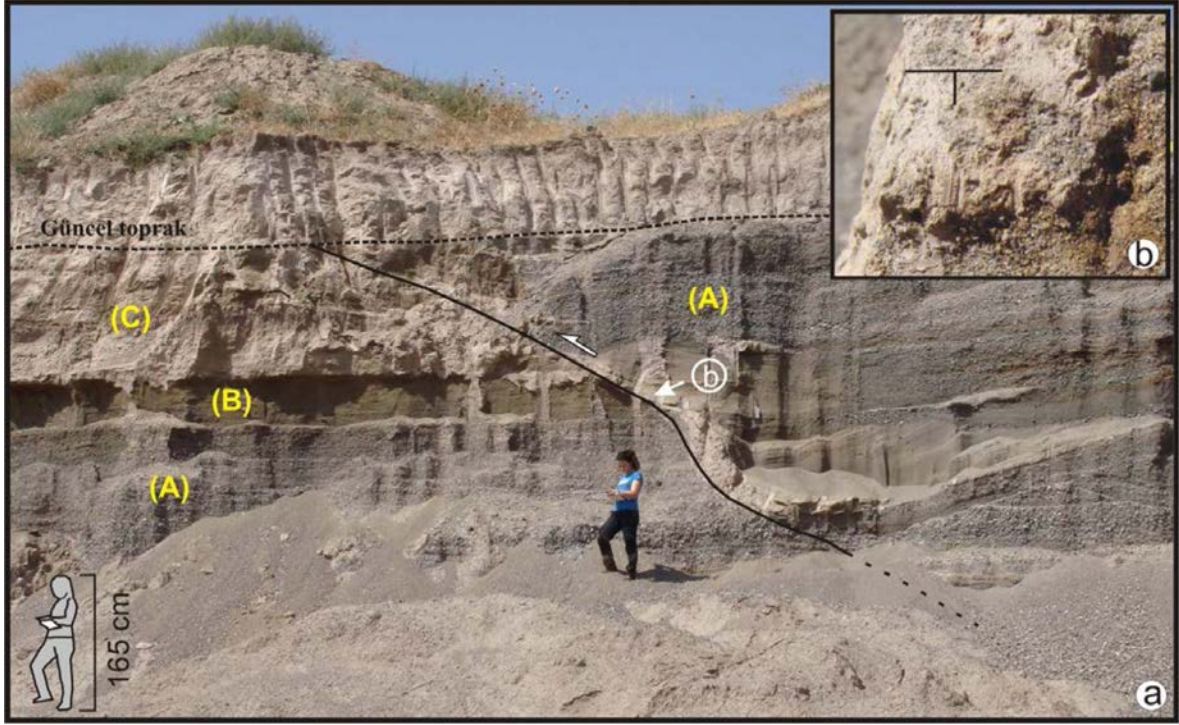
Karasu Nehri, Erçek Gölü'nün batısında Satıbey Köyü ile Yumrutepe Köyü arasında Alaköy Fayı'na yaklaşık paralel konumda akmaktadır. Kasımoğlu ve Adıgüzel köyleri civarında Karasu Nehri'nin yatağı incelendiğinde, akarsu kanalının güneyinde üç ayrı teras (T1-T2-T3), kuzeyinde ise tek bir teras (T3) bulunmaktadır (Şekil 5a ve 5b). Akarsu güneyindeki T1 ve T2 teraslarının karşılığı olan teraslar kanalın diğer tarafında gözlenmemektedir. Eşlenmemiş (dönemsiz) teras olarak isimlendirilen bu teraslardan yapılan pusula ölçümlerine göre, T1 terası 9° eğim açısına, T2 terası 4° eğim açısına sahipken, T3 terası yatay konumdadır.

Akarsu kanalındaki derine kazılma ve kanalın tektonizma sebepli göçü, farklı eğim açılarına

sahip eşlenmemiş terasları oluşturabilmektedir (Keller ve Pinter, 2002; Miall, 2006). Bölgede yapılan çalışmalarda elde edilen veriler, Alaköy Fayı ile Yeniköşk Fayı arasında yer alan Karasu Nehri kanalının, tektonizmaya bağlı asimetric yükseklik değişimi sebebiyle üç aşamalı olarak kuzeye göç ettiğini göstermektedir (Şekil 5c). Bu durumun hem eşlenmemiş terasların oluşmasına hem de mevcut T1 ve T2 teraslarının eğim kazanmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

Drenaj sisteminin kesilmesi

Karasu Nehri yaklaşık İran sınırından başlayan ve Van Gölü'ne kadar uzanan geniş bir drenaj alanına sahiptir. Erçek Gölü ile Van Gölü arasında, Otluca, Kasımoğlu ve Adıgüzel köyleri



Şekil 3. a) Alaköy Fayı'nın arazi görüntüsü; (A) çakıl, (B) kaba kum, (C) silt-kil, b) fay düzlemi üzerindeki kayma çiziklerinin görüntüsü.

Figure 3. a) Field photograph of Alaköy Fault; (A) gravel, (B) coarse sand, (C) silt-clay, b) close-up view of slickenlines on fault plane.

civarında, akarsu kanalı kuzeyinde yer alan drenaj kanallarının bir kısmının kurumuş ve bir hat boyunca kesilmiş olduğu gözlenmektedir (Şekil 6a).

