Maden Tetkik ve Arama Dergisi

http://dergi.mta.gov.tr



18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi (Ms=7.2) ışığında Yenice-Gönen Fayı'nın aktif tektonik ve paleosismolojik özellikleri, KB Türkiye

Active tectonic and paleoseismologic characteristics of the Yenice-Gönen fault, NW Turkey, in light of the 18 March 1953 Yenice-Gönen Earthquake (Ms=7.2)

Akın KÜRÇER[a*], Selim ÖZALP[b], Ersin ÖZDEMİR[c], Çağıl UYGUN GÜLDOĞAN[d] ve Tamer Y. DUMAN[e]

[a]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye. orcid.org/ 0000-0001-8646-5113*
[b]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye. orcid.org/0000-0002-6755-4206*
[c]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye orcid.org/0000-0002-8987-8842*
[d]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, 06800, Çankaya, Ankara, Türkiye. orcid.org/ 0000-0002-1039-6542*
[e]*Fugro Sial Yerbilimleri Müşavirlik ve Mühendislik Limited Şirketi, Çankaya, Ankara, Türkiye. orcid.org/ 0000-0003-3556-2217*

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler: 1953 Yenice-Gönen depremi, Yenice-Gönen fayı, Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Kayma hızı, Paleosismoloji.

ÖZ

Yenice-Gönen Fayı (YGF), Biga Yarımadası'nın orta kesiminde, Gönen ile Yenice arasında, K65°D genel doğrultusunda uzanan, sağ-yanal doğrultu atımlı aktif bir faydır. 18 Mart 1953'te YGF üzerinde, 263 kişinin yaşamını yitirdiği bir deprem (Ms=7,2) ve bu depreme bağlı olarak 70 km yüzey kırığı gelişmiştir. Bu çalışmada, Yenice-Gönen Depremi (YGD) yüzey kırığı üzerinde atım dağılımına yönelik ölçümler yapılarak YGF'nın yıllık kayma hızı hesaplanmıştır. YGD yüzey kırığı üzerinde 1,70±0.1 ile 3,20±0,2 metre arasında değişen sağ-yanal yer değiştirmeler ölçülmüştür. En fazla yer değiştirmenin YGF'nın orta bölümüne yakın bir alanda (Çakır ile Karaköy arası) olması ve bu değerlerin KD ve GB yönlerinde dereceli olarak azalması, YGD sırasında kırılmanın iki taraflı olarak ilerlediğini belgelemektedir. YGF'nın son 300.000 yılda, Gönen Çayı üzerinde neden olduğu toplam atım 800±50 metre ve yıllık kayma hızı 2,65±0,15 mm olarak hesaplanmıştır. Güncel GPS çalışmaları Güney Marmara bölgesindeki sağ-yanal doğrultu atımlı fayların 6-8 mm/yıl kayma hızına sahip olduklarını göstermektedir. Bu kayma hızının, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Güney Marmara Bölgesi'ndeki uzantılarını teşkil eden YGF, Sarıköy Fayı ve Çan-Biga Fay zonları arasında paylaşıldığı değerlendirilmiştir. Paleosismoloji çalışmaları ile YGF üzerinde son 6200 yılda, 1953 depremi dahil olmak üzere, yüzey yırtılması ile sonuçlanmış 6 deprem oluştuğu belirlenmiştir. ^{14}C ve OSL yaş verilerine göre, YGF, 505 yıl ile 1793 yıl arasında değişen ve düzenli olmayan bir deprem tekrarlanma aralığına sahip olup ortalama deprem tekrarlanma aralığı 1180 yıldır.

Geliş Tarihi: 30.01.2018
Kabul Tarihi: 14.05.2018

Keywords: 1953 Yenice-Gönen earthquake, Yenice-Gönen fault, North Anatolian Fault System, Slip rate, Paleoseismology

ABSTRACT

The Yenice-Gönen Fault (YGF) is located in the central part of the Biga Peninsula between Gönen and Yenice and is a right-lateral strike-slip active fault with general trending N65°E. On 18 March 1953 there was an earthquake on the YGF that died 263 people (Ms=7.2) and a 70 km surface rupture developed during this earthquake. In this study measurements of slip distribution were performed on the surface rupture of the Yenice-Gönen Earthquake (YGE) and the annual slip rate on the YGF was

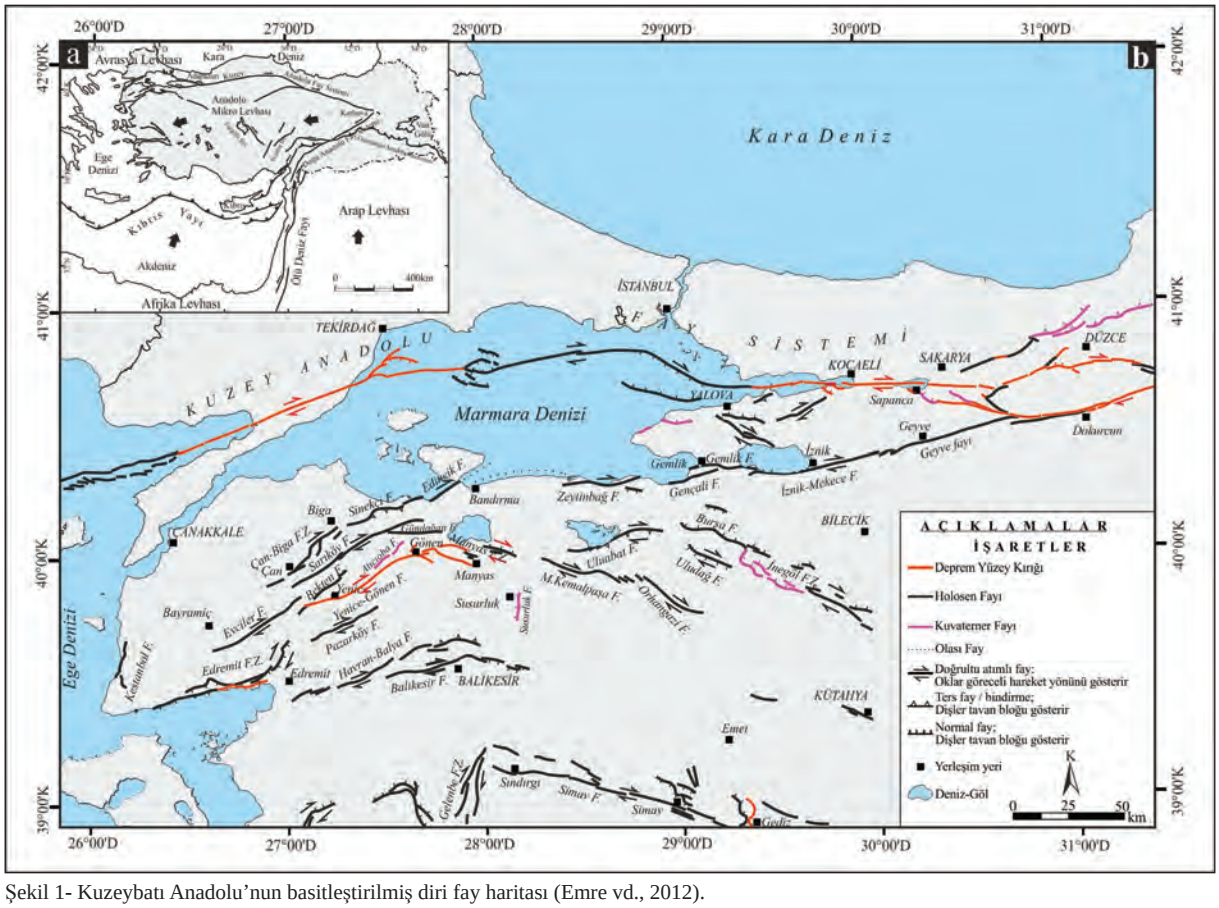
Atıf Bilgisi: Kürçer, A., Özalp, S., Özdemir, E., Uygun Güldoğan, Ç., Duman, T. Y. 2019. Active tectonic and paleoseismologic characteristics of the Yenice-Gönen Fault, NW Turkey, in light of the 18 March 1953 Yenice-Gönen Earthquake (Ms=7.2). Bulletin of Mineral Research and Exploration, 159, 29-63. *http://dx.doi.org/10.19111/bulletinofmre.500553*

* *Başvurulacak yazar: Akın KÜRÇER, akin.kurcer@mta.gov.tr*

calculated. Right-lateral displacements of between 1.70±0.1 and 3.20±0.2 metres were measured on the surface rupture of the YGE. The maximum displacements were in an area close to the central part of the YGF (between Çakır and Karaköy village) and these values decreased relatively in NE and SW directions, documenting that was the bilaterally surface rupture propogation during the YGE. In the last 300.000 years, a total offset of 800±50 metres was measured on Gönen River and annual slip rate of 2.65±0.15 mm was calculated along the YGF. Current GPS studies show right-lateral strike-slip faults in the South Marmara region have slip rates of 6-8 mm/year. This slip rate is assessed as being partitioned between the YGF, Sarıköy Fault and Çan-Biga Fault zones which represent extensions of the North Anatolian Fault system within the South Marmara region. Paleoseismology studies determined that in the last 6200 years 6 earthquakes resulting in surface ruptures have occurred on the YGF, including the 1953 earthquake. According to the ^{14}C and OSL dating results, the variable and irregular earthquake recurrence interval of YGF is ranging from 505 to 1793 years. In this study average earthquake recurrence interval of YGF was determined as 1180 years.

1. Giriş

Doğu Akdeniz Bölgesi'nde; Afrika, Arabistan ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışmaya bağlı olarak gelişen ilerleyen deformasyon sonucunda, Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ve aktif bir dalma-batma zonu olan Ege-Kıbrıs dalma-batma zonu ile birbirlerinden ayrılan dört ana neotektonik bölge gelişmiştir (McKenzie, 1972, 1978; Şengör, 1979, 1980; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör vd., 1985; Taymaz vd., 1991; LePichon, vd., 1995; Armijo vd., 1999; Bozkurt, 2001). İnceleme alanının da içerisinde yer aldığı KB Türkiye günümüzde KAFS'nin batı uzantılarının etkisiyle deforme olmaktadır (Şekil 1).

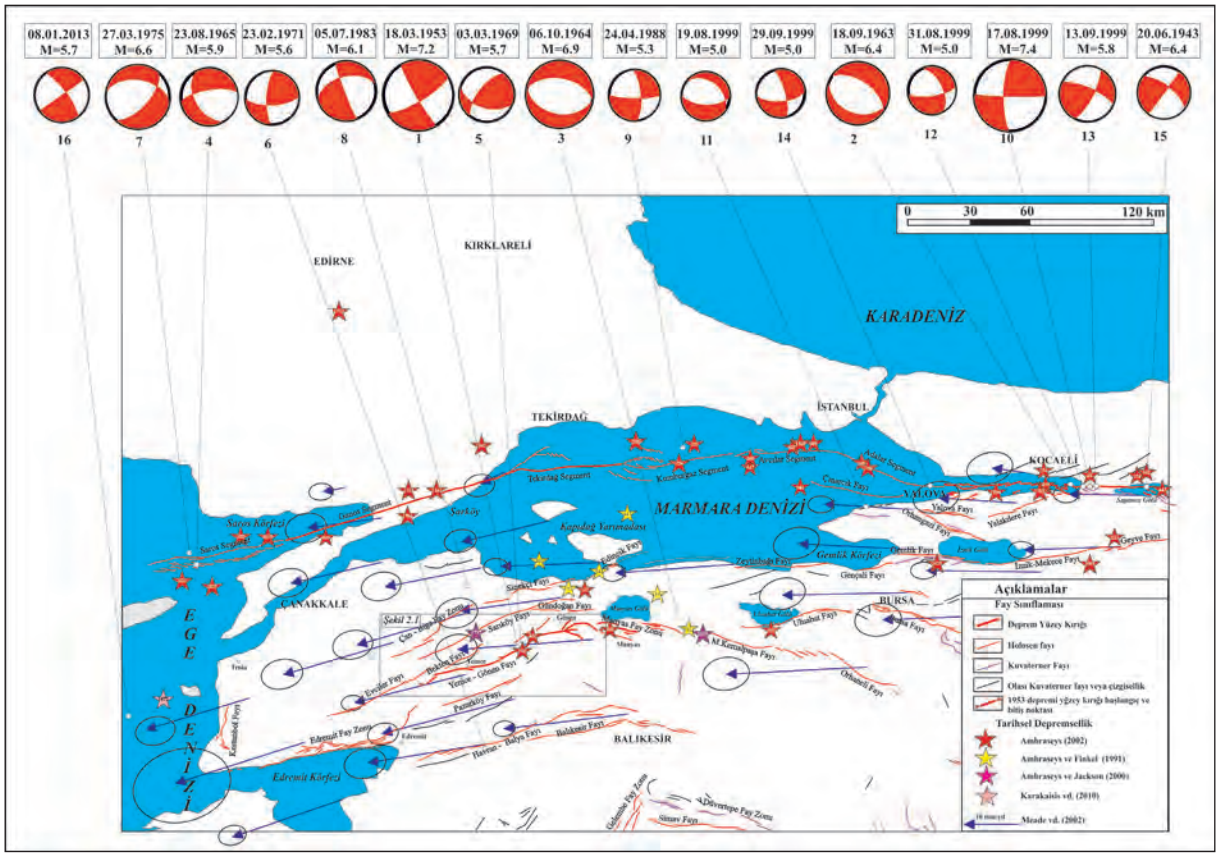


Şekil 1- Kuzeybatı Anadolu'nun basitleştirilmiş diri fay haritası (Emre vd., 2012).

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS), son yüzyılda üretmiş olduğu büyük depremlerle karakteristik, yaklaşık 1500 km uzunluğunda, sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemidir (Şekil 1; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Doğu Akdeniz Bölgesi'nin sismik bakımdan en diri fay sistemlerinden biri olan KAFS, doğuda Karlıova Üçlü Eklem Noktası'ndan başlar ve yaklaşık 1000 km'lik çizgisel bir zon şeklinde Adapazarı doğusuna kadar uzanır. KAFS, bu bölgedeki değişen bölgesel gerilme durumlarının etkisiyle kuzey ve güney kol olmak üzere iki kola ayrılmakta ve büyük ölçekli bir atkuyruğu yapısı oluşturmaktadır (Barka ve Gülen, 1988; Şengör ve Barka, 1992) (Şekil 1). Adapazarı doğusundan itibaren KAFS'nden ayrılan Kuzey kol, Sapanca Gölü içerisinden Marmara Denizi'ne doğru uzanır. Marmara Denizi içerisinde ise doğudan batıya doğru sırasıyla Adalar, Avcılar, Kumburgaz ve Tekirdağ segmentleri ile temsil olunur (Emre vd., 2013). Marmara Denizi'ni yaklaşık B-D doğrultusunda kat eden Kuzey kol, Şarköy civarında GB'a doğru bir büklüm yaparak Saros Körfezi'ne, oradan da Kuzey Ege Denizi'ne doğru uzanır (Şekil 2).

Dokurcun Vadisi ile Marmara Denizi güneyi arasında yaklaşık B-D doğrultusunda uzanan Güney kol, bu alanda doğudan batıya doğru sırasıyla Geyve, İznik-Mekece ve Gemlik fayları ile temsil olunur. Gemlik Körfezi ile Kapıdağ Yarımadası arasında Marmara Denizi'nin güney kıyısını takip eden Güney kol, Kapıdağ Yarımadası'ndan itibaren GB'ya doğru sıkıştıran bir büklüm yaparak Biga Yarımadası'na uzanır. KAFS'nin Güney kolu Biga Yarımadası'nda KD'dan GB'ya doğru sırasıyla Edincik, Sinekçi, Çan-Biga fay zonu, Sarıköy, Bekten, Yenice-Gönen, Evciler fayı ve Edremit fay zonu ile temsil olunur (Şekil 2).

KAFS'nin batı bölümünde tarihsel ve aletsel dönemde yıkıcı depremler meydana gelmiştir (Çizelge 1 ve 2) (Şekil 2). KAFS'nin güney Marmara'daki en aktif fay segmentlerinden biri olan YGF, 18 Mart 1953'te Ms=7,2 büyüklüğünde bir deprem üretmiş ve bu depremde Gönen doğusu ile Yenice güneybatısı arasında yaklaşık 70 km uzunluğunda bir yüzey kırığı gelişmiştir (Kürçer, 2006; Kürçer vd., 2008) (Şekil 2).



Şekil 2- Kuzeybatı Türkiye'nin sismotektonik haritası. Aktif ve sismik bakımdan yetkin faylar Emre vd. (2013) ve bu çalışmadaki referanslardan faydalanılarak çizilmiştir. GPS hız vektörleri Meade vd. (2002)'den alınmıştır. Tarihsel, aletsel dönem depremleri ve odak mekanizma çözümlerinin referansları için sırasıyla çizelge 1 ve çizelge 2'ye bakınız.

Çizelge 1- Kuzeybatı Türkiye'de meydana gelen büyük tarihsel depremler.

Tarih	Enlem derece (K)	Boylam derece (D)	Büyüklük (M)	Yer	Kaynakça
32	40,5	30,5	7,0	Nicaea (İznik)	Ambraseys (2002)
68	40,7	30,0	7,2	Nicaea (İznik)	Ambraseys (2002)
121	40,5	30,1	7,4	Nicomedia (İzmit)	Ambraseys (2002)
10.11.123	40,3	27,7	7,0	Cyzicus (Erdek)	Ambraseys (2002)
155				Hellespont ve Bithynia	Ambraseys ve Finkel (1991)
160	40,0	27,5	7,1	Hellespont (Ç.Boğazı)	Ambraseys (2002)
03.05.180	40,6	30,6	7,3	Nicomedia (İzmit)	Ambraseys (2002)
268	40,7	29,9	7,3	Nicomedia (İzmit)	Ambraseys (2002)
24.08.358	40,7	30,2	7,4	İzmit	Ambraseys (2002)
02.12.362	40,7	30,2	6,8	İzmit	Ambraseys (2002)
11.10.368	40,5	30,5	6,8	Persis	Ambraseys (2002)
368	40,1	27,8	6,8	Germe	Ambraseys (2002)
01.04.407	40,9	28,7	6,8	Hebdomon (Bakırköy)	Ambraseys (2002)
25.09.437	40,8	28,5	6,8	İstanbul	Ambraseys (2002)
06.11.447	40,7	30,3	7,2	Nicomedia (İzmit)	Ambraseys (2002)
07.04.460				Cyzicus (Erdek)	Ambraseys ve Finkel (1991)
25.09.478	40,7	29,8	7,3	Helenopolis	Ambraseys (2002)
484	40,5	26,6	7,2	Callipolis	Ambraseys (2002)
06.09.543				Cyzicus (Erdek)	Ambraseys ve Finkel (1991)
16.08.554	40,7	29,8	6,9	Nicomedia (İzmit)	Ambraseys (2002)
14.12.557	40,9	28,3	6,9	Silivri	Ambraseys (2002)
26.10.740	40,7	28,7	7,1	Marmara	Ambraseys (2002)
23.05.860	40,8	28,5	6,8	Marmara	Ambraseys (2002)
09.01.869	40,8	29,0	7,0	CP	Ambraseys (2002)
02.09.967	40,7	31,5	7,2	Bolu	Ambraseys (2002)
25.10.989	40,8	28,7	7,2	Marmara	Ambraseys (2002)
23.09.1063	40,8	27,4	7,4	Panio	Ambraseys (2002)
1065	40,4	30,0	6,8	Nicaea (İznik)	Ambraseys (2002)
01.06.1296	40,5	30,5	7,0	Bithynia	Ambraseys (2002)
1323				İstanbul	Ambraseys ve Finkel (1991)
18.10.1343	40,7	27,1	6,9	Ganos	Ambraseys (2002)
18.10.1343	40,9	28,0	7,0	Heraclea	Ambraseys (2002)
01.03.1354	40,7	27,0	7,4	Hexamili	Ambraseys (2002)
15.03.1419	40,4	29,3	7,2	Bursa	Ambraseys (2002)
10.09.1509	40,9	28,7	7,2	CP	Ambraseys (2002)
10.05.1556				Sea of Marmara	Ambraseys ve Finkel (1991)
18.05.1625	40,3	26,0	7,1	Saros	Ambraseys (2002)
17.02.1659	40,5	26,4	7,2	Saros	Ambraseys (2002)
14.02.1672	39,7	25,8	7,0	Bozcaada	Karakaisis vd. (2010)
25.05.1719	40,7	29,8	7,4	İzmit	Ambraseys (2002)
06.03.1737	40,1	27,3	7,0	Aşağı İnova	Ambraseys ve Jackson (2000)
29.07.1752	41,5	26,7	6,8	Edirne	Ambraseys (2002)
02.09.1754	40,8	29,2	6,8	İzmit	Ambraseys (2002)
22.05.1766	40,8	29,0	7,1	Marmara	Ambraseys (2002)
05.08.1766	40,6	27,0	7,4	Ganos	Ambraseys (2002)
19.04.1850	40,1	28,3	6,1	Manyas ve Ulubat gölleri arası	Ambraseys ve Jackson (2000)
28.02.1855	40,1	28,6	7,1	Bursa	Ambraseys (2002)
21.08.1859	40,3	26,1	6,8	Saros	Ambraseys (2002)
09.02.1893	40,5	26,2	6,9	Saros	Ambraseys (2002)

Çizelge 2- Şekil 2'de tarif edilen aletsel dönem depremlerinin fay düzlemi çözümleri (Şengör vd., 2004'ten düzenlenmiştir).