Bir akarsuyun drenaj kanallarındaki kesilme, ya tektonizma etkisi ile ya da nehir akış sistemindeki ani değişimlere bağlı olarak oluşabilmektedir (Keller ve Pinter, 2002; Huggett, 2007). Çalışma alanında belirlenen kesilmiş drenaj kanalları akarsu kanal seviyesinin yer yer 13 metre üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6b). Bu durum kanallardaki kesilmenin, flüvyal sistemdeki değişiklik ya da taşkın sebebiyle drenaj boğulması şeklinde oluşmadığını göstermektedir. Drenaj kanallarının bir hat boyunca kesilmesi ve aynı hat üzerinde fay düzleminin bulunması (Şekil 3) tektonizma sebebiyle bir deformasyonu işaret etmektedir.

Fay üzerinde gelişmiş alüvyon yelpazeleri

Alaköy Fayı üzerinde çeşitli büyüklüklerde yelpazeler gelişmiştir. Alaköy Bindirmesi tavan bloğu üzerindeki yüksek kesimlerden, yapısal süreçler sonucu aşınan sedimanların taban blok üzerinde depolanmasıyla oluşan bu yelpazeler, fayın etkinliğini gösteren belirteçlerden bir tanesidir. Fay üzerinde gelişen yelpazelerden en büyüğü, yaklaşık 25 km² yayılıma sahip Alaköy Yelpazesidir (Şekil 7). Gören Dağı'ndan (Şekil 1b) aşınan sedimanlar tarafından oluşturulan yelpaze, Alaköy ile Arısu köyleri arasında geniş bir alanda gözlenmektedir. Fay hattı üzerinde, Adıgüzel Köyü civarında daha küçük yayımlı yelpazeler de bulunmaktadır.

Ani eğim kırılması

Bilindiği gibi, bir çizgisellik boyunca yamaç eğim açısı değerlerinde meydana gelen ani

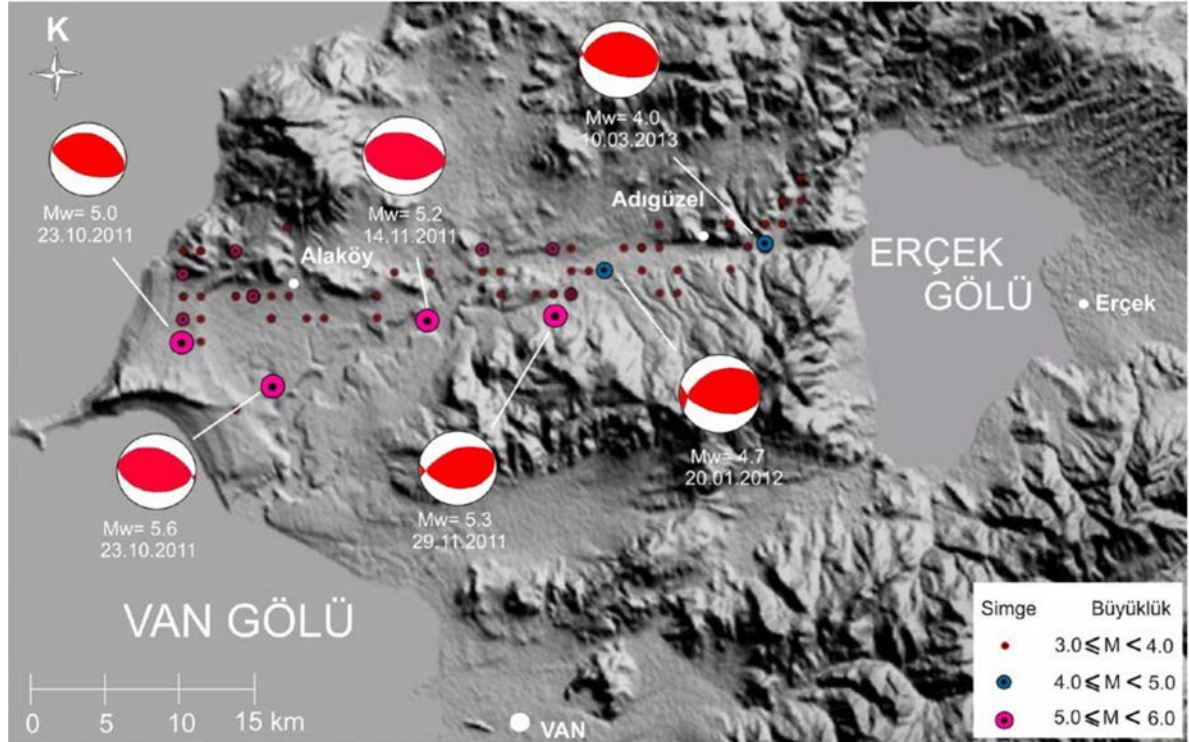
Çizelge 1. Alaköy Fayı ve yakın çevresinde 23 Ekim 2011 – 18 Nisan 2013 tarihleri arasında meydana gelmiş 3 ve üzeri büyüklüklerdeki depremlere ait kayıtlar (EMSC, 2013)

Table 1. Earthquake records with magnitude 3 and higher occurred on the Alaköy Fault and surrounding area between 23 October 2011 – 18 April 2013 (EMSC, 2013)

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük (Mw)	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklük (Mw)
23.10.2011	38.70	43.18	7	3.8	20.11.2011	38.70	43.17	2	3.9
23.10.2011	38.73	43.52	7	3.0	21.11.2011	38.68	43.21	18	4.3
23.10.2011	38.71	43.48	2	3.8	29.11.2011	38.67	43.38	10	5.3
23.10.2011	38.70	43.49	5	3.3	30.11.2011	38.73	43.52	2	3.2
23.10.2011	38.69	43.40	7	3.1	07.11.2011	38.70	43.43	5	3.0
23.10.2011	38.69	43.17	7	4.5	08.12.2011	38.68	43.28	7	3.0
23.10.2011	38.70	43.34	2	4.9	09.12.2011	38.73	43.52	5	3.4
23.10.2011	38.64	43.22	12	5.6	12.12.2011	38.68	43.39	7	4.1
23.10.2011	38.66	43.17	12	5.0	15.12.2011	38.70	43.44	7	3.2
24.10.2011	38.68	43.20	2	3.2	22.12.2011	38.68	43.45	7	3.0
24.10.2011	38.67	43.22	7	3.4	27.12.2011	38.68	43.23	19	3.8
24.10.2011	38.67	43.25	11	3.0	16.01.2012	38.68	43.17	7	3.0
24.10.2011	38.67	43.28	7	3.2	17.01.2012	38.68	43.37	19	3.6
24.10.2011	38.69	43.40	2	3.8	20.01.2012	38.70	43.50	21	4.7
24.10.2011	38.71	43.50	2	3.8	16.02.2012	38.69	43.22	13	3.0
24.10.2011	38.72	43.51	2	3.1	18.03.2012	38.67	43.24	18	3.4
24.10.2011	38.70	43.38	2	4.2	04.04.2012	38.69	43.48	20	3.8
25.10.2011	38.68	43.17	7	3.7	13.05.2012	38.72	43.52	12	3.0
25.10.2011	38.68	43.38	20	3.0	20.07.2012	38.69	43.41	8	4.3
25.10.2011	38.71	43.51	2	3.2	25.07.2012	38.69	43.34	21	3.1
26.10.2011	38.68	43.38	2	3.6	25.07.2012	38.69	43.39	2	3.3
26.10.2011	38.72	43.51	7	3.3	14.08.2012	38.68	43.39	7	3.0
26.10.2011	38.70	43.20	7	4.7	13.10.2012	38.69	43.31	7	3.0
26.10.2011	38.67	43.31	2	4.1	09.11.2012	38.68	43.20	19	3.2
27.10.2011	38.68	43.44	2	3.3	10.11.2012	38.66	43.18	20	3.9
27.10.2011	38.69	43.45	7	3.1	18.11.2012	38.63	43.20	5	3.3
27.10.2011	38.71	43.48	7	3.0	24.11.2012	38.69	43.31	7	3.2
27.10.2011	38.70	43.49	7	3.4	07.12.2012	38.72	43.19	7	3.1
28.10.2011	38.68	43.22	5	3.3	17.12.2012	38.69	43.53	15	3.4
28.10.2011	38.71	43.51	2	3.8	19.12.2012	38.68	43.22	10	3.5
29.10.2011	38.73	43.52	5	3.4	22.12.2012	38.66	43.50	10	3.0
31.10.2011	38.68	43.20	7	3.3	03.01.2013	38.68	43.19	15	3.2
02.11.2011	38.70	43.42	14	3.6	08.01.2013	38.69	43.29	5	3.8
03.11.2011	38.70	43.18	7	3.0	11.01.2013	38.71	43.23	7	3.2
06.11.2011	38.69	43.35	5	3.6	22.01.2013	38.64	43.25	18	3.8
07.11.2011	38.70	43.39	7	3.2	23.01.2013	38.64	43.19	5	3.8