No	Tarih (Gün. Ay. Yıl)	Oluş zamanı (saat: dakika) GMT	Enlem derece (K)	Boylam derece (D)	Büyüklük	Derinlik (km)	Doğrultu (°)	Eğim (°)	Rake (°)	Kaynakça
1	20.06.1943	15:33	40,83	30,48	6,4	?	176	76	0	McKenzie (1972)
2	18.03.1953	19:06	40,01	27,49	7,2	10*	59	84	14	McKenzie (1972), Ayhan vd. (1981)
3	26.05.1957	06:33	40,58	31,00	7,0	?	87	78	179	McKenzie (1972)
4	26.05.1957	09:36	40,80	30,80	6,0	?	114	24	-166	Canıtez ve Üçer (1967)
5	27.05.1957	11:01	40,70	31,00	5,5	?	293	74	157	Canıtez ve Üçer (1967)
6	18.09.1963	16:58	40,71	29,09	6,4	15	304	56	-82	Taymaz vd. (1991)
7	06.10.1964	14:31	40,20	28,20	6,9	14	100	40	-90	Taymaz vd. (1991)
8	23.08.1965	14:08	40,39	26,12	5,9	33	261	70	-132	Kocaefe ve Ataman (1976)
9	22.07.1967	16:56	40,67	30,69	7,1	12	275	88	-178	Taymaz vd. (1991)
10	30.07.1967	01:32	40,72	30,52	5,6	16	301	50	70	McKenzie (1972)
11	03.03.1969	00:59	40,08	27,50	5,7	4	219	65	45	McKenzie (1972)
12	23.02.1971	19:41	39,62	27,32	5,6	10	86	66	160	Papadopoulos vd. (1986)
13	27.03.1975	05:15	40,45	26,12	6,6	15	279	46	-43	Jackson ve McKenzie (1984)
14	05.07.1983	23:02	40,33	27,21	6,1	15	254	49	-173	Harvard Univ. (1998)
15	24.04.1988	20:49	40,88	28,24	5,3	15	356	71	-11	Harvard Univ. (1998)
16	17.08.1999	00:01	40,70	29,99	7,4	9	91	87	164	GCMT Kataloğu
17	17.08.1999	03:14	40,59	30,62	5,3	8	192	32	-82	Örgülü ve Aktar (2001)
18	19.08.1999	15:17	40,65	29,09	5,0	4	92	60	-110	Örgülü ve Aktar (2001)
19	31.08.1999	08:10	40,74	29,99	5,0	8.6	80	70	-143	Özalaybey vd. (2002)
20	13.09.1999	11:55	40,76	30,07	5,8	12	293	73	164	Örgülü ve Aktar (2001)
21	29.09.1999	00:13	40,71	29,30	5,0	8	85	63	-161	Örgülü ve Aktar (2001)
22	11.11.1999	14:41	40,78	30,29	5,5	20	307	66	179	Örgülü ve Aktar (2001)
23	08.01.2013	14:16	39,65	25,50	5,7	8	54	89	-166	Kürçer vd. (2015)

18 Mart 1953 YGD sonrası ilk makrosismik gözlemleri yapan Ketin ve Roesly (1953), toplam 50 km uzunluğundaki yüzey kırığı üzerinde 4,3 m ile 1,5 m arasında değişen sağ yanal yer değiştirmeler kaydetmişlerdir. Ketin ve Roesly (1953), P ve S dalgalarının hareket zamanlarını göz önüne alarak, deprem sırasında kırığın D'dan B'ya doğru ilerlediğini öne sürmüşlerdir. YGD ile ilgili diğer bir makrosismik çalışma Pınar (1953) tarafından gerçekleştirilmiştir. Pınar (1953)'a göre, YGD, KAFS'nin güney kolu üzerinde meydana gelmiş ve Marmara Denizi ile Edremit Körfezi arasında toplam 60 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturmuştur. YGD'nin KD-GB gidişli sağ yanal doğrultu atımlı bir fay tarafından oluşturulduğunu işaret eden odak mekanizma çözümü McKenzie (1972) tarafından yapılmıştır. Herece (1990)'a göre, YGD sırasında gelişen yüzey kırıpının uzunluğu 50 km'dir. Araştırıcı, yüzey kırığı haritalaması sırasında gözlemlediği farklı aşınım seviyelerindeki fay sarplıklarını temel alarak, YGF'nın Kuvaterner'de birden fazla faylanmaya uğradığını belirtmiştir. Herece (1990), En Geç Pliyosen'den günümüze YGF'nın toplam sağ yanal atımını 2,8 km ve yıllık kayma hızını 1,4 mm olarak önermiştir. Taymaz vd. (1991), Orta ve Kuzey Ege'nin aktif tektonizması ile ilgili yaptıkları çalışmada, 1969 Gönen depreminin bindirme bileşeninin hakim olduğu bir deprem olduğunu belirtmekte (bkz. Şekil 2) ve Biga Yarımadası'nın bu sıkışma nedeniyle yükselmekte olduğuna işaret etmektedirler.

Marmara Bölgesi'nde yürütülen GPS çalışmaları (Straub, 1996; Straub ve Kahle, 1997; Reilinger vd., 1997; Meade vd., 2002; Kreemer vd., 2004; Reilinger vd., 2006), Anadolu Bloku'nun Avrasya'ya oranla göreceli sağ-yanal hareketinin yıllık ortalama 20-25 mm olduğunu ve bunun başlıca KAFS tarafından karşılandığını ortaya koymuştur. Straub (1996), bu hareketin büyük çoğunluğunun KAFS'nin kuzey kolu,

geriye kalan bölümünün ise güney kolu tarafından karşılandığını öne sürmektedir. Meade vd. (2002), GPS ölçümlerine dayalı olarak, KAFS'nin Marmara Bölgesi'ndeki uzantıları olan sağ-yanal doğrultu atımlı faylar ve normal faylar için yıllık kayma hızları önermişlerdir. Buna göre, Güney Marmara Bölgesi'nde Uluabat ve Manyas fayları boyunca sağ yanal doğrultu atım oranı yıllık 3,6±2,0 mm, düşey atım oranı 8,0±3,4 mm; YGF ve Sarıköy İnova Fayı bölgesindeki sağ yanal doğrultu atım oranı yıllık 6,8±2,3 mm, düşey atım oranı 0,8±3,4 mm olarak önerilmiştir. Güney Marmara Bölgesi'ndeki aktif faylar ile ilişkili diğer GPS çalışması Kremmer vd. (2004) ise Bursa-Yenice-Gönen hattı olarak tanımlanan KAFS'nin güney kolu üzerindeki sağ yanal doğrultu atımlı yıllık kayma hızını 7 mm olarak hesaplamıştır. Kürçer (2008), Meade vd. (2002) ve Kreemer vd. (2004) çalışmalarında hesaplanan yaklaşık 7 mm/yıllık sağ-yanal kayma hızının, KAFS'nin güney koluna ait tüm faylar için hesaplanmış bölgesel bir hız değeri olduğunu ve bu değerin, başta Yenice-Gönen ve Sarıköy fayları olmak üzere diğer faylar tarafından paylaşılması gerektiğini belirtmiştir.

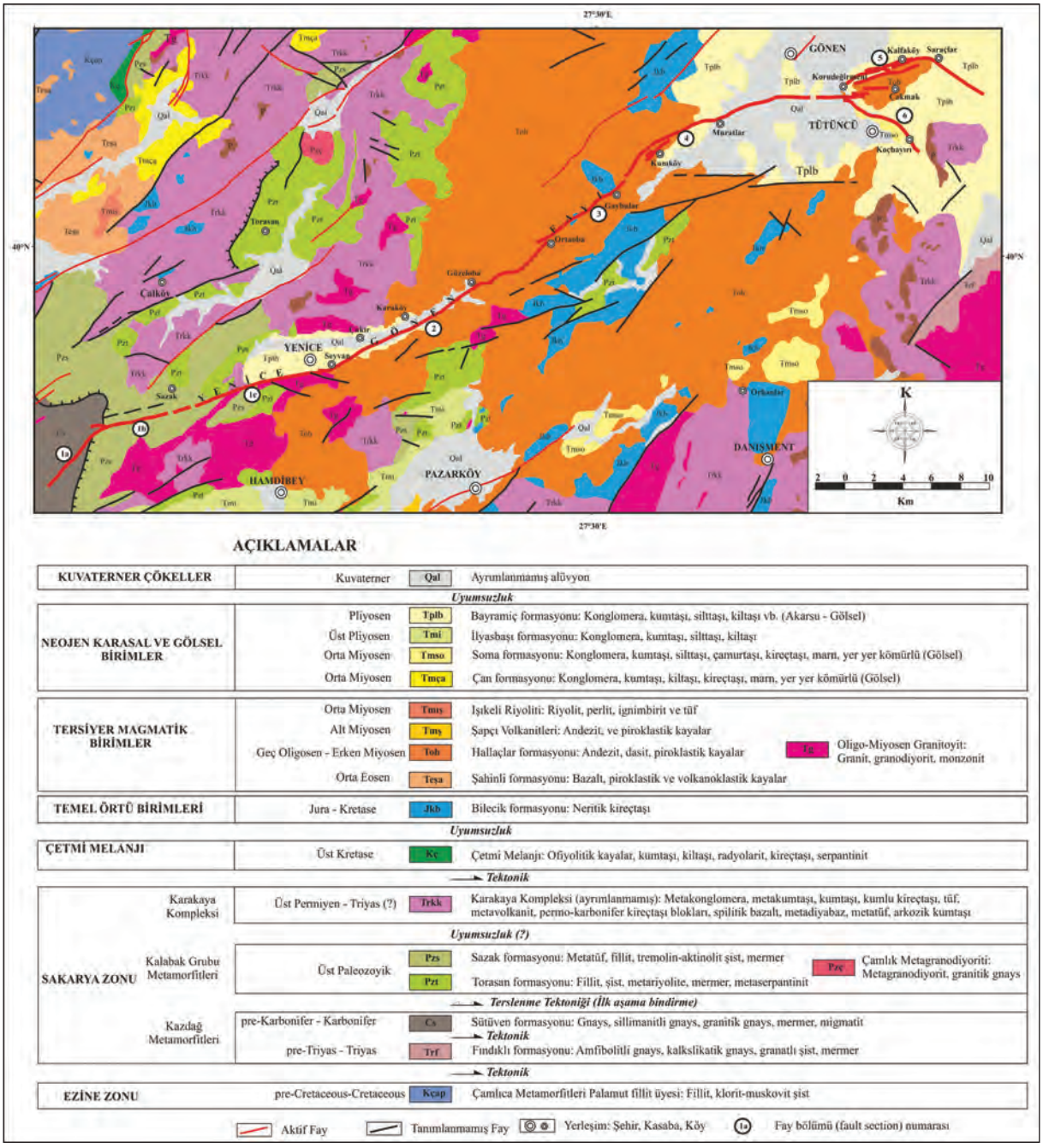
YGF'nın paleosismolojik özelliklerini araştırmaya yönelik ilk çalışmalar, Kürçer (2006) ve Kürçer vd. (2008) tarafından gerçekleştirilmiştir. Kürçer vd. (2008), YGF üzerinde 1953 depremi de dahil olmak üzere son 1400 yıl içerisinde yüzey kırığı oluşturmuş üç deprem tarihlendirmişlerdir. Bu depremlerden ilki MS 620, ikincisi ise MS 1440 olarak belirlenmiştir. Bu yaş verilerinden hareketle YGF için ortalama deprem tekrarlanma aralığı 660±160 yıl olarak önerilmiştir. Araştırıcılar, ortalama deprem tekrarlanma aralığı ve 4,2 metre yer değiştirme miktarını kullanarak YGF için yıllık kayma hızını 6,3 mm olarak hesaplamışlar ve bu değerin GPS ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla uyumuna dikkat çekmişlerdir. Dirik vd. (2008), YGF'nın neotektonik ve paleosismolojik özelliklerini araştırdıkları çalışmada, YGD'nin yüzey kırık uzunluğunu 60 km olarak rapor etmişlerdir. Araştırıcılara göre YGF, uzunlukları 2 ile 16 km arasında değişen 8 ayrı geometrik fay segmentinden oluşmaktadır. Araştırıcılar, YGD sırasında oluşmuş 65 ile 495 cm arasında sağ yanal yer değiştirmeler ölçmüşlerdir. YGF boyunca ölçülen kümülatif yer değiştirme miktarları ise 6,8 ile 38 m arasında değişmektedir. Dirik vd. (2008), Seyvan, Karasu ve Gönen segmentleri üzerindeki kümülatif atım değerlerinden hareketle en az beş depremin meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Biga Yarımadası ve Marmara Denizi Güneyi'nin sismotektoniğinin konu edildiği bir çalışmada Özden vd. (2008), Biga Yarımadası'nın kuzeyinde yer alan fayların günümüzde transpresif, güneyinde yer alan fayların ise daha çok transtensif karakterde olduklarını ortaya koymuşlardır. Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'nda Emre vd. (2013), YGF'nı 67 km uzunluğunda, 4 geometrik segmentten oluşan aktif bir fay olarak değerlendirmişlerdir. Araştırıcılar, YGF'nın toplam atımı konusunda Yenice yakınlarındaki Hallaçlar formasyonunda Duru vd. (2012) tarafından önerilen 5 km'lik değeri benimsemişlerdir. Emre vd. (2013), GPS çalışmalarından (Meade vd., 2002; Kreemer vd., 2004) hareketle Biga Yarımadası'ndaki KD-GB doğrultulu fayların tamamı için önerilen 6-8 mm'lik toplam yıllık kayma hızının, YGF, Sarıköy Fayı ve Biga-Çan Fay Zonu tarafından eşit paylaşılması gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bu bakış açısıyla, YGF için yıllık kayma hızı 2-3 mm olarak önerilmiştir. Antik Troy'u etkileyen tarihsel depremlerin araştırıldığı bir çalışmada Kürçer vd. (2012), Troy III (MÖ 2200-2050) ve Troy VI. (MÖ 1800-1275) katmanların depremlerle yıkıldığını ve bu depremlerin yöredeki aktif faylardan kaynaklı olabileceğini öne sürmüşlerdir. Araştırıcılar, Troy'un yakın civarında son yüzyılda meydana gelen 1912 Şarköy-Mürefte (Mw=7.2), 1953 Yenice-Gönen (Mw=7.2) ve 1983 Biga (Mw=6.8) depremlerinin eş şiddet haritalarına göre Troy bölgesi bu depremlerden VIII-X şiddetinde (MSK) etkilendiğini belirtmişler ve buradan hareketle, Biga Yarımadası'ndaki aktif fayların tarihsel dönemde de Troy bölgesini etkilemiş olabileceğine dikkat çekmişlerdir. Araştırıcılar, Biga Yarımadası'nda yürütülecek paleosismoloji çalışmalarından elde edilecek deprem tarihlerinin, Troy 3. ve 6. katmanlarının yıkım dönemleriyle karşılaştırılmasını önermişlerdir.

Bu çalışmada, 18 Mart 1953 Yenice-Gönen deprem yüzey kırığı üzerinde yürütülen kapsamlı diri fay ve paleosismoloji çalışmaları ile YGF'nın aktif tektonik ve paleosismolojik özellikleri araştırılmış ve bölgesel tektonik çatı altında yeniden değerlendirilmiştir.

2. Yenice-Gönen Fayı ve Civarının Jeolojisi

İnceleme alanında Paleozoyik'ten günümüze kadar değişen yaş konağında ve farklı türde kaya birimleri yüzeylemektedir (Şekil 3). Biga Yarımadası ve çevresinin Tersiyer öncesi kayaları KD-GB gidişli dört tektonik kuşağa ayrılmıştır (Duru vd., 2012). Bunlar doğudan batıya doğru sırasıyla İzmir-Ankara Zonu / Bornova Filişi, Sakarya Zonu, Çetmi Melanjı ve Ezine Zonu'dur.

Biga Yarımadası'nın orta bölümünde yer alan YGF ve civarında temeli, Sakarya zonuna ait Kazdağ



Şekil 3- Biga Yarımadası orta bölümünün jeoloji haritası (Duru vd., 2012'den değiştirilmiştir).

Metamorfitleri oluşturur. İnceleme alanında Kazdağ Metamorfitleri Sütüven formasyonları (Cs) ile temsil olunur.

Bu birimlerin üzerine tektonik bir dokanakla Geç Paleozoyik yaşlı Kalabak Grubu Metamorfitleri gelir. Düşük dereceli metamorfitlerden oluşan Kalabak Grubu Metamorfitleri, altta mermer ve metaserpantinit mercekli fillat ve şistlerden oluşan Torasan formasyonu (Pzt) ve üstte mermer ardalanmalı metatüflerden oluşan Sazak formasyonu (Pzs) ile temsil olunur (Duru vd., 2012).

Kalabak Grubu'nun Torasan metamorfitleri, metagranodiyorit ve granitik gnaystan oluşan Çamlık Metagranodiyoriti (Pzç) tarafından kesilmiştir (Duru vd., 2012).

Kalabak Grubu Metamorfitleri, tektonik olarak Karakaya Kompleksi birimleri tarafından üzerlenir

(Okay ve Göncüoğlu, 2004; Aysal vd., 2012*a*,*b*). Karakaya Kompleksi, birbirleriyle çoğunlukla tektonik dokanaklı yer yer de geçişli Geç Permiyen (?)-Triyas yaşlı birimlerden oluşur. Karakaya Kompleksi içerisindeki metakonglomera, metakumtaşı, kumlu kireçtaşı, tüf, metavolkanit ve Devoniyen, Karbonifer ve Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları ihtiva eden birim ayrılmamış Karakaya Kompleksi birimleri (Trkk) olarak tanımlanmıştır (Duru vd., 2012). Buna ilaveten Karakaya Kompleksi, alttan üste doğru sırasıyla Arkozik kumtaşı (Trka), Mehmetalan formasyonu (Trkm) ve Çal formasyonu (Trkç) ile temsil olunur.

Karakaya Kompleksi birimleri uyumsuz olarak karasal, sığ denizel konglomera, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşlarından oluşan Liyas yaşlı Bayırköy formasyonu tarafından örtülür.

Bayırköy formasyonu üste doğru, platform tipi kireçtaşlarından oluşan Kalloviyen-Hotriviyen yaşlı Bilecik formasyonuna geçer. Bilecik formasyonu üzerine uyumlu-geçişli olarak hemipelajik, mikritik kireçtaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşan Hotriviyen-Albiyen yaşlı Pınar formasyonu gelir (Duru vd., 2012). Temel birimleri örten bu örtü birimleri, inceleme alanında sadece Yenice KD'sunda çok sınırlı bir alanda mostra veren Bilecik formasyonu ile temsil olunur.

İnceleme alanında, Tersiyer magmatizmasının ürünleri volkanitler, volkanosedimanter istifler ve Tersiyer yaşlı granitoyidlerdir (Altunkaynak vd., 2012; Aysal, 2015). Biga Yarımadası'nın orta bölümünde çok geniş alanlarda yüzlek veren Tersiyer magmatizmasının ürünleri; Orta Eosen yaşlı Şahinli formasyonu, Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonu ve bununla eş yaşlı Tersiyer Granitoyidleri, Alt Miyosen yaşlı Şapçı Volkaniti ve Orta Miyosen yaşlı Işıkeli Riyoliti ile temsil olunur (Karacık vd., 2008; Aysal vd., 2012*b*). Biga Yarımadası'nda çoğunlukla aktif fayların kontrolünde gelişmiş kapalı havzalarda, akarsu veya göl ortamında gelişmiş karasal kırıntılı ve/veya gölsel karbonatlı kayalar çökelmiştir. Bu birimler, Orta Miyosen yaşlı kırıntılılar ve kömürlerle temsil olunan Çan ve Soma formasyonları, Üst Miyosen yaşlı kırıntılılardan oluşan İlyasbaşı formasyonu ve Pliyosen yaşlı kırıntılılar ve yer yer karbonatlardan oluşan Bayramiç formasyonları ile temsil edilir. Kuvaterner – Holosen yaşlı güncel çökeller tüm birimleri uyumsuzlukla örtmektedir.

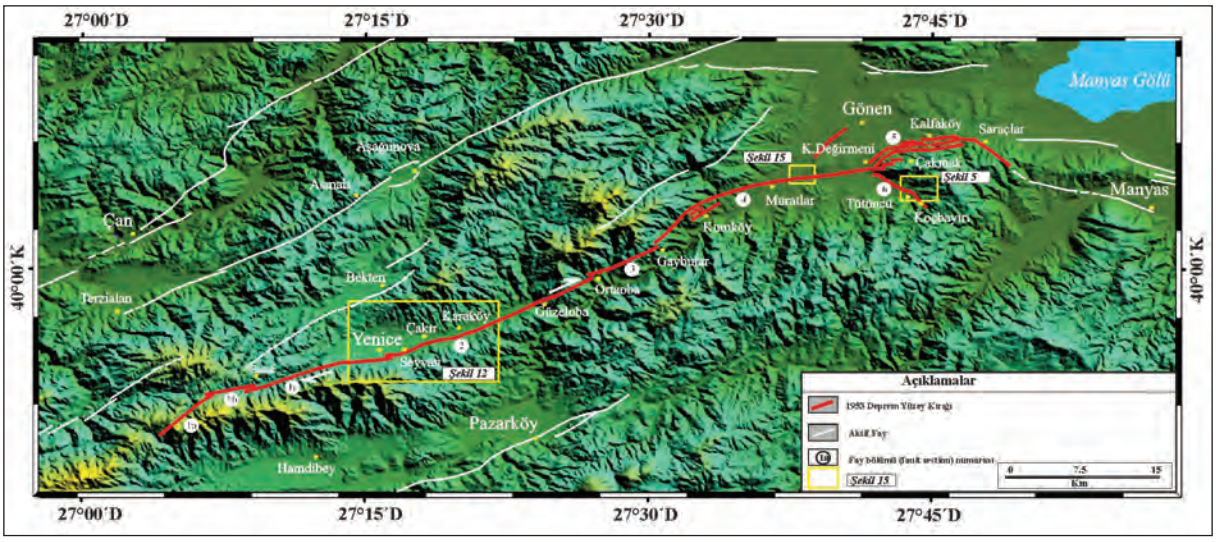
3. Yenice-Gönen Fayının Segment Yapısı

YGF, jeolojik geçmişte yüzey kırığı ile sonuçlanmış birden fazla deprem üretmiş bir diri faydır. Literatürde diri fayların birbirinden ayrılabilen ve iki veya daha çok sayıda yüzey yırtılması ile sonuçlanmış deprem üreten bölümleri "Deprem Segmenti" olarak tanımlanmaktadır (dePolo vd., 1989, 1991). Bu sebeple 1953 depremi ve bu çalışmadan tespit edilen eski depremler ile sismik yetkinliğini kanıtlamış YGF bir deprem segmenti olarak değerlendirilmiştir. Fay segmentleri içerisinde birbirlerinden sıçrama ya da büklüm yapıları ile ayrılan daha kısa fay parçaları fay bölümü (fault section) olarak değerlendirilmektedir.

YGF, birbirlerinden sıkışmalı veya gevşemeli büklüm ya da sekmelerle ayrılan ve uzunlukları 5,5 ile 19 km arasında değişen 6 fay bölümünden (fault section) oluşmaktadır. Bunlar; GB'dan KD'ya doğru sırasıyla Sazak, Çakır, Gaybular, Muratlar, Kalfaköy ve Tütüncü fay bölümleri olarak isimlendirilmişlerdir (Şekil 3 ve Şekil 4).

Sazak bölümü toplam 19 km uzunluğundadır ve birbirlerinden aralı-aşmalı sekmelerle ayrılan üç alt parçadan oluşur (Şekil 3). GB'daki parça K45°D doğrultusunda ve 6 km uzunluğundadır (Şekil 3'te – 1a). Sakardağı ile Sazak Deresi arasında uzanan bu bölümde fay, Kazdağ Metamorfitlerine ait Sütüven formasyonu (Cs) içerisinde izlenir. Sazak bölümünün 6,5 km uzunluğundaki ikinci parçası, batıda Kale Tepe'den başlar ve K75°D doğrultusunda Sazak Vadisi batısına kadar izlenir (Şekil 3'te – 1b). Bu bölümünde fay, batıdaki Kazdağ Metamorfitleri'ne ait Sütüven formasyonu (Cs) ile Kalabak Grubu'na ait Sazak formasyonu (Pzs) arasındaki normal faylı dokanağı keserek sağ yönde ötelemiştir. Sazak bölümünün en doğudaki son parçası 9,5 km uzunluğundadır (Şekil 3'te –1c). Sazak Vadisi ile Yenice arasında K85°D doğrultusunda uzanan bu bölümde fay, Sazak Vadisi'nde Sazak formasyonu (Pzs) ile Kuvaterner yaşlı aluviyal çökellerin sınırını oluşturur. Sazak Vadisi doğusu ile Yenice arasında sırasıyla Sazak formasyonu (Pzs) ile Kalabak Grubu'na ait Torasan formasyonunun (Pzt), Tersiyer Granitoyidleri (Tg) ile Karakaya Kompleksi'ne (Trkk) ait birimlerin ve Tersiyer Granitoyidleri ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yenice Havzası'na ait havza çökellerinin (Tplb) dokanağını kontrol eder (Şekil 3).

Sazak bölümünden Yenice güneyinde 200 m genişliğinde ve 500 m uzunluğunda sola doğru



Şekil 4- YGD yüzey kırık haritası (Emre vd., 2013'ten düzenlenmiştir). Numaralar fay bölümlerini temsil etmektedir. 1a, 1b ve 1c: Sazak, 2: Çakır, 3: Gaybular, 4: Muratlar, 5: Kalfaköy, 6: Tütüncü.

bir sekme ile ayrılan Çakır bölümünün Yenice ile Ortaoba arasındaki toplam uzunluğu 19 km'dir (Şekil 3'te – 2). Yenice ile Seyvan arasında yaklaşık D-B doğrultusunda izlenen fay, Seyvan Köyü GB'sından itibaren sola doğru bükülerek K67°D genel doğrultusunda Çakır doğusuna kadar uzanır. Bu bölümde fay, sıkışmalı büklümün etkisiyle ters bileşen kazanmıştır. Çakır doğusundan itibaren yeniden sola doğru bükülen fay, K67°D doğrultusunda Güzeloba batısına kadar uzanır. Çakır bölümünün Güzeloba ile Ortaoba köyleri arasında kalan en doğu parçası sağa ve sola doğru büklümler ile karakteristiktir. Çakır bölümü, Yenice ile Seyvan arasında Tersiyer Granitoyidleri ve Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonunu keser. Seyvan güneyinden itibaren Hallaçlar formasyonu ile Yenice havza çökellerinin dokanağını kontrol eden fay, bu alanda yer yer de Geç Kuvaterner–Holosen yaşlı aluviyal çökelleri kesmektedir. Çakır ile Karaköy arasında çoğunlukla Yenice (Küçük Agonya) Çayı çökellerini kesen fay, Karaköy doğusundan itibaren Hallaçlar formasyonuna girer ve fay bölümünün doğu sınırına kadar bu birimler içerisinde izlenir.

Ortaoba KB'sında 750 m uzunluğunda ve 250 m genişliğinde sola doğru bir sekme ile Çakır bölümünden ayrılan Gaybular bölümü 10 km uzunluğundadır (Şekil 3'te – 3). K55°D doğrultusunda Kumköy güneybatısındaki Çatalçal Tepe'ye kadar uzanan Gaybular bölümü bu alanda, çoğunlukla Hallaçlar formasyonu içerisinde izlenir, yer yer de Jura-Kretase yaşlı Bilecik formasyonuna ait neritik kireçtaşlarını keser.

Gaybular bölümünden Kumköy batısında 3 km uzunluğunda ve 500 m genişliğinde sıkışmalı bir büklüm ile ayrılan Muratlar bölümünün toplam uzunluğu 16 km'dir (Şekil 3'te – 4). Kumköy ile Gönen Çayı arasında K65°D doğrultusunda uzanan Muratlar bölümü Gönen Çayı'ndan itibaren sağa doğru bir büklüm yaparak D-B doğrultusunda Çakmak Köyü batısına kadar uzanır. Muratlar bölümü, Kumköy ile Muratlar arasında Hallaçlar formasyonu ile Pliyosen yaşlı Bayramiç formasyonunun kırıntılı çökellerini yan yana getirir. Muratlar doğusundan itibaren Gönen Çayı'nın aluviyal çökellerini kesen fay, Korudeğirmeni güneyinden itibaren yeniden Bayramiç formasyonuna ait çökelleri keser ve Hallaçlar formasyonu içerisinde sonlanır.

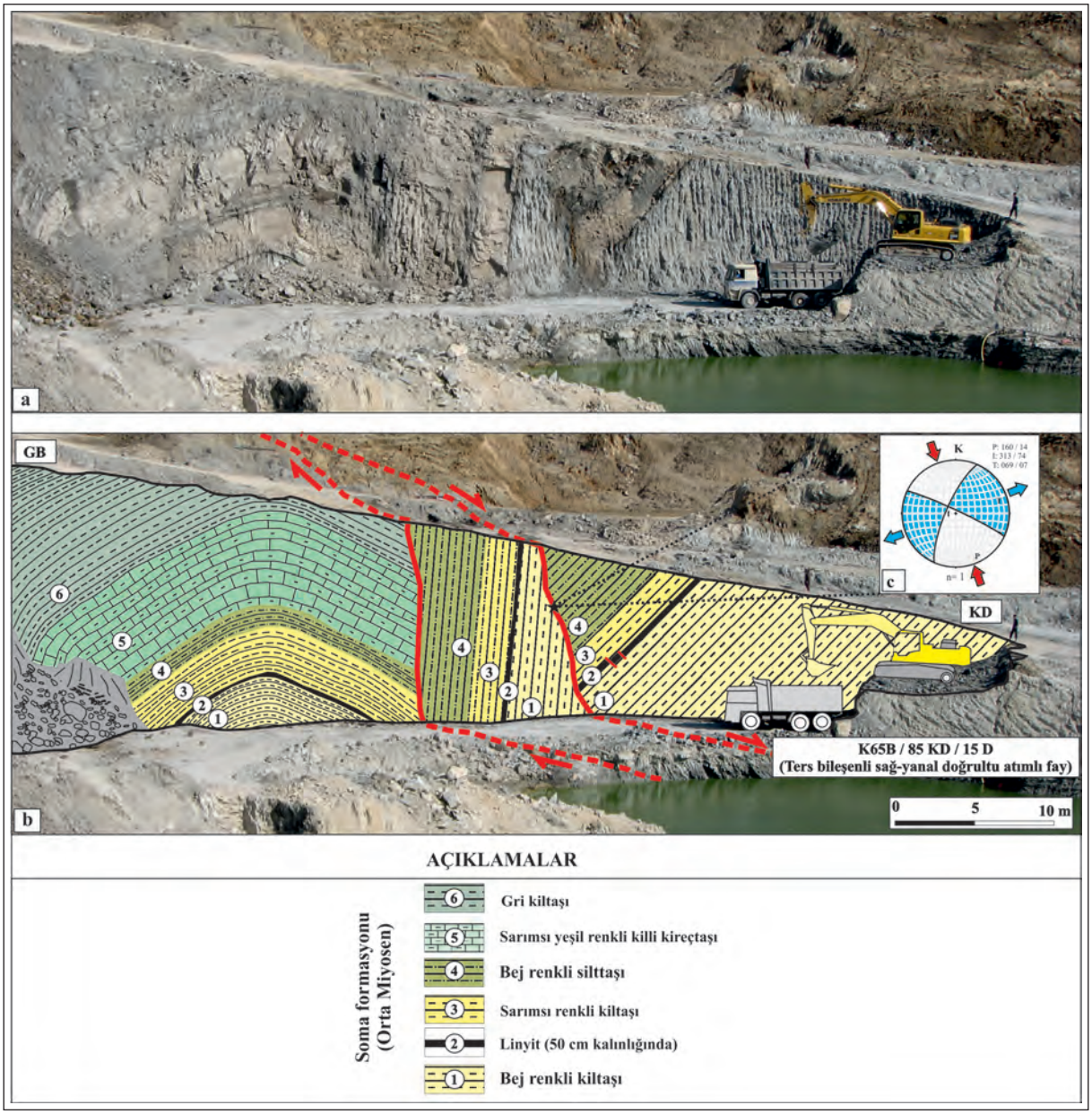
YGF'nın ana gövdesinin en doğu bölümünü oluşturan Kalfaköy bölümü, batıda Korudeğirmeni ile doğuda Saraçlar köyleri arasında K60°D genel doğrultusunda uzanır (Şekil 3'te – 5). Toplam 6 km uzunluğundaki bölüm, yaklaşık 300 m genişliğinde bir deformasyon zonu ile temsil olunur. Kalfaköy bölümü Saraçlar Köyü dolayında GD'ya doğru bir büklüm (Saraçlar büklümü) yaparak sonlanır. Bu bölüm aynı zamanda Yenice-Gönen Fayı'nın 1964 Manyas depremi yüzey kırığı ile aşmalı olarak üzerlendiği bölüme karşılık gelir. Kalfaköy bölümü çoğunlukla Hallaçlar formasyonu ile Bayramiç formasyonunun dokanağını kontrol eder.

YGF'nın Korudeğirmeni ile Koçbayırı köyleri arasında K70°B genel doğrultusunda uzanan 5,5 km'lik kesimi Tütüncü bölümü olarak isimlendirilmiştir (Şekil 3'te–6). Tütüncü bölümü YGF'ndan GD'ya

doğru ayrılan bir yan kol konumundadır. Fay, Tütüncü kuzeyinde sola doğru bir büklüm yaparak ters bileşen kazanmıştır (Şekil 5). Tütüncü bölümü çoğunlukla Bayramiç formasyonu ile Soma formasyonunun dokanağını kontrol eder, yer yer de Soma formasyonu ve aluviyal yelpaze çökellerini keser.

4. 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi (Ms=7,2) Yüzey Kırığı

18 Mart 1953'te saat (GMT) 19:06'da Güney Marmara'da (Koordinatlar: 40.01 K – 27.49 D), 10 km odak derinliğinde Ms=7.2 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir (Ayhan vd., 1981). Deprem sonucunda 263 kişi yaşamını yitirmiş, 8000'den fazla bina zarar görmüş, 211 okul, 176 resmi bina ve 27 cami yıkılmıştır (Barka vd., 2002). Deprem Çanakkale, Edirne, İstanbul, Adapazarı, Bursa, Balıkesir, Dikili, Foça ve Karaburun'dan hissedilmiştir. Deprem odak mekanizma çözümlerine göre, YGD, K 59° D doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı bir faydan kaynaklanmıştır (Canıtez ve Üçer, 1967; McKenzie, 1972). YGD'nde toplam 70 km uzunluğunda yüzey



Şekil 5- Tütüncü fay bölümünün (fault section) Tütüncü Köyü kuzeyindeki yapısal özellikleri, a) Arazi fotoğrafı, b) Jeolojik enine kesit, c) Faultkin programı kullanılarak Fay düzlemi çözümünün Schimidt ağı alt yarıkürede gösterimi (Almendinger vd., 2012).

kırığı oluşmuştur (bkz. Şekil 3 ve Şekil 4). Bu çalışmada, 1953 YGD yüzey kırığı üzerinde toplam 28 noktada gözlem yapılarak (Çizelge 3), bu deprem sırasında gelişen yüzey kırığı GB'dan KD'ya doğru bir düzen içinde tanıtılmıştır.

1953 YGD yüzey kırığının izlerinin gözlenebildiği ilk nokta, Yenice güneybatısındaki Taşlıburun Sırtı dolayındaki Dede Çeşme mevkiidir (Çizelge 3'te YGF-01). Bu lokasyonda YGD'nde bir dere 1,70±10 cm sağ-yanal, 50±5 cm düşey yönde ötelenmiştir.

Yenice güneyinde Sazak bölümünden 200 m genişliğinde ve 500 m uzunluğunda sola doğru bir sekme ile ayrılan Çakır bölümünün Yenice ile Ortaoba arasındaki toplam uzunluğu 19 km'dir. Eski Yenice ile Seyvan arasında yaklaşık D-B doğrultusunda izlenen yüzey kırığı, Seyvan Köyü güneybatısından itibaren 15° lik bir sola doğru büklümle K75°D doğrultusunda Çakır doğusuna kadar uzanır. Bu alanda, sıkıştıran büklüm etkisiyle fay ters bileşen kazanmıştır. Seyvan güneyinde kazılan hendeklerde bu özellik açıkça izlenebilmiştir. 1953 yüzey kırığı, Eski Yenice ile Seyvan arasında, çizgisel fay sarplıkları ile karakteristiktir (Şekil 6). Seyvan güneyinde Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonu ile Pliyosen yaşlı Bayramiç formasyonunun dokanağını oluşturan fay, bu alanda yer yer de aluviyal yelpaze çökellerini ve etek döküntülerini keser. Seyvan doğusundan itibaren Bayramiç formasyonuna giren fay, Yenice – Pazarköy karayolunu (Çizelge 3'te YGF-03) K75°D doğrultusunda keserek (Şekil 7) Çakır güneyine ulaşır.

1953 deprem yüzey kırığı, Karaköy ile Güzeloba arasında K70°D genel doğrultusunda uzanır. Çakır bölümünün Güzeloba ile Ortaoba köyleri arasında kalan en doğu parçası sağa ve sola doğru büklümler ile karakteristiktir. Bu bölümde yüzey kırığı tamamen Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonu içerisinde izlenir. Yüzey kırığı, Güzeloba Köyü'nün yaklaşık 1 km KD'sunda yer alan Kuştepe mevkiindeki (Çizelge 3'te YGF 17) stabilize yol yarmasında ezik-breşik fay zonu biçiminde izlenmektedir. Deprem görgü tanıklarından edinilen bilgiye göre, Karasu (Karasuçam) Köyü'ndeki Namazlık dere güneybatısında yüzey kırığı meydana gelmiş ve kuzey blok yaklaşık 50 cm düşmüştür. Karasu ve Karasukabaklar Köyü arasında yüzey kırığının doğrultusu K50°D'dur. Karasukabaklar Köyü içerisinde 1953 depremi sırasında, K70°B doğrultusunda yüzey kırığı gelişmiştir. Bu kırık, sağ yanal doğrultu atımlı sistem içerisinde gelişmiş bir R kırığı olarak yorumlanmıştır.

Ortaoba kuzeybatısında, Çakır bölümünden 750 m uzunluğunda ve 250 m genişliğinde sola doğru bir sekme ile ayrılan Gaybular bölümü 10 km uzunluğundadır. K55°D doğrultusunda Kumköy güneybatısındaki Çatalçal Tepe'ye kadar uzanan Gaybular bölümü, bu alanda çoğunlukla Hallaçlar formasyonu içerisinde izlenir, yer yer de Jura-Kretase yaşlı Bilecik formasyonuna ait neritik kireçtaşlarını keser. Gaybular bölümünde deprem yüzey kırığının gözlendiği ilk nokta Karasukabaklar Köyü'nün yaklaşık 2 km kuzeyindeki Yolçatı mevkiidir (Çizelge 3'te YGF-20). Yolçatı mevkiinde K58°D doğrultusunda yüzey kırığı gelişmiştir. Deprem yüzey kırığı, Ortaoba'nın 4 km kuzeyindeki Çaltepe'nin kuzeybatı yamacında net olarak izlenebilmektedir. Çaltepe kuzeyinden itibaren Gaybular batısına kadar K60°D doğrultusunda takip edilebilen yüzey kırığı, Bozkıraç Tepe kuzeydoğusundaki bir alanda (Çizelge 3'te YGF-22) küçük ölçekli bir bataklık gölü (sag-pond) meydana getirmiştir. Deprem yüzey kırığı, Gaybular Köyü'nün yakın güneybatısında Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşlarından oluşan Bilecik formasyonu ile Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonunun dokanağını oluşturur.

Kumköy batısında Gaybular bölümünden 3 km uzunluğunda ve 500 m genişliğinde sıkışmalı bir büklüm ile ayrılan Muratlar bölümünün toplam uzunluğu 16 km dir. Muratlar Bölümü, Kumköy ile Gönen Çayı arasında K65°D genel doğrultusunda uzanır. Kumköy kuzeyindeki toprak futbol sahasının bulunduğu alanda (Çizelge 3'te YGF-23) yüzey kırığı, ötelenmiş kültürel yapılar, küçük ölçekli bir basınç sırtı ve çizgisel fay sarplığı ile karakteristiktir.