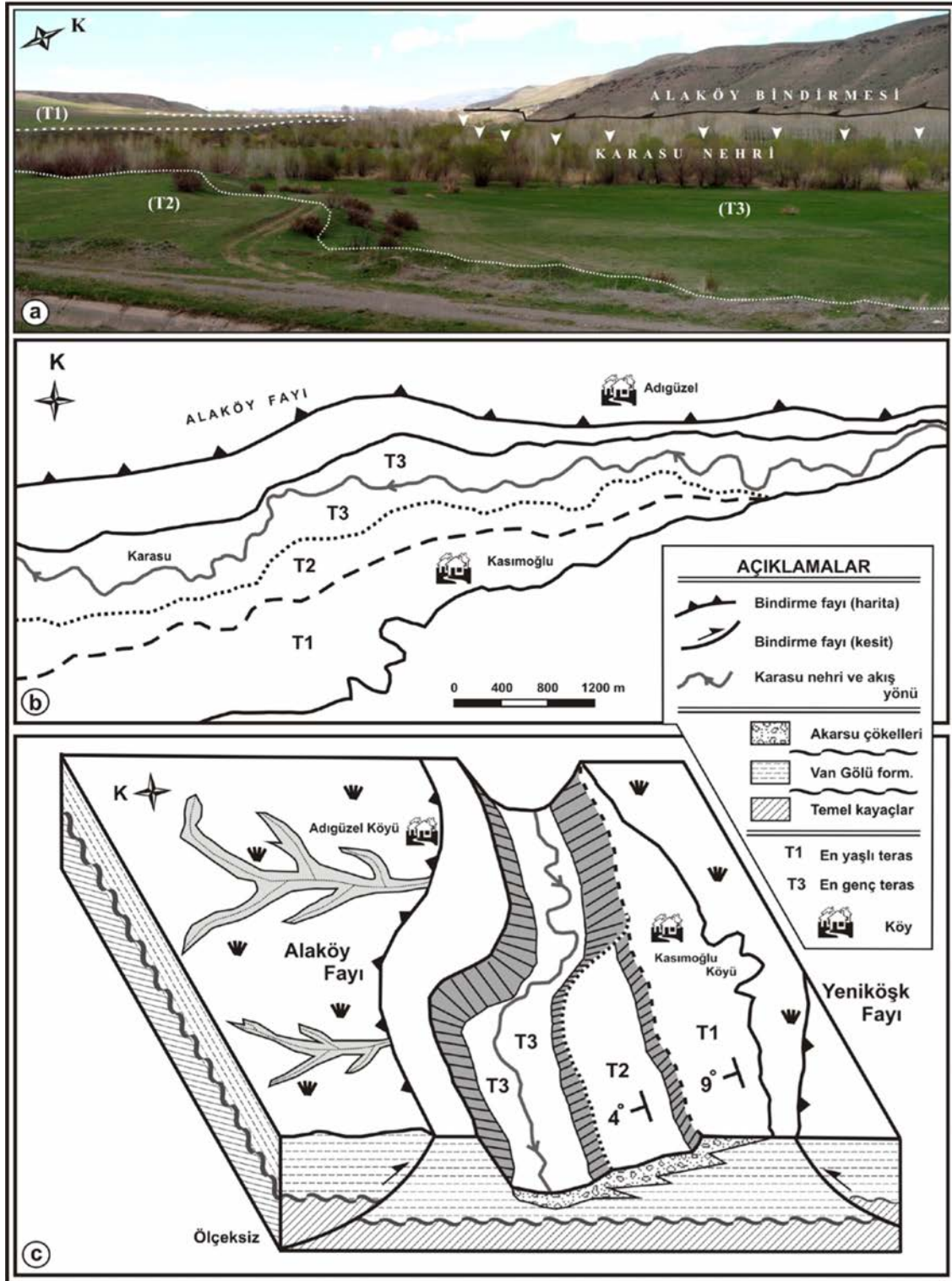
Çizelge 1. Devamı.

Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (Mw)	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik (km)	Büyüklik (Mw)
08.11.2011	38.69	43.41	5	3.1	26.01.2013	38.72	43.26	7	3.1
08.11.2011	38.67	43.17	7	4.2	29.01.2013	38.64	43.18	5	3.4
10.11.2011	38.69	43.43	4	3.5	12.02.2013	38.62	43.19	5	3.0
10.11.2011	38.71	43.44	5	3.3	10.03.2013	38.73	43.49	5	3.4
13.11.2011	38.68	43.18	7	3.0	10.03.2013	38.71	43.48	10	4.0
14.11.2011	38.67	43.22	2	3.1	19.03.2013	38.69	43.18	9	3.2
14.11.2011	38.66	43.27	10	5.2	25.03.2013	38.70	43.18	5	3.6
16.11.2011	38.68	43.35	15	3.0	28.03.2013	38.62	43.18	5	3.3
17.11.2011	38.67	43.18	10	3.2	18.04.2013	38.63	43.15	5	3.2
18.11.2011	38.70	43.43	7	3.0					



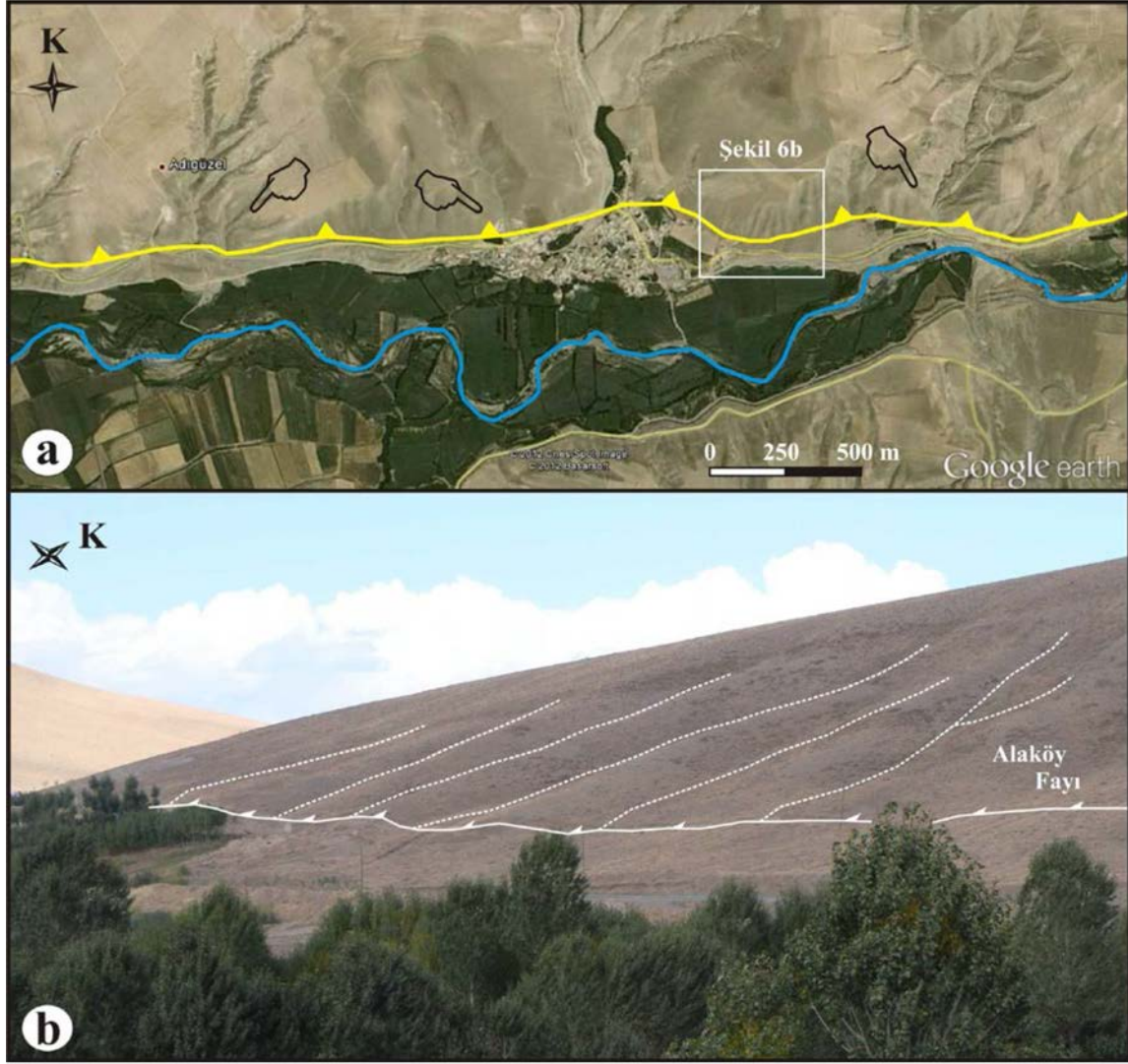
Şekil 4. Alaköy Fayı ve yakın çevresinde 23 Ekim 2011 – 18 Nisan 2013 tarihleri arasında meydana gelmiş 3 ve üzeri büyüklüklerdeki depremlerin dış merkezleri ve bazı depremlerin odak mekanizması çözümlerini gösteren harita (EMSC, 2013).

Figure 4. Map of earthquake epicenters with magnitude 3 and higher and earthquake focal mechanism solutions on the Alaköy Fault and surrounding area between 23 October 2011 – 18 April 2013 (EMSC, 2013).



Şekil 5. Karasu Nehri eski teraslarının, a) arazi fotoğrafı, b) harita görünümü, c) üç boyutlu oluşum modeli.

Figure 5. a) Field photograph, b) map view, c) three dimensional formation model of Karasu River terraces.



Şekil 6. Alaköy Fayı üzerindeki kesilmiş drenaj kanallarının, a) Google Earth uydu görüntüsü, b) arazi fotoğrafı.

Figure 6. a) Google Earth satellite image, b) field photograph of truncated feeder channels of Karasu River on Alaköy Fault.

değişimler, fay hatlarını gösteren önemli jeomorfolojik belirteçlerdendir. Alaköy Fayı'nın Mollakasım ve Yumrutepe köyleri arasında kalan batı kesimine ait yamaç eğim açısı değerleri incelendiğinde ani eğim kırılmaları göze çarpmaktadır. Alaköy-Mollakasım köyleri arasında topografik eğimin 15° den ani şekilde 3° ye düşmesi (Şekil 8-Ölçüm 1), ya da Yumrutepe Köyü güneyinde,