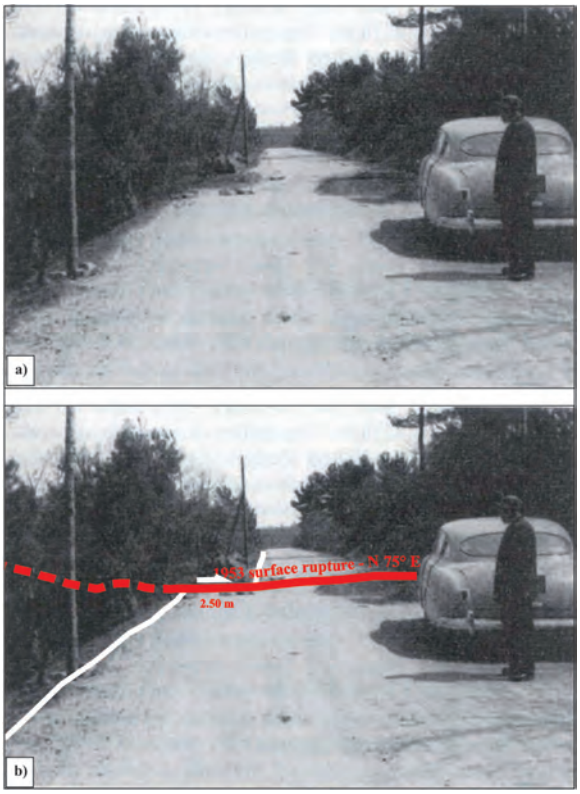
Kumköy ile Muratlar arasında K70°D doğrultusunda, Hallaçlar formasyonu ile Bayramiç formasyonu arasındaki dokanağı takip eden yüzey kırığı, Muratlar kuzeyinden itibaren Gönen Çayı'nın eski aluviyal çökelleri içerisine girer. Ketin ve Roesly (1953), YGD sırasında, Muratlar doğusundaki eski bir köy yolunun 1,5 m sağ yanal ötelendiğini ve güney bloğun yaklaşık 10 cm düştüğünü rapor etmiştir (Şekil 8) (Çizelge 3'te YGF 24). Buradan itibaren, K70°D doğrultusunda Muratlar – Gönen asfalt karayolunu kesen yüzey kırığı (Çizelge 3'te YGF 25), KD'ya doğru Gönen Çayı'nın eski aluviyal çökelleri içerisinde 2 km daha devam eder. Gönen Çayı'nın hemen batısındaki Kalaylı Tepe, fayın geometrisine uygun olarak bir

Çizelge 3- YGD yüzey kırığı gözlem noktaları (Kürçer, 2006'dan düzenlenmiştir).

Gözlem no	**Pafta no**	**Koordinatlar (UTM)**	**Yer değiştirme miktarı (cm)**	**Açıklamalar**
YGF-01	İ 18 a2	35 0519481 D 44 18504 K	170±10 (sağ-yanal) 50±5 (düşey)	Yenice batısındaki Dede Çeşme mevkiinde ötelenmiş dere
YGF-02	İ 18 b1	35 0525157 D 44 19713 K	2.86 (sağ-yanal) 50±10 (düşey)	Seyvan güneyinde, hendek alanındaki çizgisel fay sarplığı
YGF-03	İ 18 b1	35 0527 125 D 44 21120 D	2.50 (sağ-yanal)	1953 yüzey kırığının Yenice-Gönen karayolunu kestiği nokta
YGF-04	İ 18 b1	35 0528759 D 44 21870 K	320±50 (sağ-yanal)	Çakır güneyinde, köprünün batısında ötelenmiş ağaç dizisi
YGF-05	İ 18 b1	35 0528987 D 4421983 K	200±10 (sağ-yanal)	Çakır güneyinde, köprünün doğu sınırında ötelenmiş tarla sınırı
YGF-06	İ 18 b1	35 0528786 D 4421884 K	190±30 (sağ-yanal)	Çakır güneyinde, köprünün batısında ötelenmiş tarla sınırı
YGF-07	İ 18 b1	35 0528808 D 4421917 K	220±20 (sağ-yanal)	Çakır güneyinde, köprünün batı sınırında ötelenmiş tarla sınırı
YGF-08	İ 18 b1	35 0529329 D 4421931 K	2200±200 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda kümülatif dere ötelenmesi
YGF-09	İ 18 b1	35 0529655 D 4422068 K	2300±200 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda kümülatif dere ötelenmesi
YGF-10	İ 18 b1	35 0528886 D 4421778 K	200±10 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda ötelenmiş tarla sınırı
YGF-11	İ 18 b1	35 0529263 D 44 22035 K	320±20 (sağ-yanal)	Çakır güneyinde, köprünün doğusunda ötelenmiş tarla sınırı
YGF-12	İ 18 b1	35 0529998 D 44 22325 K	300±30 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda ötelenmiş tarla sınırı
YGF-13	İ 18 b1	35 0530015 D 44 22328 K	320±20 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda ötelenmiş tarla sınırı
YGF-14	İ 18 b1	35 0530053 D 44 22358 K	310±20 (sağ-yanal)	Çakır GD'sunda ötelenmiş tarla sınırı
YGF-15	İ 18 b2	35 0531779 D 4423208 K	1800±200 (sağ-yanal)	Karaköy GD'sunda kümülatif dere ötelenmesi
YGF-16	İ 18 b2	35 0532046 D 44 23454 K	2100±200 (sağ-yanal)	Karaköy GD'sunda kümülatif dere ötelenmesi
YGF-17	İ 18 b2	35 0536199 D 44 26017 K		Güzeloba 1 km KD'su ezik zon
YGF-18	İ 18 b2	35 0538042 D 44 26787 K		Karasukabaklar 500 m GB'sında K50°D doğrultulu yüzey kırığı
YGF-19	İ 18 b2	35 0532046 D 44 23454 K		Karasubaklar Köyü'nde Reidel Kırığı
YGF-20	H 18 c3	35 0538883 D 44 28291 K		Karasukabaklar 2 km kuzeyindeki Yolçatı mevkiinde deprem yüzey kırığı
YGF-21	H 18 c3	35 0538883 D 44 28291 K		Ortaoba 4 km kuzeyindeki Akpınar dere mevkiinde deprem yüzey kırığı
YGF-22	H 19 d4	35 0542834 D 44 31164 K		Gaybular 2 km güneybatısında deprem yüzey kırığı ve sag-pond
YGF-23	H 19 d4	35 0547376 D 44 34888 K	175±15 cm (sağ-yanal)	Kumköy kuzeyinde, ötelenmiş çit, basınç sırtı ve çizgesel fay sarplığı
YGF-24	H 19 d4	35 0550525 D 44 36293 K	150 cm (sağ-yanal) 10 cm (düşey)	Muratlar kuzeydoğusunda, ötelenmiş eski köy yolu
YGF-25	H 19 d4	35 0550731 D 44 36368 K		Yüzey kırığının Muratlar-Gönen karayolunu kestiği nokta
YGF-26	H 19 d3-d4	35 0553674 D 4437384 K	800±50 m (sağ-yanal)	Gönen Çayı'ndaki toplam ötelenme
YGF-27	H 19 d3	35 0562103 D 44 39833 K		Kalfaköy güneybatısında Hallaçlar formasyonunu kesen YGF
YGF-28	H 19 d3	35 64139 D 44 40556 K	50 cm (düşey)	Gökçesu güneyinde yüzey kırığı



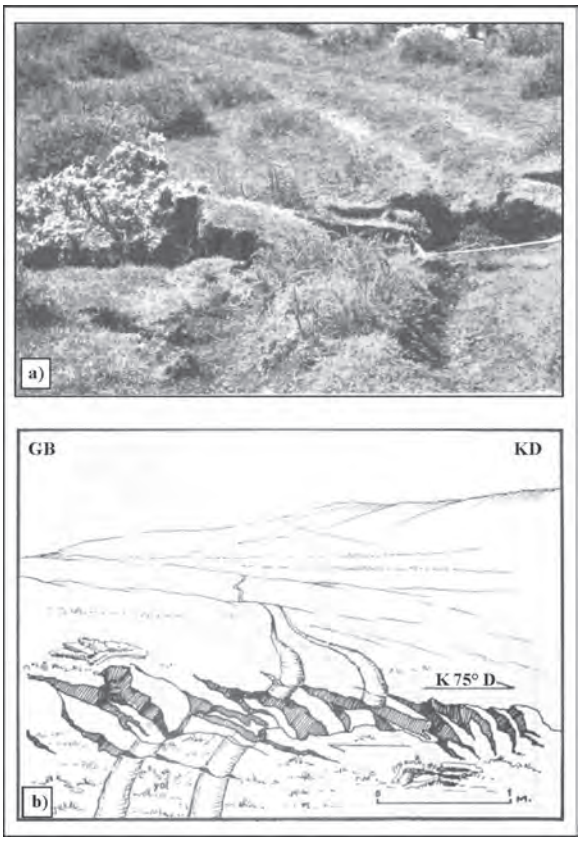
Şekil 6- Seyvan Köyü güneyinde (YGF-02) çizgisel fay sarplığı (Bakış Güney'e) (Fotoğraf, Kürçer 2006'dan alınmıştır).



Şekil 7- YGD yüzey kırığının Yenice – Gönen karayolunda meydana getirdiği ötelenme (Fotoğraf Ketin ve Roesly, 1953'ten alınmıştır) (YGF-03) (Bakış doğuya).

basınç sırtı biçiminde yükselmiştir. Muratlar bölümü, Gönen Çayı'ndan itibaren sağa doğru 20° lik bir büklüm yaparak D-B doğrultusunda Çakmak Köyü batısına kadar uzanır. Bu bölümde, Gönen Çayı'nın doğusunda, Pilevne ve Tirnova mahallelerinin güneyindeki sınırlı bir alanda Bayramiç formasyonu ve Gönen Çayı'nın eski aluviyal çökellerini kesen fay, buradan itibaren Korudeğirmeni güneyine kadar yeniden güncel aluviyal çökeller içerisinde izlenir. Yüzey kırığının Muratlar bölümü, Korudeğirmeni güneyinden itibaren Hallaçlar formasyonuna girer ve Çakmak Köyü batısına kadar bu birim içerisinde devam eder ve sonlanır.

YGF'nın ana gövdesinin en doğusunu Kalfaköy bölümü oluşturur. Bu bölüm, batıda Korudeğirmeni ile doğuda Saraçlar köyleri arasında K60°D genel doğrultusunda uzanır. Toplam 6 km uzunluğundaki Kalfaköy bölümü, yaklaşık 300 m genişliğinde bir deformasyon zonu ile temsil olunur. Kalfaköy bölümü, Saraçlar Köyü dolayında GD'ya doğru bir büklüm yaparak sonlanır. Bu bölüm aynı zamanda YGF'nın 1964 Manyas depremi yüzey kırığı ile aşmalı olarak üzerlendiği bölüme karşılık gelir (Emre vd., 2012; Kürçer vd., 2017). Kalfaköy bölümü çoğunlukla Hallaçlar formasyonu ile Bayramiç formasyonunun

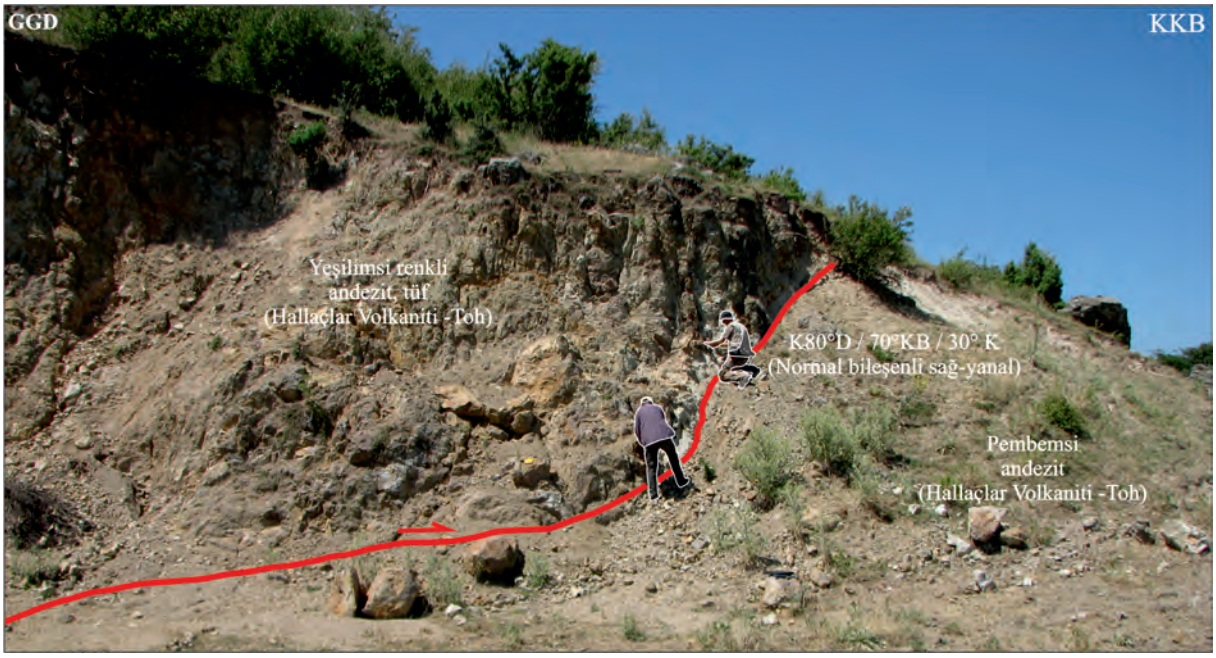


Şekil 8- YGD sırasında Muratlar köy yolundaki ötelenme a) Arazi fotoğrafı, b) Skeç çizim (Ketin ve Roesly, 1953'ten alınmıştır).

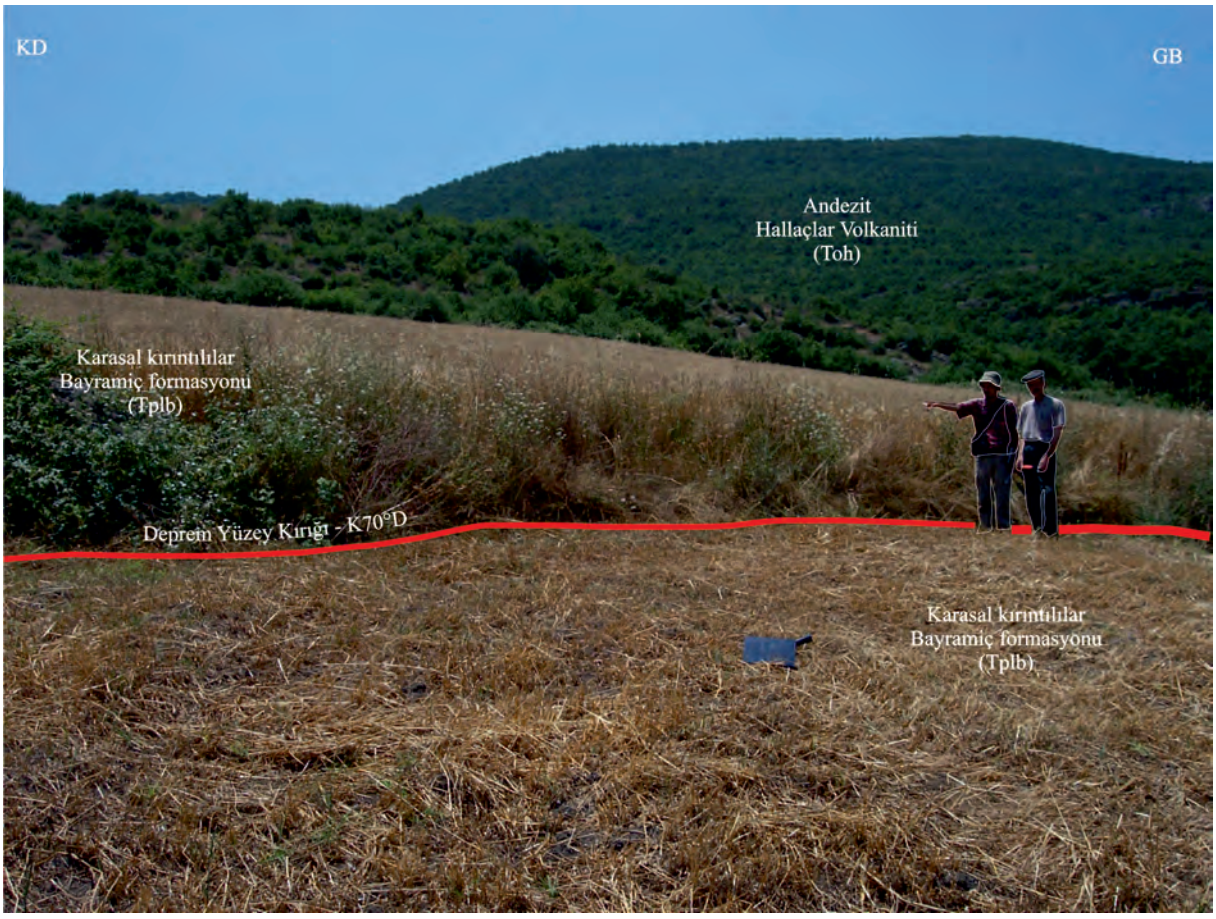
dokanağını kontrol eder, yer yer de Bayramiç formasyonu içerisinde izlenir.

Kalfaköy bölümü üzerinde yüzey kırığına ilişkin veriler sınırlı olmakla birlikte, fayın yapısal özelliklerini ortaya koyabilecek bazı gözlemler yapılmıştır. Örneğin, Kalfaköy güneybatısında, Hallaçlar formasyonu içerisinde yaklaşık 3 m genişliğinde ezik, breşik fay zonu gözlenmiştir (Çizelge 3'te YGF-27) (Şekil 9). Kalfaköy doğusundan itibaren Hallaçlar formasyonu ile Bayramiç formasyonu arasındaki dokanağı kontrol eden fay, Gökçesu güneyinden itibaren Bayramiç formasyonu içerisinde devam ederek Saraçlar büklümüne ulaşır. Gökçesu güneyinde kuzey bloğun yaklaşık 50 cm düştüğü deprem yüzey kırığı (Çizelge 3'te YGF-29) günümüzde çizgisel fay sarplığı olarak izlenebilmektedir (Şekil 10). Saraçlar bölgesi, 1953 YGD yüzey kırığı ana bölümünün en doğu kısmını teşkil eder. Bu bölgede, GD'ya doğru bir büklüm yapan yüzey kırığı 1 km kadar daha devam ederek Saraçlar Köyü GD'sunda sonlanır. Yüzey kırığının tarif edilen en doğudaki bu son 1 km lik bölümü aynı zamanda 1964 Manyas Depremi'nde de kırılmıştır.

YGF'nın Korudeğirmeni ile Koçbayırı köyleri arasında K70°B genel doğrultusunda uzanan 5,5 km'lik kesimi Tütüncü bölümü olarak isimlendirilmiştir. Tütüncü bölümü YGF'ndan GD'ya doğru ayrılan bir splay fay konumundadır (Şekil 11). Fay, Tütüncü kuzeyinde sola doğru bir büklüm yaparak ters bileşen



Şekil 9- Kalfaköy güneybatısında Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonunu (Toh) kesen YGF (Bakış GGB'ya).



Şekil 10- Gökçesu Köyü güneyinde (YGF-24) deprem yüzey kırığı (Fotoğraf, Kürçer 2006'dan alınmıştır) (Bakış GGB'ya).

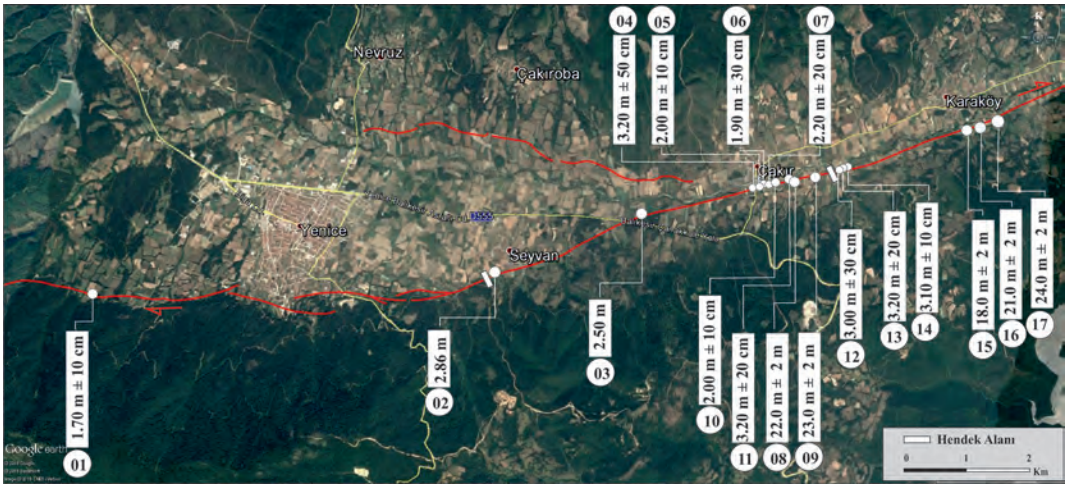


Şekil 11- YGF'nın Tütüncü Bölümü'nün panoramik görüntüsü (Tütüncü – Kavakoba yolundan kuzeye bakış).

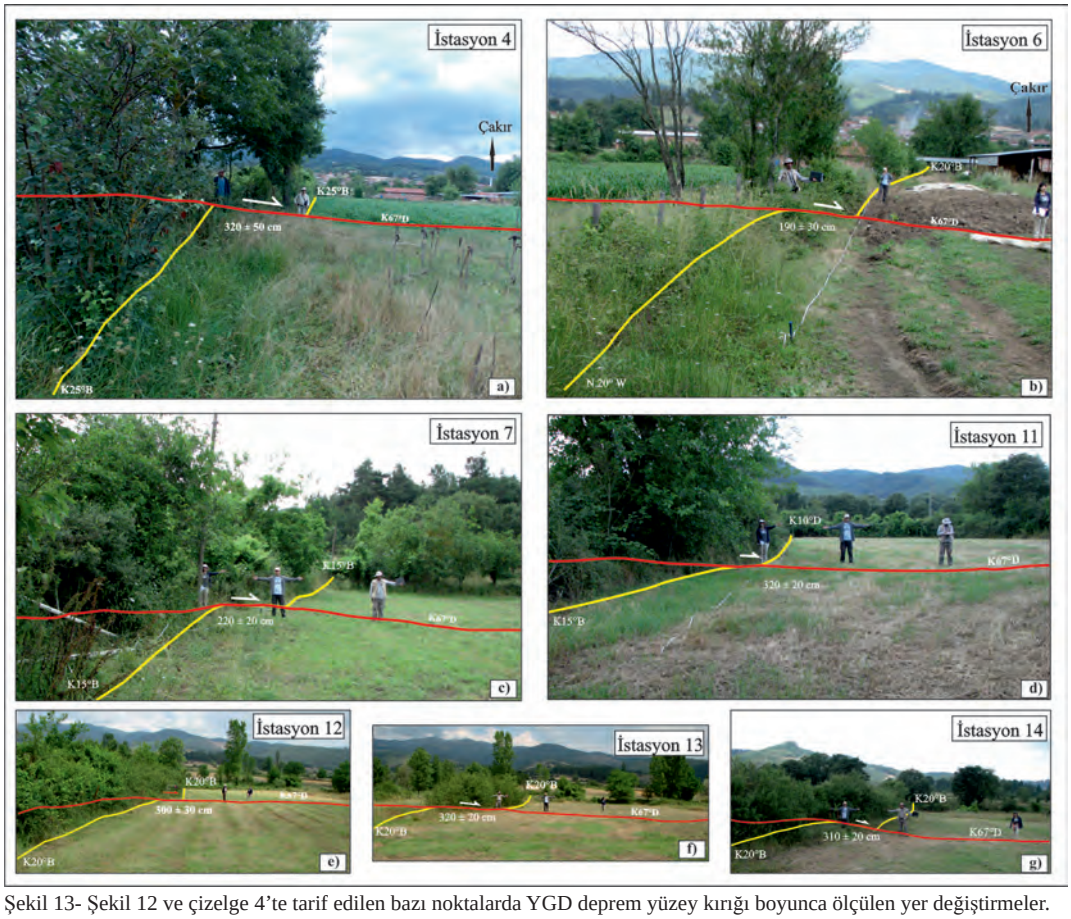
kazanmıştır. Tütüncü segmenti çoğunlukla Soma formasyonu ile Bayramiç formasyonunun dokanağını kontrol eder, yer yer de Bayramiç formasyonu ve aluviyal yelpaze çökellerini keser.

5. Yenice-Gönen Fayı Üzerinde Yer Değiştirme Ölçümleri

YGD yüzey kırığı üzerinde 1,70±0,1 m ile 3,2±0,2 m arasında değişen sağ yanal yer değiştirmeler ölçülmüştür (Şekil 12, Şekil 13 ve Çizelge 4). Buna



Şekil 12- Çakır fay bölümü boyunca yapılan yer değiştirme ölçümleri.



Şekil 13- Şekil 12 ve çizelge 4'te tarif edilen bazı noktalarda YGD deprem yüzey kırığı boyunca ölçülen yer değiştirmeler.

Çizelge 4- YGD yüzey kırığı boyunca yer değiştirme ölçümleri.

İstasyon numarası	Yer	Enlem (K)	Boylam (D)	Yer değiştirme (m)	Ölçüm kalitesi	Ötelenme özellikleri ve düşünceler
01	Yenice GB'sı	4418504	35 0519481	1,70±10 cm 0,50±5 cm	B	Ötelenmiş kuru dere
02	Seyvan GB'sı	4419869	35 0525124	2,86	A	Ötelenmiş kuru dere
03	Seyvan KD'su	4421120	35 0527125	2,50	A	Yenice – Pazarköy yolu
04	Çakır GGB'sı	4421870	35 0528759	3,20±50 cm	C	Tarla sınırı
05	Çakır GGB'sı	4421884	35 0528786	200±10 cm	A	Tarla sınırı
06	Çakır GGB'sı	4421884	35 0528801	1,90±30 cm	B	Tarla sınırı
07	Çakır GGB'sı	4421917	35 0528808	2,20±20 cm	B	Tarla sınırı
08	Çakır D'su	4421936	35 0529326	22,00±2 m	B	Ötelenmiş dere yatağı (Toplam yer değiştirme)
09	Çakır D'su	4422075	35 0529653	23,00±2 m	B	Ötelenmiş dere yatağı (Toplam yer değiştirme)
10	Çakır G'i	4421983	35 0528987	2,00±10 cm	A	Tarla sınırı
11	Çakır GGD'su	4422035	35 0529263	3,20±20 cm	B	Tarla sınırı
12	Çakır GD'su	4422325	35 0529998	3,00±30 cm	A	Tarla sınırı
13	Çakır GD'su	4422328	35 0530015	3,20±20 cm	A	Tarla sınırı
14	Çakır GD'su	4422358	35 0530053	3,10±10 cm	A	Tarla sınırı
15	Karaköy GD'su	4423201	35 531769	18±2 m	B	Ötelenmiş dere yatağı (Toplam yer değiştirme)
16	Karaköy GD'su	4423251	35 531955	21±2 m	B	Ötelenmiş dere yatağı (Toplam yer değiştirme)
17	Karaköy GD'su	4423394	35 532242	24±2 m	B	Ötelenmiş dere yatağı (Toplam yer değiştirme)
18	Kumköy K'i	4434888	35 0547376	1,75±15 cm	B	Tarla sınırı
19	Muratlar D'su	4436118	35 0550464	1,50	A	Köy yolu
20	Gönen B'sı	4437400	35 553605	800±50 m	B	Gönen Çayı

ilaveten Çakır bölümü üzerinde de Holosen drenaj ağında 18±2 m ile 24±2 m arasında değişen toplam yer değiştirmeler ölçülmüştür (Şekil 13 ve Şekil 14). Yer değiştirme ölçümleri için Total station ve şeritmetre kullanılmıştır.

6. Paleosismoloji Çalışmaları

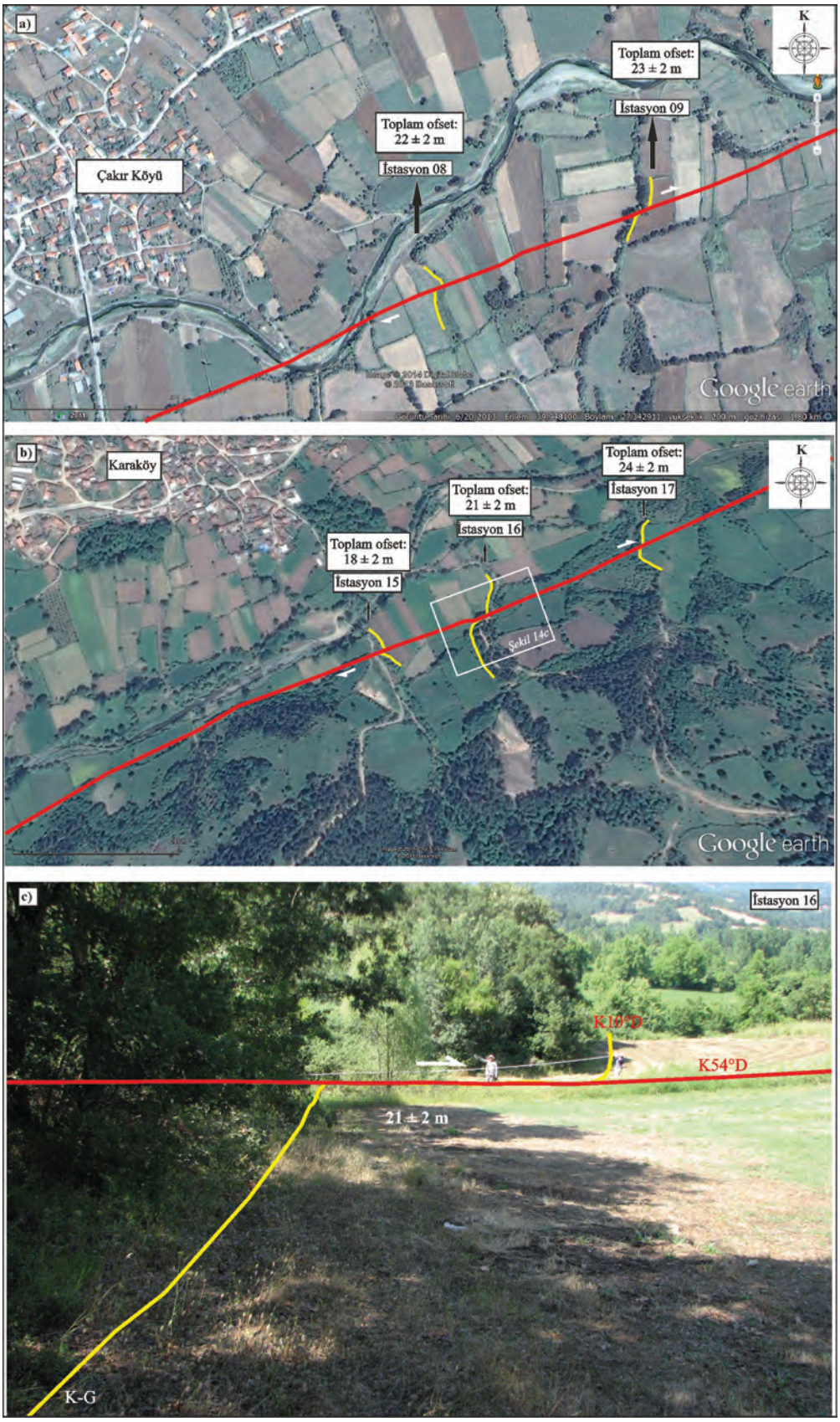
Yenice-Gönen deprem segmentinin Çakır fay bölümü üzerinde, hava fotoğrafı analizi ve ayrıntılı yüzey kırık haritalaması sonucu seçilen Seyvan ve Çakır hendek alanlarında (bkz. Şekil 12) paleosismik hendek çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Hendek alanlarında öncelikle Total Station ekipmanı kullanılarak mikrotopoğrafya haritaları üretilmiştir (Şekil 16 ve Şekil 20). Hendeklerin tamamında 1 m^2 karelajlama uygulanmış, hendek duvarları fotomozayik tekniği ile loglanmıştır. Paleosismolojik sonuçlar, Seyvan 2013-1 Hendeği Batı Duvarı, Seyvan 2013-2 Hendeği Batı Duvarı ve Çakır 2013 Hendeği Batı Duvarı'na ait kesitler üzerinden sunulmuştur.

6.1. Seyvan 2013-1 ve Seyvan 2013-2 Hendekleri

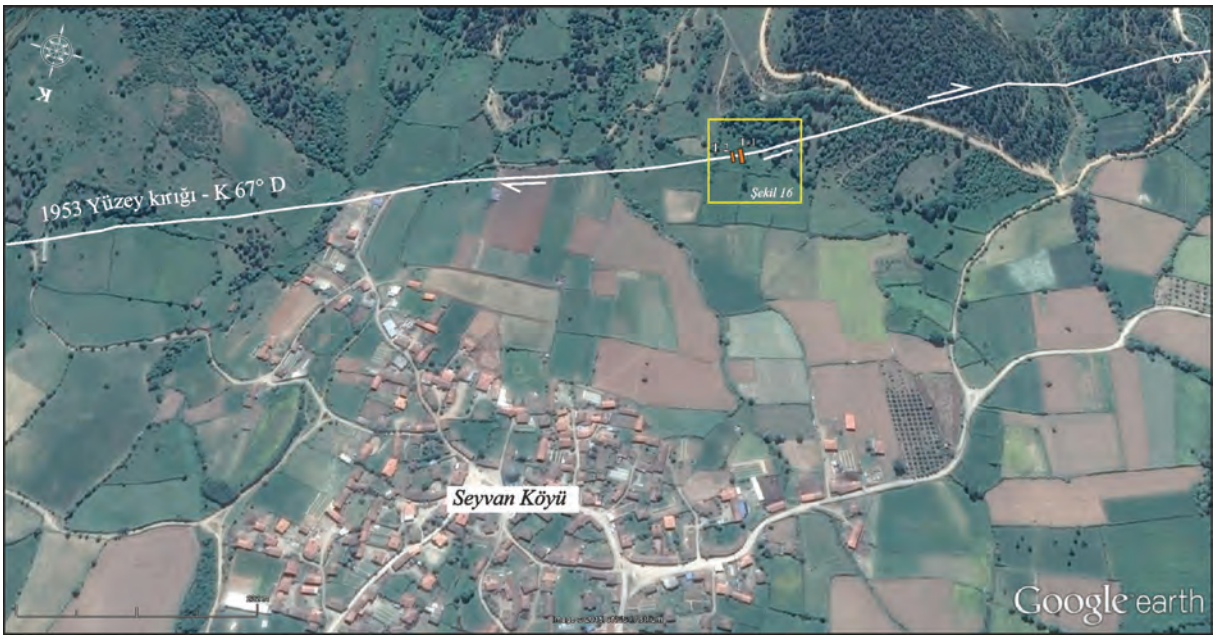
Seyvan Köyü'nün 500 m GB'sındaki (UTM Koordinatları: 35 0525151 D – 4419713 K) Seyvan hendek alanı, Çakır fay bölümünün GB'sında yer alır (bkz. Şekil 12). Yenice güneyinden itibaren yaklaşık B-D doğrultusunda uzanan Çakır bölümü, Seyvan güneyinden itibaren sola doğru sıkıştıran bir büklüm yaparak K67°D genel doğrultusunda Ortaoba'ya kadar devam eder. Fay bu bölümde sıkıştıran büklümün etkisiyle ters bileşen kazanmıştır (Şekil 15).

6.1.1. Yer Seçimi

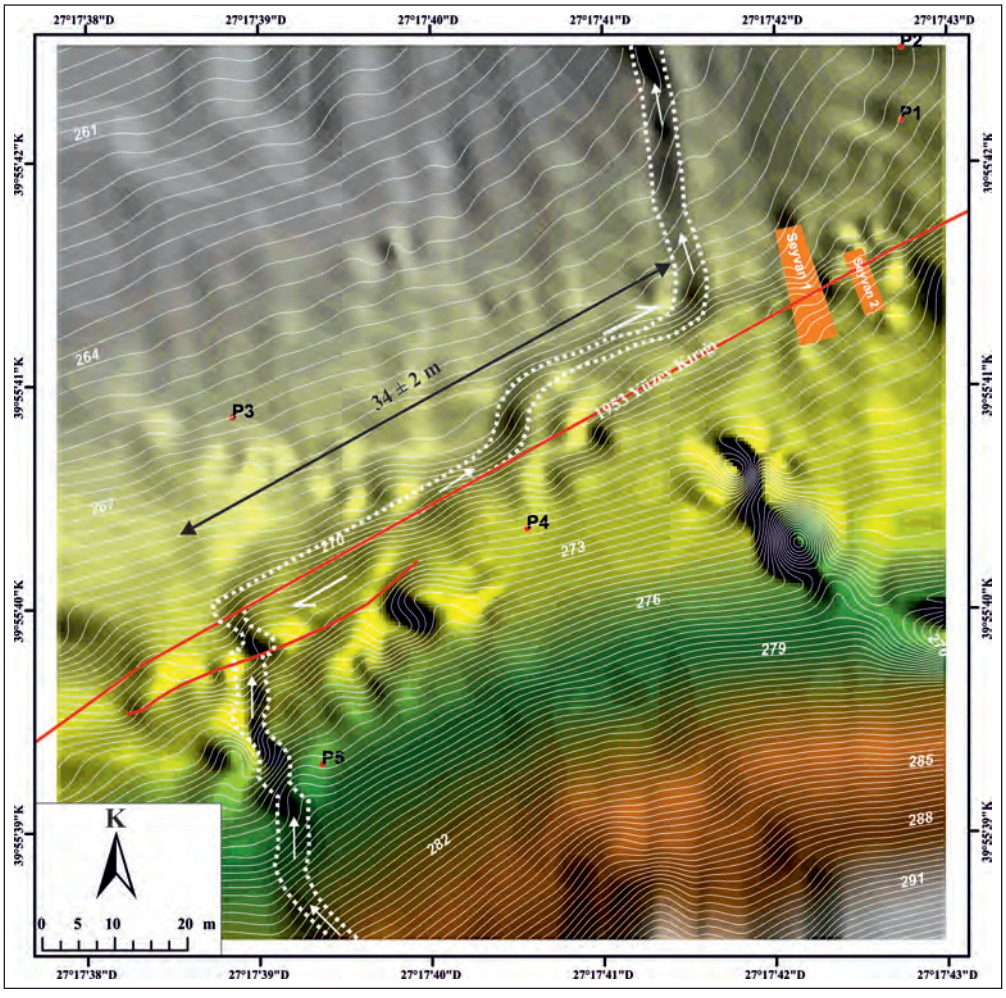
1953 YGD sırasında gelişen yüzey kırığına ait en net veriler YGF'nın Çakır bölümünde mevcuttur. Bu alanda 1953 deprem yüzey kırığı çizgisel fay sarplığı ile karakteristiktir. Seyvan Hendek alanında muhtemelen Holosen veya Geç Pleyistosen yaşlı bir kuru dere YGF fayı tarafından kesilerek 34±2 m sağ yanal ötelenmiştir (bkz. Şekil 13). Ketin ve Roesly (1953), Seyvan hendek alanı ve civarında 1953 deprem yüzey kırığı üzerinde 4,3 m sağ yanal yer



Şekil 14- a ve b) Çakır fay bölümü boyunca şekil 12 ve çizelge 4'te tarif edilen bazı dere yataklarındaki toplam yer değiştirmelerin Google earth görüntüleri, c) İstasyon 16'nın arazi fotoğrafı.



Şekil 15- Seyvan hendek alanı Google earth görüntüsü (Bakış eğik açıyla güneye).



Şekil 16- Seyvan hendek alanı mikrotopoğrafya haritası. Kontur aralığı 20 cm dir (Kürçer vd., 2016).

değiştirme ölçmüştür. Bu çalışmada ise Seyvan ve yakın civarında 2,50 m ile 3,20 m arasında değişen sağ yanal yer değiştirmeler ölçülmüştür (bkz. Şekil 12). Bu bakış açısıyla mikrotopoğrafya haritasında görülen 34±2 m'lik toplam yer değiştirmenin en az 8 depreme ait olduğu öngörülebilir. Hendek alanı bu öngörü ile seçilmiştir.

Seyvan Hendek alanında, faya dik doğrultuda, birbirine koşut iki hendek kazılmış ve bu hendekler Seyvan 2013-1 Hendeği ve Seyvan 2013-2 Hendeği olarak isimlendirilmişlerdir (Şekil 16). Seyvan 2013-1 Hendeği, 10 m uzunluğunda, ortalama 3 m derinliğinde ve 5 metre genişliğinde; Seyvan 2013-2 Hendeği ise 8 m uzunluğunda, 3 m derinliğinde ve 2 m genişliğinde kazılmıştır.

6.1.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Seyvan hendeklerinde 11 farklı mikrostratigrafik seviye tanımlanmıştır. Her iki hendekte de temeli Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonuna ait altere volkanitler (volkanit ve piroklastik kayalar) oluşturur. Bu birimleri aluviyal yelpaze çökelleri ve fay koluviyal çökelleri uyumsuzlukla örtmektedir (Şekil 17 ve Şekil 18). Seyvan hendeklerinde, ana fay zonunun kuzeyinde tanımlanan 6 ve 7 numaralı birimler fay koluviyal çökelleridir. Hendek duvarlarındaki yapısal deformasyon biçimi transpresif bir rejime işaret etmektedir. Bu durum hendek alanının yerel fay geometrisi ile açıklanabilir.

Birimlerin tektonostratigrafik ilişkileri, fay koluviyal kama geometrisi ve fay kollarının yukarıya doğru sonlanması gibi paleosismolojik ölçütler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede Seyvan hendeklerinde, 1953 depremi de dahil olmak üzere son 6200 yıldan günümüze kadar geçen sürede yüzey yırtılması ile sonuçlanmış 6 deprem tanımlanmış ve tarihlendirilmiştir. Seyvan 2013-Hendeği'nde Deprem 1, 3, 5 ve 6'ya ait veriler, Seyvan 2013-2 Hendeği'nde ise 1,2,4,5 ve 6 numaralı depremlere ait veriler elde edilmiştir (Şekil 17 ve Şekil 18).

6.1.3. Yaşlandırma

Hendeklerde tanımlanan depremlerin tarihlendirilebilmesi amacıyla 20 adet odun kömürü ve organik çökel örneği toplanmış ve toplanan bu numuneler ABD'deki Beta Analitik Laboratuarı'nda analiz ettirilmiştir (Çizelge 5). Buna ilaveten karbonca zengin materyal bulunamayan seviyeler için 6 adet Optically Stimulated Luminescence (OSL) örneği derlenmiş ve bu numuneler Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği bölümünde analiz ettirilmişlerdir (Çizelge 6).