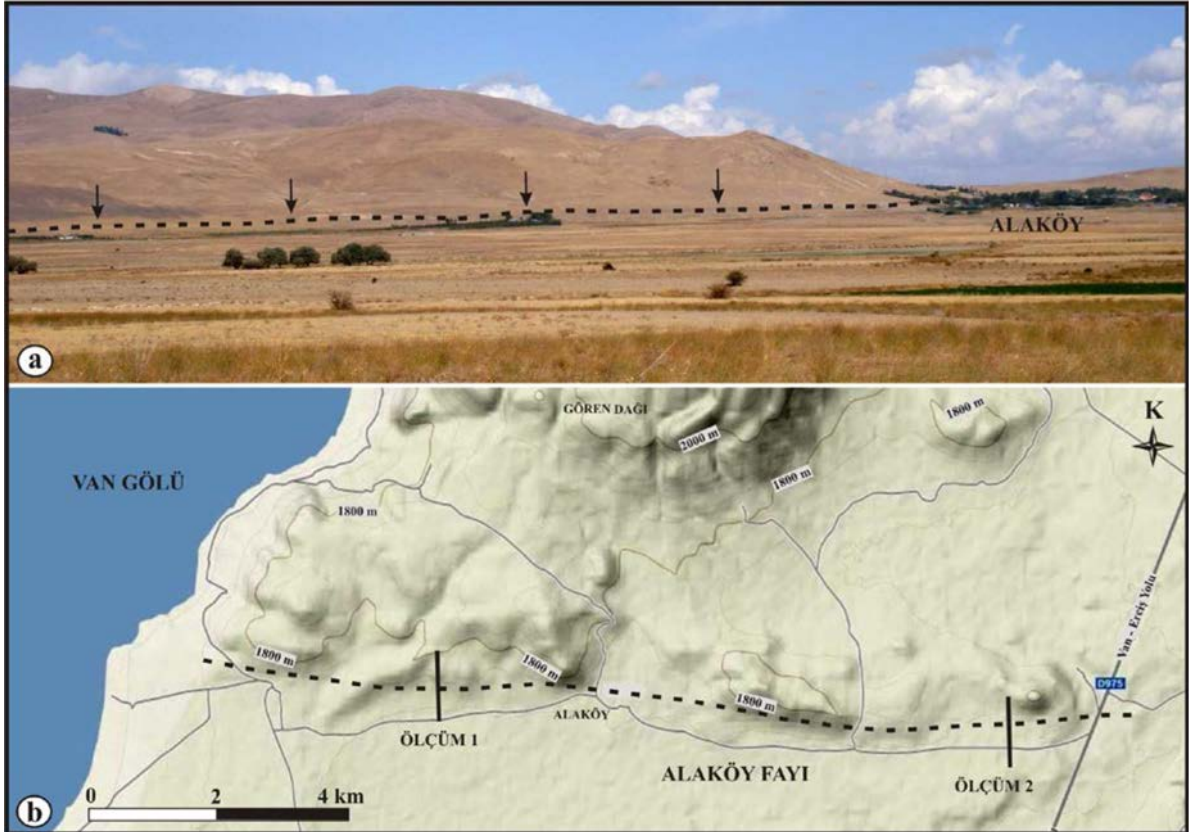
topografik eğimin 28° den 4° ye düşmesi (Şekil 8-Ölçüm 2) bunun en güzel örnekleridir.

TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Van Gölü'nün eski çökellerindeki faylar, Van Gölü doğusunun ve geniş anlamda bu bölgenin yeni tektonik dönem özelliklerinin anlaşılmasında



Şekil 7. Alaköy Fayı üzerindeki alüvyon yelpazesi çökellerinin Google Earth uydu görüntüsü.
Figure 7. Google Earth satellite image of alluvial fan deposits on Alaköy Fault.



Şekil 8. Alaköy Fayı üzerinde gözlenen topografik eğim kırılması (Alaköy batısı); (a) arazi fotoğrafı, (b) Google Earth kabartı haritası. (Kesikli çizgi fay izini göstermektedir).
Figure 8. Topographic slope break observed on Alaköy Fault (west of Alaköy Village); (a) Field photograph, (b) Google Earth relief map view. (Dashed line shows fault trace).

anahtar rol oynamaktadır. Bu dönem faylarından birisi olan Alaköy Fayı, Van şehir merkezi kuzeyinde Adıgüzel Köyü'nden başlayıp D-B doğrultulu olarak Mollakasım Köyü'ne kadar yaklaşık 25 km boyunca uzanmaktadır.

Bu çalışma ile Van Gölü'ne ait Kuvaterner yaşlı gölsel kıyı çökelleri içerisinde gözlenen Alaköy Fayı'na ait fay düzlemi kayma verileri ilk kez ortaya konulmuştur. Buna göre, Kasımoğlu Köyü KB'sında fay K70B / 26 KD konumunda ve eğim yönünde 2 metrelik atıma sahiptir. Alaköy Fayı'ndan ölçülen bu düzlem verileri, yeni tektonik dönem karakterine uygun KKD-GGB doğrultulu bir sıkışmayı göstermektedir.

Van Gölü doğusunda yayılım gösteren ve deniz seviyesinden 1720 m yüksekte bulunan gölsel kıyı çökellerinin günümüzden 18000 yıl önce depolandığı bilinmektedir (Degens vd., 1978; Valetton, 1978). Alaköy Fayı'nın bu çökelleri keşiyor olması, bindirme karakterli Alaköy Fayı'nın genç bir fay olduğunun göstergesidir.

Eşlenmemiş teraslar, teraslardaki eğim açılarının farklılığı, kesilmiş drenajlar, fay üzerinde gelişmiş yelpazeler ve ani eğim kırılması gibi jeomorfolojik veriler Alaköy Fayı'nın Geç Kuvaterner etkinliğini ortaya koymaktadır.