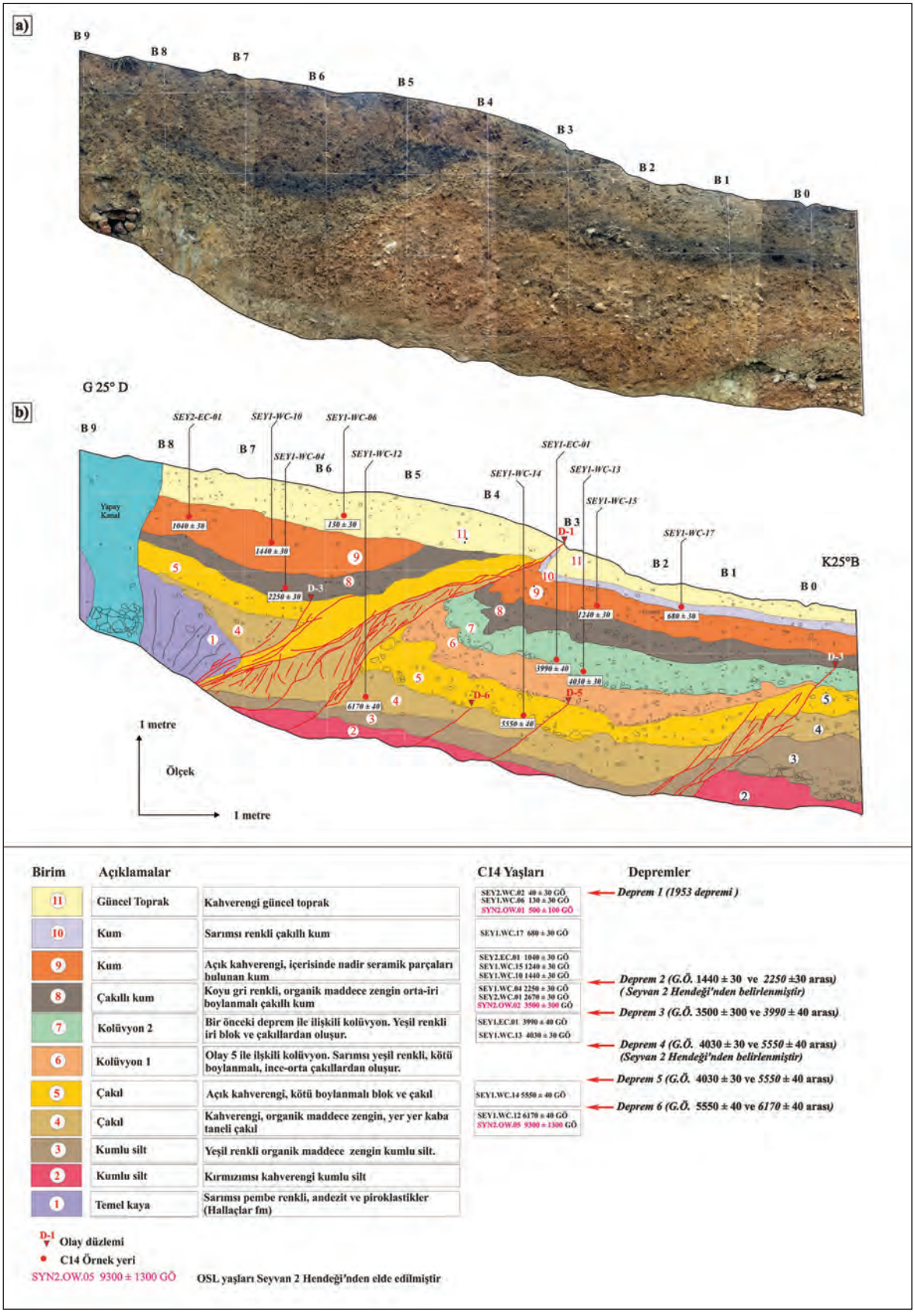
6.1.4. Paleosismolojik Yorum

Deprem 6: Her iki hendekte de tanımlanabilen Deprem 6 için olay düzlemi (event horizon) 5 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. Seyvan 2013-1 ve 2 hendeğinde, ana fay zonunun kuzeyindeki faylar (4. ve 5. metreler arası) 1, 2, 3 ve 4 numaralı birimi kesmekte ve 5 numaralı çakıl tarafından örtülmektedir. Deprem 6 ile ilişkili fayların kestiği en genç birim olan 4 numaralı birimden GÖ 6170±40 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzleminin (4 ve 5 numaralı birimler arası) üstünden elde edilen en genç yaş ise GÖ 5550±40 yıldır. Bu stratigrafi ve yaş verilerine göre, Deprem 6 için öngörülen deprem yaşı GÖ 6170±40 ile 5550±40 yılları arası olarak belirlenmiştir.

Deprem 5: Deprem 5'e ait veriler her iki hendekte de mevcuttur. Bu deprem için olay düzlemi 6 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. Seyvan 2013-1 ve 2 hendeklerinde ana fay zonunun kuzeyinde, 2. ve 4. metreler arasındaki faylar 5 numaralı birime kadar olan tüm birimleri kesmekte ve 6 numaralı koluviyal çökeller tarafından örtülmektedir. 5 numaralı birimden elde edilen en genç yaş GÖ 5550±40 yıldır. Deprem 5'i örten 6 numaralı koluviyal çökelden yaş elde edilemese de bunun üzerindeki 7 numaralı birimin taban seviyesinden GÖ 4030±30 yıl yaş elde edilmiştir. Bu durumda Deprem 5 için öngörülen deprem yaşı GÖ 5550±40 - GÖ 4030±30 yılları arasıdır.

Deprem 4: Bu olaya ait kanıtlar Seyvan 2013-2 hendeğinin 4. ve 5. metreleri arasında mevcuttur. Deprem 4 için olay düzlemi 7 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. Bu depreme ait fay tarafından kesilen en genç birim olan 6'dan yaş elde edilememiştir. Bu yüzden depremin alt yaşı 5 numaralı birimden elde edilen GÖ 5550±40 yıl olarak verilebilmektedir. 6 numaralı birimi örten 7 numaralı birimden elde edilen en genç yaş ise GÖ 4030±30 yıldır. Bu yaş verilerine göre Deprem 4 için öngörülen deprem yaşı Deprem 5 ile benzer şekilde GÖ 5550±40 - GÖ 4030±30 yıl olarak verilebilmektedir.

Deprem 3: Deprem 3, Seyvan 2013-1 hendeğinde net olarak tanımlanabilmektedir. Hendek duvarında kılavuz seviye olarak izlenebilen koyu gri renkli çakıllı kumun (8 numaralı birim) tabanı bu deprem için olay düzlemi olarak belirlenmiştir. Ana fay zonunun kuzeyindeki ve güneyindeki iki fay kolu 8



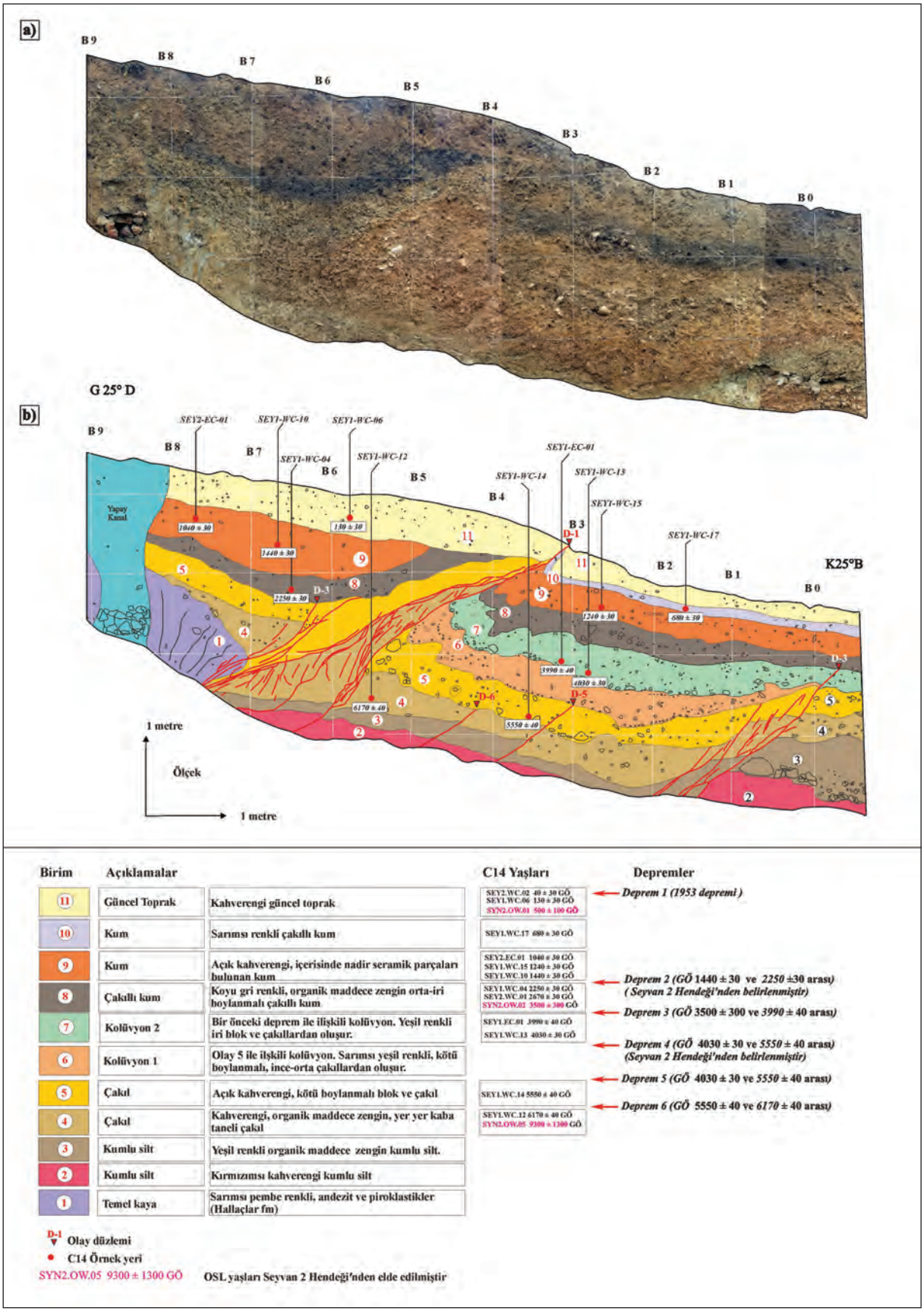
Birim	Açıklamalar		C14 Yaşları	Depremler
11	Güncel Toprak	Kahverengi güncel toprak	SEY2.WC.02 40 ± 30 GÖ SEY1.WC.06 130 ± 30 GÖ SYN2.OW.01 500 ± 100 GÖ	← *Deprem 1 (1953 depremi)*
10	Kum	Sarımsı renkli çakıllı kum	SEY1.WC.17 680 ± 30 GÖ	
9	Kum	Açık kahverengi, içerisinde nadir seramik parçaları bulunan kum	SEY2.EC.01 1040 ± 30 GÖ SEY1.WC.15 1240 ± 30 GÖ SEY1.WC.10 1440 ± 30 GÖ	← *Deprem 2 (G.Ö. 1440 ± 30 ve 2250 ±30 arası) (Seyvan 2 Hendeği'nden belirlenmiştir)*
8	Çakıllı kum	Koyu gri renkli, organik maddece zengin orta-iri boylanmalı çakıllı kum	SEY1.WC.04 2250 ± 30 GÖ SEY2.WC.01 2670 ± 30 GÖ SYN2.OW.02 3500 ± 300 GÖ	← *Deprem 3 (G.Ö. 3500 ± 300 ve 3990 ± 40 arası)*
7	Kolüvyon 2	Bir önceki deprem ile ilişkili kolüvyon. Yeşil renkli iri blok ve çakıllardan oluşur.	SEY1.EC.01 3990 ± 40 GÖ SEY1.WC.13 4030 ± 30 GÖ	← *Deprem 4 (G.Ö. 4030 ± 30 ve 5550 ± 40 arası) (Seyvan 2 Hendeği'nden belirlenmiştir)*
6	Kolüvyon 1	Olay 5 ile ilşkili kolüvyon. Sarımsı yeşil renkli, kötü boylanmalı, ince-orta çakıllardan oluşur.		← *Deprem 5 (G.Ö. 4030 ± 30 ve 5550 ± 40 arası)*
5	Çakıl	Açık kahverengi, kötü boylanmalı blok ve çakıl	SEY1.WC.14 5550 ± 40 GÖ	← *Deprem 6 (G.Ö. 5550 ± 40 ve 6170 ± 40 arası)*
4	Çakıl	Kahverengi, organik maddece zengin, yer yer kaba taneli çakıl	SEY1.WC.12 6170 ± 40 GÖ SYN2.OW.05 9300 ± 1300 GÖ	
3	Kumlu silt	Yeşil renkli organik maddece zengin kumlu silt.		
2	Kumlu silt	Kırmızımsı kahverengi kumlu silt		
1	Temel kaya	Sarımsı pembe renkli, andezit ve piroklastikler (Hallaçlar fm)		

D-1 ▼ Olay düzlemi

● C14 Örnek yeri

SYN2.OW.05 9300 ± 1300 GÖ OSL yaşları Seyvan 2 Hendeği'nden elde edilmiştir

Şekil 17- a) Seyvan 2013-1 hendeği batı duvarına ait yorumlanmamış fotomozayik b) Seyvan 2013-1 hendeği batı duvarına ait hendek logu (Kürçer vd., 2016'dan düzenlenmiştir).



Şekil 18- a) Seyvan 2013-2 hendeği batı duvarına ait yorumlanmamış fotomozayik b) Seyvan 2013-2 hendeği batı duvarına ait hendek logu.

Çizelge 5- Seyvan 2013-1, Seyvan 2013-2 ve Çakır 2013 Hendekleri'nden derlenen örneklerin radyokarbon yaşlandırma sonuçları.

Hendek Duvarı	Örnek No	Laboratuvar No (BETA)	Stratigrafik Birim	Malzeme	Ölçülmüş radyokarbon yaşı (GÖ)	$^{13}C / ^{12}C$ (‰)	Geleneksel radyokarbon yaşı (GÖ)	Kalibre edilmiş yaş aralığı (2σ)
Çakır 2013- Batı	CKR-A.W-01	366225	3	Organik çökel	5140±40	-24,0	5160±40	MÖ 4040 - 4010 MÖ 4000 - 3940 MÖ 3860 - 3840 MÖ 3840 - 3820
Çakır 2013- Batı	CKR-A.W-02	366226	1	Organik çökel	7050±40	-25,0	7050±40	MÖ 5980 MÖ 5940 MÖ 5920
Çakır 2013- Batı	CKR-A.W-03	366227	8	Organik çökel	1770±30	-23,9	1790±30	MS 130 - 260 MS 280 - 330
Çakır 2013- Batı	CKR-A.W-04	366228	4	Organik çökel	3980±30	-24,2	3990±30	MÖ 2570 - 2460
Çakır 2013- Batı	CKR-A.W-05	366229	9	Organik çökel	60±30	-25,0	60±30	MS 1690 - 1730 MS 1810 - 1840 MS 1840 - 1850 MS 1860 - 1860 MS 1870 - 1920 MS 1950 sonrası
Çakır 2013- Batı	CKR-C.W-01	366230	5	Organik çökel	3150±30	-25,0	3150±30	MÖ 1490 - 1470 MÖ 1460 - 1390
Çakır 2013- Batı	CKR-C.W-02	366231	5	Organik çökel	2960±30	-25,0	2970±30	MÖ 1300 - 1120
Çakır 2013- Batı	CKR-C.W-04	366232	5	Organik çökel	3260±30	-25,5	3250±30	MÖ 1610 - 1450
Seyvan 2013-1 - Doğu	SEY.1-EC-01	366233	7	Kömürleşmiş malzeme	3970±40	-24,0	3990±40	MÖ 2580 - 2460
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-04	366238	8	Kömürleşmiş malzeme	2290±30	-27,2	2250±30	MÖ 390 - 350 MÖ 320 - 210
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-06	366239	11	Kömürleşmiş malzeme	160±30	-26,6	130±30	MS 1670 - 1780 MS 1800 - 1900 MS 1900 - 1940 MS 1950 - post 1950
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-10	366241	9	Organik çökel	1420±30	-23,7	1440±30	MS 570 - 650
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-12	366242	4	Organik çökel	6160±40	-24,1	6170±40	MÖ 5220 - 5000
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-13	366243	7	Organik çökel	4000±30	-23,0	4030±30	MÖ 2620 - 2470
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-14	366244	5	Organik çökel	5520±40	-23,1	5550±40	MÖ 4460 - 4340
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-15	366245	9	Organik çökel	1220±30	-23,6	1240±30	MS 680 - 880
Seyvan 2013-1 - Batı	SEY.1-WC-17	366246	10	Organik çökel	660±30	-23,9	680±30	MS 1270 - 1310 MS 1360 - 1390
Seyvan 2013-2- Doğu	SEY.2-EC-01	366248	9	Organik çökel	1010±30	-23,1	1040±30	MS 900 - 910 MS 970 - 1030
Seyvan 2013-2- Batı	SEY.2-WC-01	366249	8	Kömürleşmiş malzeme	2700±30	-26,8	2670±30	MÖ 890 - 880 MÖ 850 - 800
Sey Seyvan 2013-2- Batı	SEY.2-WC-02	366250	11	Kömürleşmiş malzeme	70±30	-26,8	40±30	MS 1710 - 1720 MS 1830 - 1830 MS 1890 - 1910 MS 1950 sonrası

Çizelge 6- Seyvan 213-1, Seyvan 2013-2 ve Çakır 2013 Hendekleri'nden derlenen örneklerin Optik Uyarıcı Luminesans (Optically Stimulated Luminescence - OSL) yaşlandırma sonuçları.

Hendek Duvarı	Örnek No	Stratigrafik Birim	Malzeme	Eş Doz (Gy)	Ölçülmüş OSL Yaşı (GÖ)
Seyvan 2013-2- Batı	SYN2-OW-01	9	Kaba kum	2,1±0,2	500±100
Seyvan 2013-2- Batı	SYN2-OW-02	8	Çakıllı kum	15,5±1,1	3500±300
Seyvan 2013-2- Batı	SYN2-OW-05	4	Kum	42,7±5,5	9300±1300
Çakır 2013 - Batı	CKR-OW-03	1	Siltli kil	45,4±3,9	7700±800
Çakır 2013 - Batı	CKR-OW-04	6	Çamur	22,5±1,6	3700±300
Çakır 2013 - Batı	CKR-OW-05	3	Kumlu çakıl	34,6±4,9	6100±900

numaralı birimin tabanında sonlanmaktadır. Depremin tarihlendirilebilmesi amacıyla fayın kestiği en genç birim olan 7 numaralı birimden GÖ 3990±40 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzlemini örten 8 numaralı birimden ise hem OSL hem de C-14 yaşları elde edilmiştir. Birimin tabanına yakın bir seviyeden elde edilen OSL yaşı GÖ 3500±300 olarak saptanmıştır. Bu stratigrafi ve yaş verilerine göre Deprem 3, GÖ 3990±40 ile 3500±300 yılları arasında meydana gelmiş olmalıdır.

Deprem 2: Seyvan 2013-2 hendeğindeki verilere göre Deprem 2 için olay düzlemi 9 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. Seyvan 2013-2 hendeğinde ana fay zonunun güneyindeki (4. ve 5. metreler arası) iki fay kolu 8 numaralı birimi kesmekte ve 9 numaralı birim tarafından örtülmektedir. 8 numaralı birimden elde edilen en genç yaş GÖ 2250±30 yıldır. Olay düzlemini örten 9 numaralı birimin tabanından ise GÖ 1440±30 yıl yaş elde edilmiştir. Bu verilere göre Deprem 2; GÖ 2250±30 ile 1440±30 yılları arasında meydana gelmiş olmalıdır.

Deprem 1 (1953 Depremi): 1953 deprem yüzey kırığı her iki hendekte de net olarak izlenebilmektedir. Birinci hendekte dar bir deformasyon zonu ile temsil olunan 1953 deprem yüzey kırığı, ikinci hendekte ise iki fay kolu ile temsil olunur. 1953 Deprem yüzey kırığının kestiği en genç birimden elde edilen yaş GÖ 130±30 yıldır.

6.2. Çakır 2013 Hendeği

Çakır hendek alanı Çakır fay bölümünün orta bölümünde yer alır (bkz. Şekil 12). Seyvan güneyinden itibaren sola doğru sıkıştıran bir büklüm yaparak K67°D genel doğrultusunda uzanan Çakır fay bölümü, Çakır güneyi ile Güzeloba köyleri arasında Yenice Çayı'nın taşkın düzlüğü çökelleri içerisinde devam eder (bkz. Şekil 3). Fay bu bölümde sağ yanal doğrultu atımlı faylanmaya özgü morfolojisi ile karakteristiktir. Bu bölümde 1953 depremi ile ilişkili yer değiştirmeler yanı sıra Holosen drenaj sistemlerinde de toplam yer değiştirmeler ölçülmüştür (bkz. Şekil 14). Çakır hendek alanı, Çakır Köyü'nün 1250 m DGD'sunda yer alır (UTM Koordinatları: 35 0529973 D – 4422153 K Şekil 19).

6.2.1. Yer Seçimi

Bu alanda, 1953 deprem yüzey kırığı üzerinde sistematik olarak ötelenmiş tarla sınırları mevcuttur. Çakır hendek alanı ve yakın civarında 1953 YGD sırasında 300±30 cm ile 320±30 cm arasında değişen sağ yanal yer değiştirmeler ölçülmüştür (bkz. Şekil 13). Buna ilaveten Çakır hendek alanı batı ve doğusunda Holosen drenaj sistemlerinde 18±2 m ile 24±2 m arasında değişen sağ yanal toplam yer değiştirmeler ölçülmüştür (bkz. Şekil 12). Çakır hendek alanı, sistematik tarla sınırı ötelenmelerinin net izlendiği bir alanda, Yenice Çayı'nın taşkın düzlüğü çökelleri üzerinde yer alır. Çakır hendek alanındaki mikrotopografik özelliklerin belirlenebilmesi amacıyla Total Station ekipmanı kullanılarak mikrotopoğrafya haritası üretilmiştir (Şekil 20). Çakır hendek alanı ve yakın çevresinde 1953 depremi sırasında sistematik olarak ötelenmiş tarla sınırları bulunmaktadır. Bu ötelenmeler, hendek alanı için Total station kullanılarak üretilmiş olan 20 cm kontur aralıklı mikrotopoğrafya haritasında açıkça görülebilmektedir (Şekil 20).

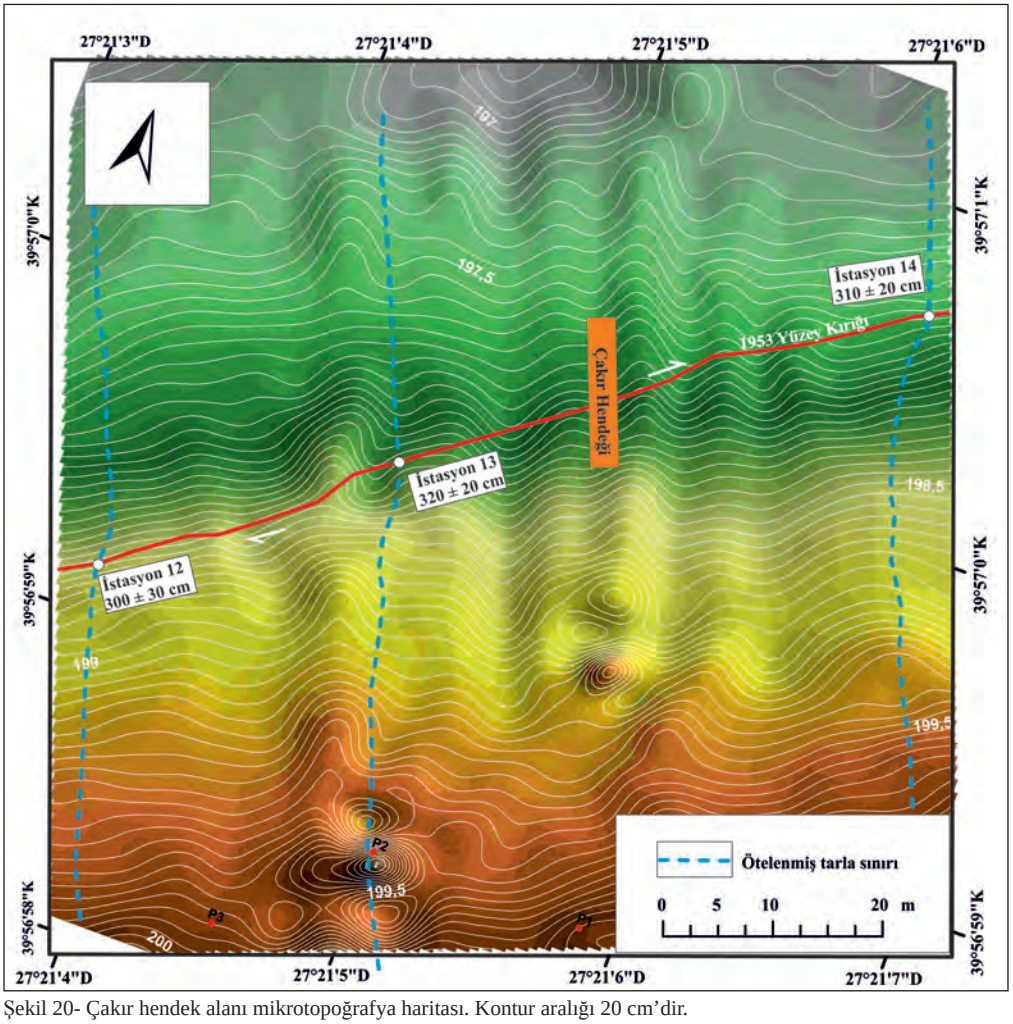
Çakır hendek alanında faya dik doğrultuda, 10 m uzunluğunda, ortalama 2,5 m derinliğinde ve 5 m genişliğinde bir hendek kazılmıştır.

6.2.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Çakır 2013 hendeğinde çoğunluğu Yenice Çayı'nın taşkın düzlüğü çökellerinden ve kısmen de fay koluviyal çökellerinden oluşan 9 farklı mikrostratigrafik seviye tanımlanmıştır (Şekil 21). Çakır hendeğindeki yapısal deformasyon biçimi,



Şekil 19- Çakır hendek alanı Google earth görüntüsü (Bakış eğik açıyla güneye).



Şekil 20- Çakır hendek alanı mikrotopoğrafya haritası. Kontur aralığı 20 cm'dir.

doğrultu atımlı deformasyona işaret etmektedir. Hendek alanının yerel fay geometrisine bağlı olarak faylar transpresif özelliktedir (Şekil 21).

6.2.3. Yaşlandırma

Çakır hendeğinde tanımlanan depremlerin tarihlendirilebilmesi amacıyla 8 adet radyokarbon ve 3 adet OSL örneği derlenmiş ve analiz ettirilmiştir. Analiz sonuçları için sırasıyla çizelge 5 ve çizelge 6'ya bakınız.

6.2.4. Paleosismolojik Yorum

Eski depremlerin tanımlanmasındaki paleosismolojik ölçütler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmede, Çakır 2013 Hendeği'nde, son 7000 yıldan günümüze, 1953 depremi de dahil olmak üzere, yüzey yırtılması ile sonuçlanmış 5 deprem tanımlanmış ve tarihlendirilmiştir (Şekil 21).

Deprem 5: Çakır 2013 hendeğinin 6. metresinde, tipik bir koluviyal kama geometrsi ile tanımlanabilen Deprem 5 için olay düzlemi (event horizon), 2 numaralı koluviyal birimin tabanı olarak belirlenmiştir. Bu olay ile ilişkili fayın kestiği en genç birim olan 1 numaralı birimden GÖ 7050±40 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzlemini örten 2 numaralı birimden yaş elde edilemese de bu birimin hemen üzerindeki 3 numaralı birimden GÖ 6100±900 yıl yaş elde edilmiştir. Bu yaş verilerine göre Deprem 5 için önerilen yaş aralığı GÖ 7050±40 ile 6100±900 yılları arasıdır.

Deprem 4: Bu olaya ait veriler hendeğin 7. ve 8. metreleri arasında gözlenmektedir. Bu bölümde fay net olarak 3 numaralı birimi kesmekte ve 5 numaralı birim tarafından örtülmektedir. 4 numaralı birim ana fay zonunun güney bloğunda gözlenmediği için, Deprem 4'ün olay düzlemi 5 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. 4 numaralı birimden GÖ 3990±30 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzlemini örten 5'in tabanından elde edilen yaş ise GÖ 3250±30 yıldır. Bu verilere göre Deprem 4'ün yaşı GÖ 3990±30 ile 3250±30 yılları arası olarak belirlenmiştir.

Deprem 3: Çakır 2013 hendeğinde tanımlanan Deprem 3 için olay düzlemi 7 numaralı birimin tabanıdır. Bu olaya ait veri hendeğin 4. ve 5. metreleri arasında açık bir şekilde görülmektedir. Olay düzleminin altındaki 6 numaralı birimden GÖ 3700±300 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzleminin üstündeki 7 numaralı birimden yaşlandırılabilir materyal bulunamamıştır. Bu sebeple bu birimin üzerindeki 8 numaralı birimden elde edilen GÖ 1790±30 yıllık yaş verisi olay düzleminin yaşlandırılması için kullanılmıştır. Buna göre, Deprem 3'ün yaşı GÖ 3700±300 ile 1790±30 yılları arası olarak önerilmiştir.

Deprem 2: Hendeğin 4. ve 5. metreleri arasında açıkça gözlenebilen Deprem 2 için olay düzlemi 8 numaralı birimin tabanı olarak belirlenmiştir. 7 numaralı birimden yaş verisi bulunmadığı için, olay 3 için önerilen GÖ 3700±300 ile 1790±30 yılları arası dönem olay 2 için de benimsenmiştir.

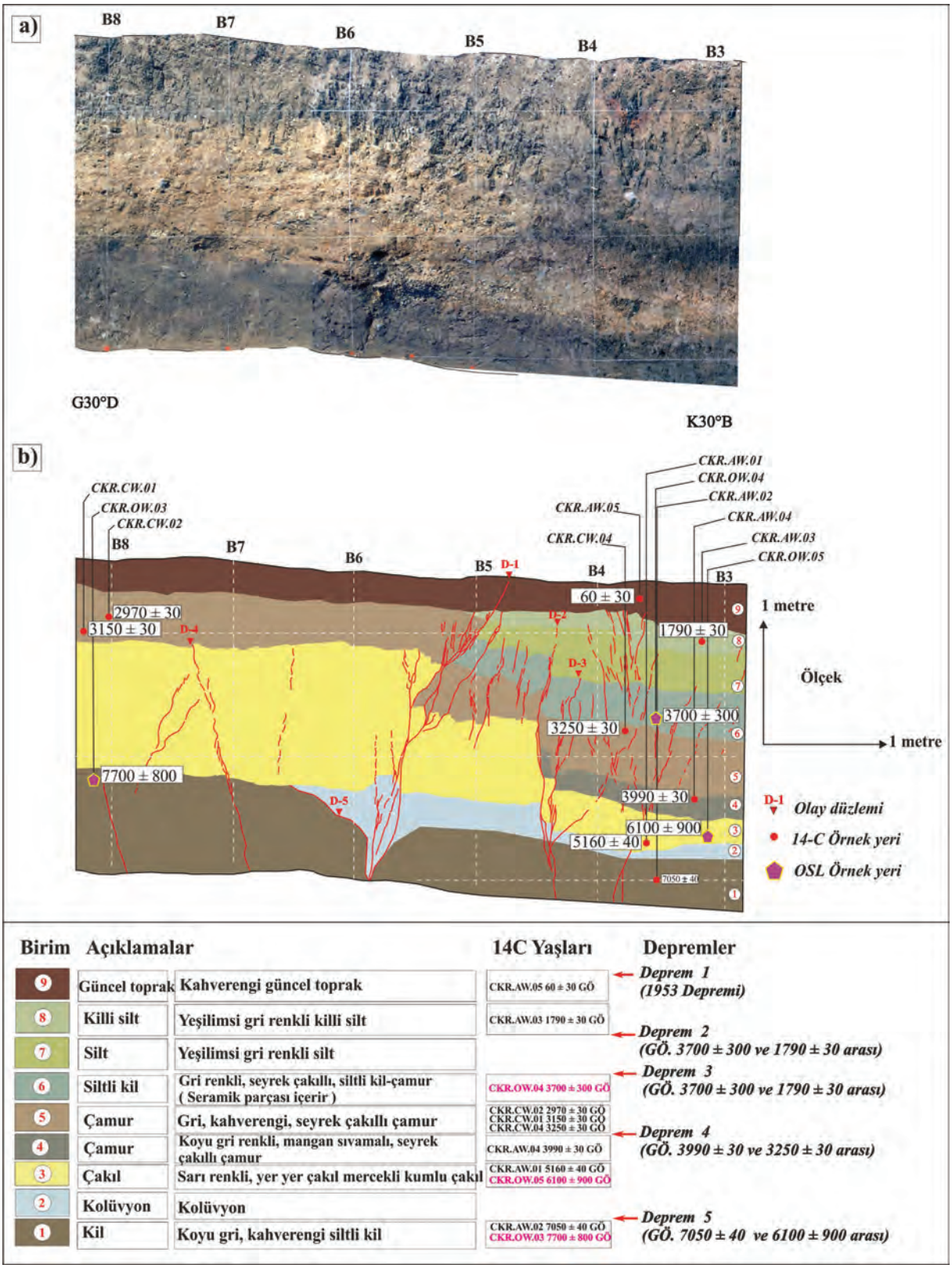
Deprem 1 (1953 Depremi): 1953 YGD yüzey kırığı Çakır 2013 hendeğinde net olarak izlenebilmektedir. Ana fay kolunun yukarıya kadar uzanan bölümü, GÖ 60±30 yıl olarak tarihlendirilen oldukça genç bir güncel toprak seviyesini kesmiştir.

6.3. Seyvan ve Çakır Hendekleri'nin Karşılaştırması

Seyvan (2013-1 ve 2013-2) ve Çakır 2013 hendeklerinde tanımlanan ve tarihlenen depremlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, YGF üzerinde, son 6200 yıldan günümüze kadar geçen sürede 1953 depremi de dahil olmak üzere, yüzey yırtılması ile sonuçlanmış 6 deprem tanımlanmış ve tarihlendirilmiştir (Şekil 22). Bu depremlere ilişkin değerlendirme Tartışma ve Sonuçlar bölümünde sunulmuştur.

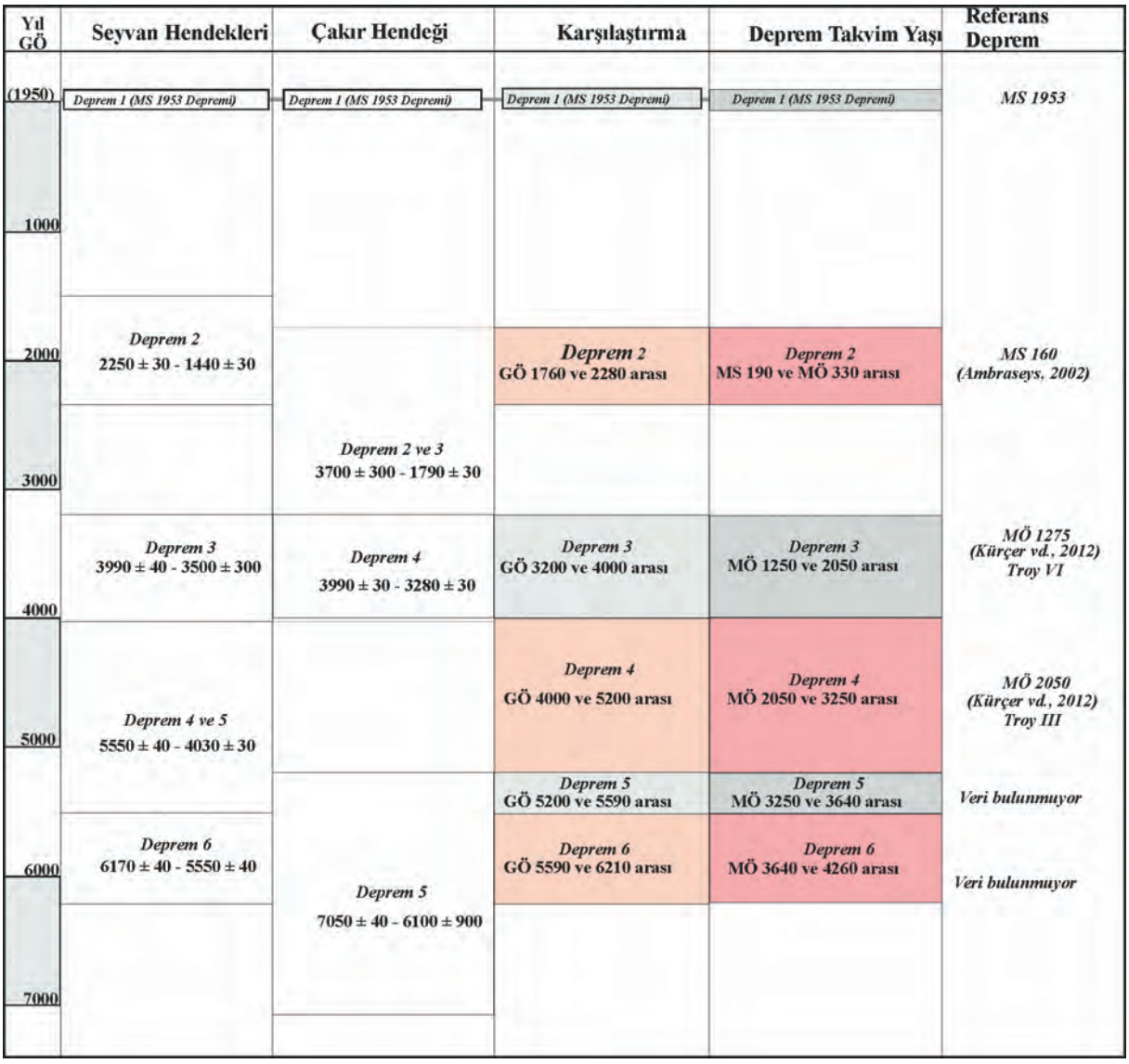
7. Yenice-Gönen Fayı'nın Toplam Atımı, Yıllık Kayma Hızı (Geç Kuvaterner-Günümüz) ve Yaşı Üzerine Bir Değerlendirme

Bu çalışmada ilk defa YGF'nın son 300.000 yıldan günümüze (Geç Kuvaterner) toplam atımı ve yıllık kayma hızı hesaplanmıştır. YGF'nın Geç Kuvaterner'deki toplam atımına ışık tutan veri Gönen Çayı'ndan gelmektedir. Gönen batısında Gönen Çayı, YGF tarafından kesilerek 800±50 m sağ yanal ötelenmiştir (Şekil 23). Kazancı vd. (2014), aşınma ve depolanma hızlarına göre Güney Marmara Bölgesi'ndeki büyük vadilerin deşilme zamanlarının 300.000 yıldan daha geriye gidemeyeceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada Gönen Çayı'nın deşilme zamanı 300.000 yıl olarak kabul edilmiştir. Gönen Çayı'ndaki deşilme yaşı (300.000 yıl) ve toplam yer değiştirme miktarı (800±50) kullanılarak yapılan hesaplamada, YGF'nın yıllık kayma hızı 2,65±0,15 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, öncel çalışmalarla ve bölgesel GPS çalışmaları ile oldukça uyumludur. Güncel GPS çalışmaları, Güney Marmara Bölgesi'nde yer alan KD-GB doğrultulu aktif faylar üzerindeki toplam yıllık sağ-yanal hareket hızının



Birim	Açıklamalar		14C Yaşları	Depremler
9	Güncel toprak	Kahverengi güncel toprak	CKR.AW.05 60 ± 30 GÖ	Deprem 1 (1953 Depremi)
8	Killi silt	Yeşilimsi gri renkli killi silt	CKR.AW.03 1790 ± 30 GÖ	Deprem 2 (GÖ. 3700 ± 300 ve 1790 ± 30 arası)
7	Silt	Yeşilimsi gri renkli silt		
6	Siltli kil	Gri renkli, seyrek çakıllı, siltli kil-çamur (Seramik parçası içerir)	CKR.OW.04 3700 ± 300 GÖ	Deprem 3 (GÖ. 3700 ± 300 ve 1790 ± 30 arası)
5	Çamur	Gri, kahverengi, seyrek çakıllı çamur	CKR.CW.02 2970 ± 30 GÖ CKR.CW.01 3150 ± 30 GÖ CKR.CW.04 3250 ± 30 GÖ	Deprem 4 (GÖ. 3990 ± 30 ve 3250 ± 30 arası)
4	Çamur	Koyu gri renkli, mangan sıvamalı, seyrek çakıllı çamur	CKR.AW.04 3990 ± 30 GÖ	
3	Çakıl	Sarı renkli, yer yer çakıl mercekli kumlu çakıl	CKR.AW.01 5160 ± 40 GÖ CKR.OW.05 6100 ± 900 GÖ	
2	Kolüvyon	Kolüvyon		
1	Kil	Koyu gri, kahverengi siltli kil	CKR.AW.02 7050 ± 40 GÖ CKR.OW.03 7700 ± 800 GÖ	Deprem 5 (GÖ. 7050 ± 40 ve 6100 ± 900 arası)

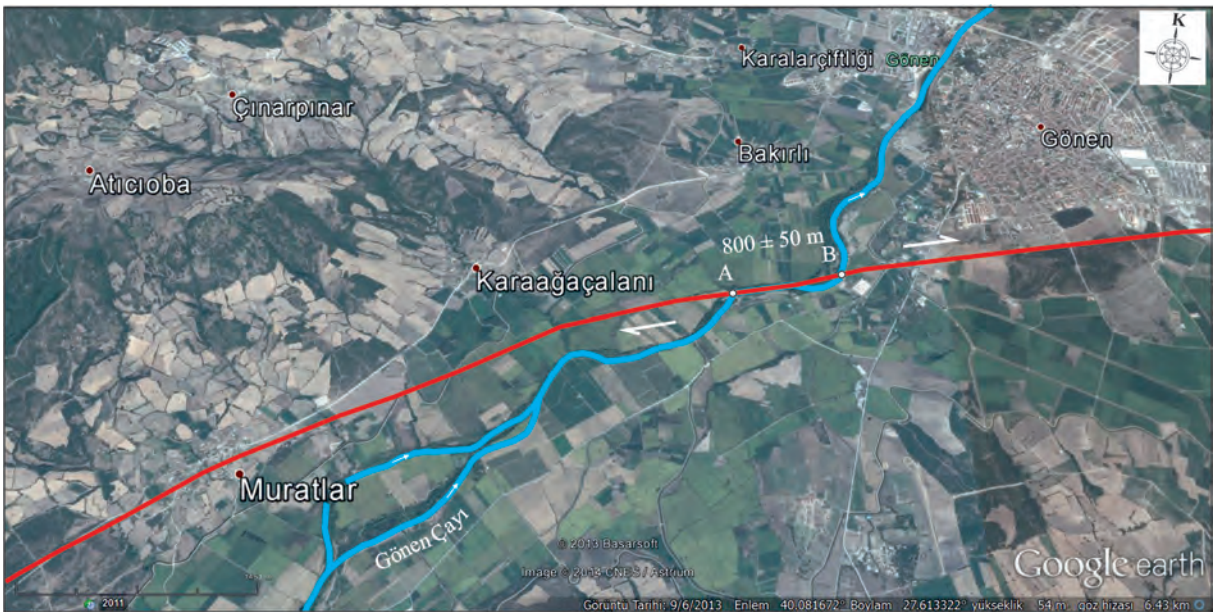
Şekil 21- a) Çakır 2013 hendeği batı duvarına ait yorumlanmamış fotomozayik b) Çakır 2013 hendeği batı duvarına ait hendek logu.