23 Ekim 2011 tarihinde Van'da gerçekleşen Van-Tabanlı Depremi (M_w 7.2) hem tarihsel hem de aletsel dönemde bu coğrafyada yaşanan en büyük depremlerden bir tanesidir. Gerek ana şok, gerekse artçı şoklar sırasında bölgede Erciş İlçesi'nden sonra en fazla hasar gören yerleşim yerleri Alaköy Fayı'nın geçtiği hat üzerinde kalan köylerdir. Son 1,5 yılda Alaköy Fayı üzerinde ölçülen 3.0 ve üzeri büyüklüklerdeki depremler, fayın enerjisinin boşalmakta olduğunu gösterse de, Alaköy Fayı üzerinde ya da hemen yakınında bulunan Koçköy, Kasımoğlu, Özkaynak, Otluca, Yumrutepe, Alaköy ve Mollakasım köylerinin yanı sıra Van şehir merkezinin de tehlikeli bir konumda bulunduğu açıkça söylenebilir.

Alaköy Fayı, MTA Genel Müdürlüğü tarafından Emre vd. (2012)'ne hazırlatılan Türkiye Diri Fay Haritası'nda yer almamaktadır. Bu çalışmada etkinliğinden, konumundan ve jeomorfolojik özelliklerinden bahsedilen bu fayın Türkiye Diri

Fay Haritası'na işlenmesi gerektiğini düşünmekteyiz.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde Cansu Okuldaş tarafından yapılan yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

KAYNAKLAR

- Acarlar, M., Bilgin, A.Z., Elibol, E., Erkan, T., Gedik, İ., Güner, E., Hakyemez, Y., Şen, A.M., Uğuz, M.F., ve Umut, M., 1991. Van Gölü doğusu ve kuzeyinin jeolojisi, MTA Rapor No. 9469, Ankara, 94 s (yayımlanmamış).
- Aksoy, E., 1988. Van ili doğu-kuzeydoğu yöresinin stratigrafisi ve tektoniği. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 171 s (yayımlanmamış).
- Akyüz, S., Zabcı, C., Sancar, T., 2011. 23 Ekim 2011 Van depremi hakkında ön rapor. İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, İstanbul.
- Altiner, Y., Söhne, W., Güney, C., Perlt, J., Wang, R., Muzli, M., 2013. A geodetic study of the 23 October 2011 Van, Turkey earthquake, Tectonophysics 588, 118-134.
- Ambraseys, N.N., Finkel, C., 1995. The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas 1500-1800. Eren Publishers, İstanbul.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., Kumsar, H., Konagai, K., 2012. Site investigation and engineering evaluation of the Van Earthquakes of October 23 and November 9, 2011. Japan Society of Civil Engineers. Technical Report, 143 p.
- Blumenthal, M.M., Van der Kaaden, G., and Vlodayetz, V.I., 1964. Catalogue of the active volcanoes of the World including solfatara fields. Part XVII Turkey and the Caucasus. International Association of Volcanology, 17, 1-23.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30.

- Çelebi, E., Aktaş, M., Çağlar, N., Özocak, A., Kutanis, M., Mert, N., Özcan, Z., 2013. October 23, 2011 Turkey/Van-Ercis earthquake: structural damages in the residential buildings. *Natural Hazards* 65, 2287–2310.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kempe, S., and Kurtman, F., 1984. A geological study of Lake Van, eastern Turkey. *Geologische Rundschau*, 73-2, 701–734.
- Degens, E. T., Wong, H. K., Kurtman, F., and Finckh, P., 1978. Geological Development of Lake Van: A Summary. In: *The Geology of Lake Van*, E.T. Degens and F. Kurtman (eds.), The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA), Publication No.169, pp. 134-146.
- Di Sarno, L., Yenidoğan, C., Erdik, M., 2013. Field evidence and numerical investigation of the Mw = 7.1 October 23 Van, Tabanlı and the MW > 5.7 November earthquakes of 2011. *Bulletin of Earthquake Engineering* 11, 313–346.
- Doğan, B., Karakaş, A., 2013. Geometry of coseismic surface ruptures and tectonic meaning of the 23 October 2011 Mw 7.1 Van earthquake (East Anatolian Region, Turkey). *Journal of Structural Geology* 46, 99-114.
- Doğan, B., Karakaş, A., Karaağaç, S., 2011. 23 / 10 / 2011 tarihli Van (Bardakçı-Kozluca köyleri) Depremi Ön Değerlendirme Raporu, Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, İzmit.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., 2011. 23 Ekim Van Depremi saha gözlemleri ve kaynak faya ilişkin ön değerlendirmeler. MTA Genel Müdürlüğü, Teknik Rapor, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Olgun, Ş., Elmacı, H., 2012. 1:250000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Van (NJ38-5) Paftası, Seri No:52, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre), 2013. <http://www.emsc-csem.org>: (28 Nisan 2013).
- Huggett, R.J., 2007. *Fundamentals of Geomorphology* (2nd ed.), Taylor & Francis Group. 448 p.
- Keller, E.A., Pinter, N., 2002. *Active Tectonics; Earthquakes, Uplift and Landscape*. Second Edition, Prentice Hall, 362 p.
- Kempe, S., Khoo, F., and Gürleyik, Y., 1978. Hydrography of Lake Van and its drainage area. In: *The Geology of Lake Van*, E.T. Degens and F. Kurtman (eds.), The Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publication No.169, pp. 30-44.
- Kızıllkanat, A., Koçak, A., Coşar, A., Güney, D., Selçuk, M.E., Yıldırım, M., 2011. 23 Ekim 2011 Van Depremi Ön İnceleme Raporu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Teknik Rapor, İstanbul.
- Koçyiğit, A., 2013. New field and seismic data about the intraplate strike-slip deformation in Van region, East Anatolian plateau, E. Turkey, *Journal of Asian Earth Sciences*, 62, 586-605.
- Koçyiğit, A., Deveci, Ş., Kaplan, M., 2011. Van Depremleri Raporu (23 Ekim – 30 Kasım 2011). Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Teknik Rapor, Ankara.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S., Kuloshvili, S., 2001. Neotectonic of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195.
- Konagai, K., Ulusay, R., Kumsar, H., Aydan, Ö., Çelebi, M., 2012. The characteristics of seismic, strong motion and structural damage of the 2011 Van-Erciş Earthquake. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake*, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan, 1902-1913.

- Kuzucuoğlu, C., Christol, A., Mouralis, D., Doğu, A.F., Akköprü, E., Fort, M., Brunstein, D., Zorer, H., Fontugne, M., Karabıyıköğlü, M., Scaillet, S., Reyss, J.L., Guillou, H., 2010. Formation of the Upper Pleistocene terraces of Lake Van. *Journal of Quaternary Science* 25, 1124-1137.
- Litt, T., Krastel, S., Sturm, M., Kipfer, R., Örcen, S. ve Çağatay, M.N., 2009. Van Gölü Sondaj Projesi 'PALEOVAN', Uluslararası Bilimsel Kita Sondaj Programı (ICDP): Yaklaşan Derin Sondaj Seferi ve Bilimsel Hedefler. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Ankara, s. 718-719.
- Miall, A.D., 2006. *The Geology of Fluvial Deposits; Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology*. Springer-Verlag Berlin, 582 p.
- Okuldaş, C., Üner, S., 2013. Alaköy Fayı'nın Jeomorfolojik Özellikleri. 66. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 1-5 Nisan 2013, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 56-57.
- Özkaymak, Ç., 2003. Van Şehri ve Yakın Çevresinin Aktif Tektonik Özellikleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi, basılmamış), 76 s.
- Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Bozkurt, E., Dirik, K., Topal, T., Alan, H., Çağlan, D. 2011. 23 Ekim 2011 Tabanlı-Van Depreminin Sismik Jeomorfolojisi ve Doğu Anadolu'daki Aktif Tektonik Yapılarla İlişkisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 35 (2), 175-199.
- Selçuk, L., Aydın, H., 2012. Kuvaterner Yaşlı Alüvyal Zeminlerin Kuvvetli Yer Hareketine Etkisi: 2011 Van Depremleri. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 36 (2), 75-97.
- Selçuk, L., Sağlam Selçuk, A., Beyaz, T., 2010. Probabilistic seismic hazard assessment for Lake Van basin, Turkey. *Natural Hazards* 54, 949-965.
- Şaroğlu, F., ve Yılmaz, Y., 1986. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 73-94.
- Tan, O.M., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A., 2008. The earthquake catalogues for Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 17, 405-418.
- Taşkın, B., Sezen, A., Tuğsal, Ü.M., Erken, A., 2012. The aftermath of 2011 Van earthquakes: evaluation of strong motion, geotechnical and structural issues. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11, 285-312.
- Ulusay, R., Kumsar, H., Konagai, K., Aydan, Ö., 2012. The Characteristics of Geotechnical Damage by the 2011 Van-Erciş Earthquake. *Proceedings of the International Symposium on Engineering Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Earthquake, March 1-4, 2012, Tokyo, Japan, 1926-1937*.
- Utkucu, M., 2006. Implications for the water level change triggered moderate ($M \geq 4.0$) earthquakes in Lake Van basin, Eastern Turkey. *Journal of Seismology*, 10, 105-117.
- Utkucu, M., 2013. 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (MW 7.1) and seismotectonics of Lake Van area. *Journal of Seismology* 17, 783-805.
- Utkucu, M., Budakoğlu, E., Yalçın, H., Durmuş, H., Kalkan, H., Gülen, L., 2011. 23 Ekim 2011 Van Depremi ($M_w=7.2$) Hakkında Ön Rapor, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 10 s.
- Üner, S., 2003. Van Gölü doğusu (Beyüzümü-Göllü dolay) Pliyo-Kuvaterner yaşlı karasal çökellerin sedimentolojisi. Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 73 s (yayımlanmamış).
- Üner, S., Yeşilova, Ç., Yakupoğlu, T., Üner, T., 2010. Pekişmemiş sedimanlarda depremlerle oluşan deformasyon yapıları (sismitler): Van Gölü Havzası, Doğu Anadolu. *Yerbilimleri*, 31 (1), 53-66.
- Valeton, I., 1978. A morphological and petrological study of the terraces around Lake Van, Turkey. In: *The Geology of Lake*

Van, E.T. Degens and F. Kurtman (eds.),
The Mineral Research and Exploration
Institute of Turkey (MTA) Publication
No.169, pp. 64-80.

Wong, H.K., and Finckh, P., 1978. Shallow
structures in Lake Van. In: The Geology
of Lake Van, E.T. Degens and F. Kurt-
man (eds.), The Mineral Research and
Exploration Institute of Turkey (MTA)
Publication, No.169, pp. 20-28.