Şekil 22- Seyvan ve Çakır hendeklerinde tanımlanan ve tarihlendirilen depremlerin karşılaştırılması.

6-8 mm olduğunu göstermektedir (Meade vd., 2002; Kreemer vd., 2004). Emre vd. (2012), bu değerlerin Yenice-Gönen, Sarıköy ve Çan-Biga fay zonları tarafından paylaşılması gereğinden hareketle, YGF için yıllık kayma hızını 2-3 mm olarak önermişlerdir.

Gürer vd. (2003), Güneydoğu Marmara bölgesinin neotektonik gelişimini el aldıkları çalışmada, bölgeyi KAF zonu ile Batı Anadolu Genişleme Sistemi arasında bir geçiş zonu olarak tanımlamışlardır. Selim vd. (2013), Güney Marmara bölgesinin morfotektonik gelişiminde KAF'nın güney kolunun etkili olduğunu bildirmişlerdir. Selim ve Tüysüz (2013), Bursa-Gönen çöküntü alanını, KAF üzerinde gelişmiş karmaşık bir havza olarak değerlendirmişler, havzanın Geç Pliyosen'de küçük bir çek-ayır havza olarak açılmaya başladığını ve daha sonra büyük bir havzaya evrildiğini belirtmişlerdir. İnceleme alanının da içerisinde bulunduğu Biga Yarımadası'nın jeomorfolojisi, Miyosen başlarından itibaren bölgede etkinleşen Batı Anadolu Genişleme Sistemi'nin etkisiyle şekillenmeye başlamıştır. Bu dönemde, Bayramiç, Çan, Yenice, Kalkım, Gönen gibi küçük gölsel havzalar, normal veya verev atımlı normal faylar denetiminde gelişmiştir. Bu havzalarda gölsel fasiyeste gelişmiş Orta Miyosen yaşlı, yer yer kömürlü Çan ve Soma formasyonları ve karasal, yer yer akarsu fasiyesinde gelişmiş Pliyosen yaşlı Bayramiç formasyonu çökelmiştir. Yenice Havzası başlangıçta Batı Anadolu Genişleme Sistemi'nin etkisiyle, Üst



Şekil 23- Gönen Nehri'ndeki toplam yer değiştirmenin Google earth görüntüsü.

Miyosen – Pliyosen'de oluşmuş bir yarı graben olarak değerlendirilmiştir. Bu tektonik fazın yapısal kanıtları Yenice güneyinde mevcuttur. Yenice güneyindeki Oligo-Miyosen yaşlı granitler (Tg) üzerinde ölçülen fay düzlemi kayma verileri, Yenice Havzası'nın başlangıçta verev atımlı normal faylar denetiminde geliştiğini belgelemektedir (Şekil 24). Daha sonraki süreçte gelişen sağ yanal doğrultu atımlı YGF, havza çökellerini kesmiştir.

Bunlara ilaveten, YGF'nın jeolojik atımı ile ilgili yeni bulgulara ulaşılmıştır. Yenice yöresindeki Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonunun YGF tarafından kesilerek 4,7±0.3 km sağ yanal ötelendiği tespit edilmiştir (Şekil 25). Ancak bu atım miktarı tek bir dokanağa bağlı olarak ölçülebildiği için tartışmaya açıktır.

YGF'nın bu çalışmadan hesaplanan yıllık kayma hızı (2.65±0.15 mm) ve 4,7±0,3 km'lik jeolojik atım birlikte değerlendirildiğinde, YGF'nın oluşum yaşının yaklaşık 1,9 milyon yıl olması beklenir. Ancak, şekil 24'te net olarak görüldüğü gibi, Yenice Havzası başlangıçta verev atımlı normal bir fay tarafından şekillendirilen bir yarı graben konumundadır. Dolayısıyla Yenice güneyindeki Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonundan ölçülen 4,7±0,3 km'lik jeolojik atımın önemli bir bölümü havza gelişimindeki verev atımlı normal faylanma ile ilişkili olmalıdır. Bu durumda YGF'nın yaşı 1,9 milyon yıldan çok daha genç olarak değerlendirilebilir.

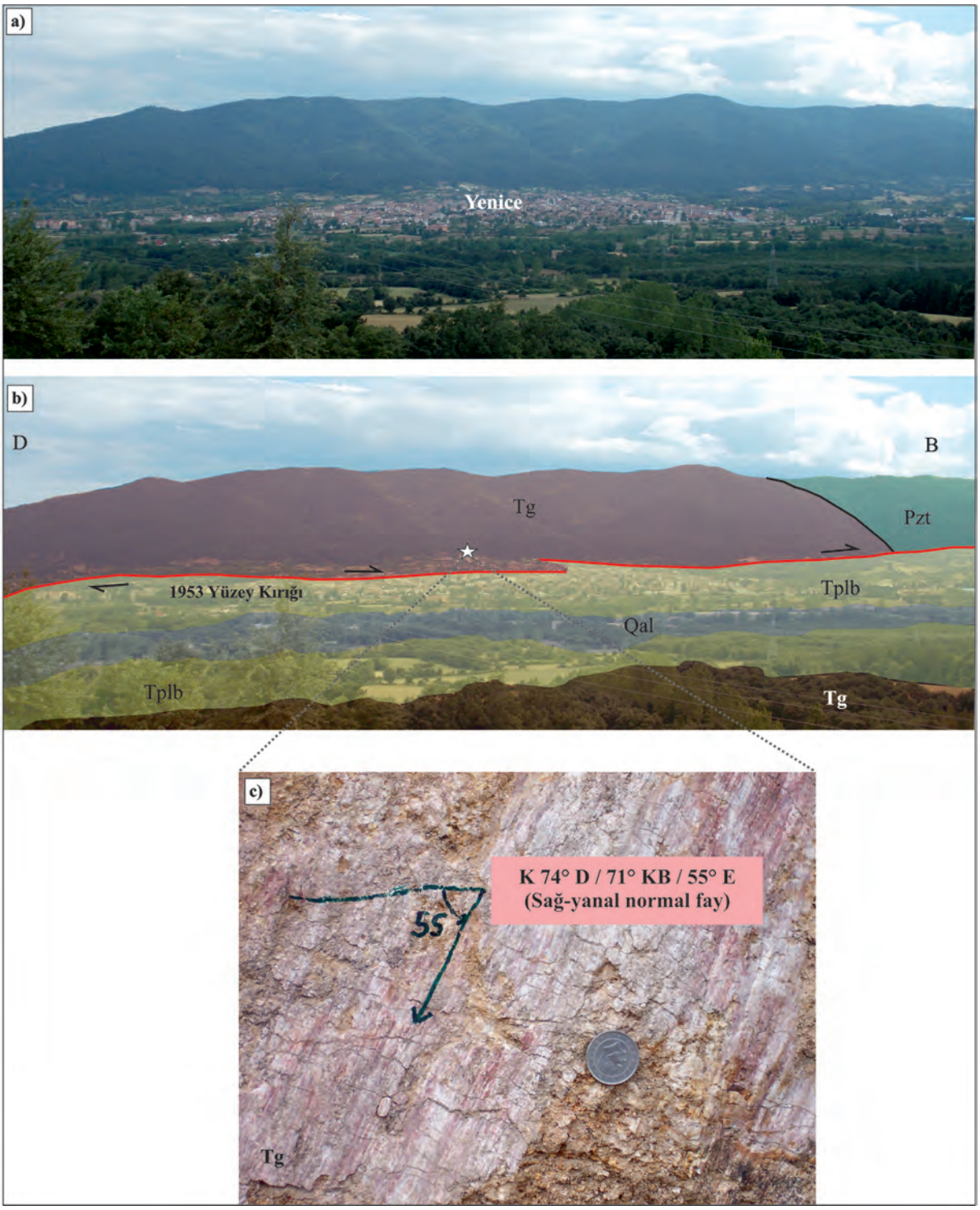
8. Tartışma ve Sonuçlar

Bu makalede, 18 Mart 1953 YGD yüzey kırığı özelinde, YGF'nın aktif tektonik ve paleosismolojik özellikleri üzerine bir değerlendirme yapılmıştır.

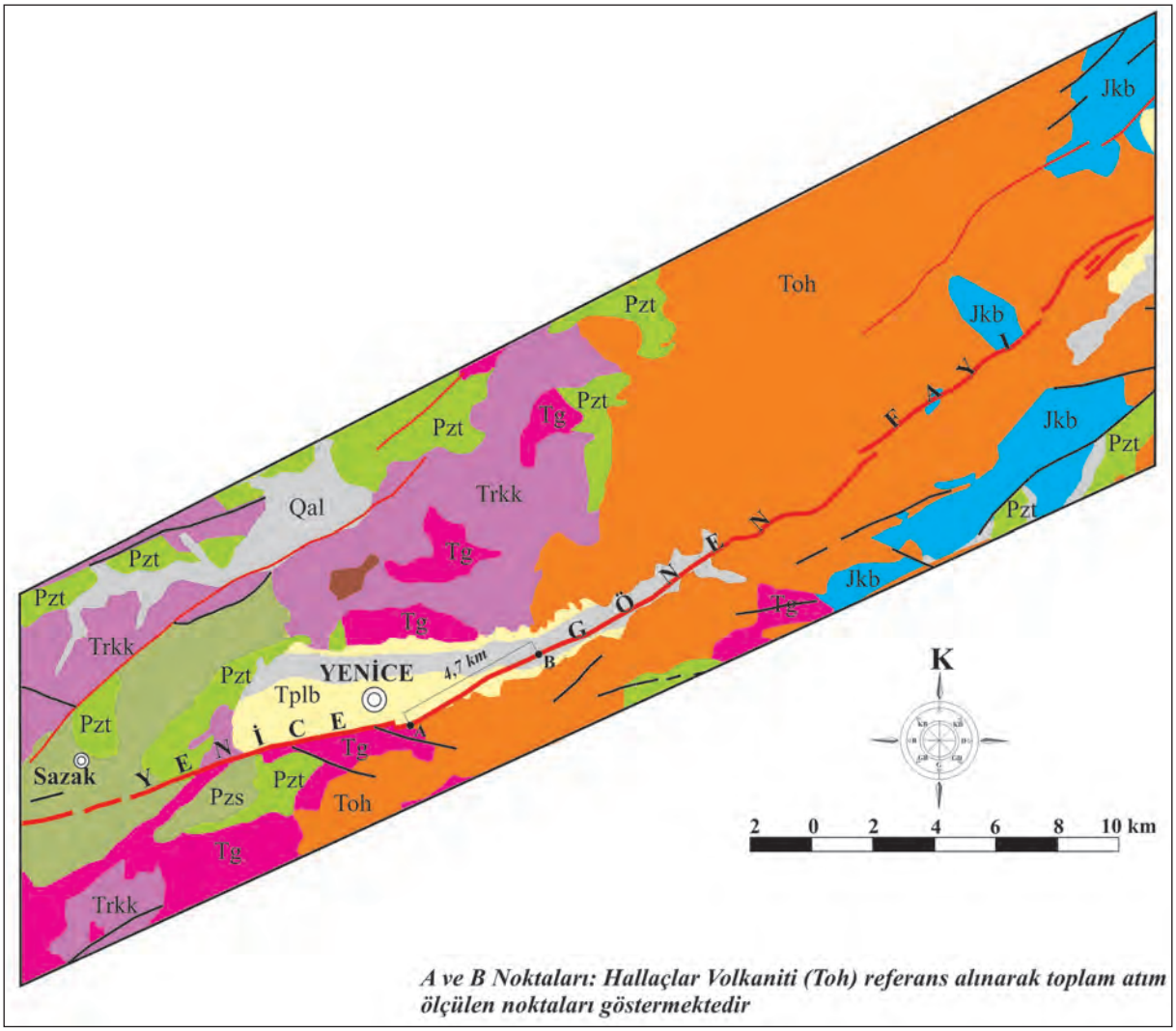
YGF, uzunlukları 5,5 ile 19 km arasında değişen ve birbirlerinden rahatlamalı ya da sıkışmalı sıçrama veya büklümler ile ayrılan 6 fay bölümünden oluşan toplam 70 km uzunluğunda bir deprem segmentidir (Şekil 3 ve Şekil 4).

YGD yüzey kırığı üzerinde 1,70±0,1 m ile 3,2±0,2 m arasında değişen sağ yanal yer değiştirmeler ölçülmüş olup, en büyük yer değiştirme Çakır Köyü'nün güneydoğusunda 3,2±0,2 m olarak ölçülmüştür (Şekil 12). Yer değiştirme miktarları KD ve GB yönünde dereceli olarak azalması, 1953 depremi sırasında kırılmanın Yenice KD'sunda (Çakır ile Karaköy arası) başladığını ve genellikle KD, kısmen de GB yönünde çift taraflı olarak ilerlediğini göstermektedir. Holosen drenaj sistemlerinde ölçülen 18±2 m ile 24±2 m arasında değişen toplam yer değiştirmeler, YGF'nın Holosen'de en azından altı defa yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükte deprem ürettiğine işaret eden morfotektonik kanıtlardır.

YGD segmentinin Çakır fay bölümünde yürütülen paleosismoloji çalışmalarına göre, YGF üzerinde, son 6200 yıldan günümüze kadar geçen sürede, 1953 depremi dahil olmak üzere, yüzey yırtılması ile



Şekil 24- a) Yenice Havzası'nın panoramik görüntüsü, b) Yenice Havzası ve güneyinde yüzeyleyen kaya birimlerini gösteren işlenmiş arazi fotoğrafı. Kaya birimlerinin açıklaması için şekil 3'e bakınız. Yıldız: Fay düzlemi gözlem noktasını göstermektedir, c) Tersiyer yaşlı granitoyidler üzerinde ölçülen havza kenarındaki verev atımlı normal fay düzlemi (Kürçer, 2006'dan alınmıştır) (Bakış güneye).



Şekil 25- Yenice yöresinde YGF'nın toplam jeolojik atımı.

sonuçlanmış 6 deprem tanımlanmış ve bu depremler radyometrik yöntemlerle (^{14}Cve OSL) yaşlandırılmıştır (Şekil 22).

Hendeklerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda 1953 depreminden bir önceki depremin (Deprem 2) MÖ 330 ile MS 190 yılları arasında meydana geldiği ortaya konmuş olup, bu deprem, MS 160 depremi ile deneştirilmiştir. Tarihsel deprem kataloglarında, bu çalışmada tanımlanan ve tarihlenen bazı depremlerin (Deprem 3, 4, 5 ve 6) karşılaştırılabileceği tarihsel deprem verisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, inceleme alanı batısında yer alan ve MÖ 3000 ile MS 400 yılları arasına tarihlenen antik Troy'un eski depremlerle yıkıldığını ya da tahrip olduğunu bildiren arkeolojik kayıtlar bulunmaktadır (Rose, 1994 ve 1996). Kürçer vd. (2012) tarafından Troy 3. ve 6. katman kalıntılarında eski depremlere ait izler bulunmuştur. 1953 YGD'nin eş şiddet haritasında (Kalafat vd., 2007), Troy civarının MSK=VIII şiddetinde etkilendiği görülmektedir (bkz. Kürçer vd., 2012'deki Şekil 23). Bu çalışmada tanımlanan Deprem 3 ve 4, sırasıyla Troy 6. ve 3. katmanları yıkan depremler olarak değerlendirilmiştir. Deprem 3 için Troy 6. katmanın (MÖ 1800–1275) bitim tarihi olan MÖ 1275, Deprem 4 için ise Troy 3. katmanın bitim tarihi olan MÖ 2050 tarihleri önerilmiştir. Deprem 5 ve 6 için karşılaştırma yapılabilecek herhangi bir tarihsel deprem veya arkeolojik bilgi bulunmamaktadır. Deprem 5 için öngörülen takvim yaşı MÖ 3250 ile 3650 yılları arasıdır. Deprem 6 için ise MÖ 3640 ile 4260 yılları arası bir dönem önerilmektedir.

Kürçer (2006) ve Kürçer vd. (2008), 1953 depremi dahil olmak üzere üç deprem verisi elde ettikleri paleosismoloji çalışmalarına göre, YGF'nın ortalama

deprem tekrarlanma aralığını 660±160 yıl olarak önermişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen deprem yaş verilerine göre, YGF, 505 yıl ile 1793 yıl arasında değişen ve düzenli olmayan bir deprem tekrarlanma aralığına sahiptir. Buna göre YGF için ortalama deprem tekrarlanma aralığı 1180 yıl olarak öngörülebilir.

Bu çalışmada tespit edilen bazı depremler (Deprem 1 ve 2) ile bölgede meydana gelen aletsel ve tarihsel depremlerin zamansal ve mekânsal yakınığı dikkat çekicidir (bkz. Şekil 2). Bu durum, bölgedeki aktif faylar üzerinde meydana gelen tarihsel ve aletsel depremlerin, komşu fay segmentleri üzerine gerilme aktarmış olabileceğine işaret etmektedir.

Bu makalede ilk defa YGF'nın son 300.000 yıldan günümüze (Geç Kuvaterner-Günümüz) toplam atımı ve yıllık kayma hızı hesaplanmıştır. YGF'nın Geç Kuvaterner'deki toplam atımına ışık tutan veri Gönen Çayı'ndan gelmektedir. Kazancı vd. (2014), aşınma ve depolanma hızlarına göre Güney Marmara bölgesindeki büyük vadilerin deşilme zamanlarının 300.000 yıldan daha geriye gidemeyeceğini belirtmişlerdir. Selim vd. (2013), Gönen Nehri'nin YGF tarafından kesilerek toplam 5,5 km ötelendiğini ileri sürmüşlerdir. Ancak, söz konusu çalışmada YGF olarak belirtilen fayın yeri (bkz. Selim vd., 2013' te Şekil 5) literatürde bilinen ve bu çalışmada da benimsenen faydan oldukça farklıdır. Güney Marmara bölgesindeki büyük nehirlerin deşilme yaşının 300.000 yıldan daha geriye gitmediği göz önüne alınırsa (Kazancı vd., 2014), YGF'nın Gönen Nehri üzerinde toplam 5,5 km yer değiştirme meydana getirebilmesi için fay üzerindeki yıllık kayma hızının 18 mm olması gerekir ki, bu değer bölgesel jeoloji, diri fay ve jeodezi çalışmalarıyla kesinlikle uyuşmamaktadır. Bu çalışmada, Gönen batısında Gönen Çayı'ndaki toplam yer değiştirme miktarı 800±50 m ölçülmüştür (Şekil 23). Gönen Çayı'ndaki deşilme yaşı (300.000 yıl) ve toplam yer değiştirme miktarı (800±50) kullanılarak yapılan hesaplamada, YGF'nın yıllık kayma hızı 2,65±0,15 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Bu değer, öncel çalışmalarla ve bölgesel GPS çalışmaları ile oldukça uyumludur. Güncel GPS çalışmaları, Güney Marmara Bölgesi'nde yer alan KD-GB doğrultulu aktif faylar üzerindeki toplam yıllık sağ-yanal kayma hızının 6-8 mm olduğunu göstermektedir (Meade vd., 2002; Kreemer vd., 2004). Emre vd. (2012), bu değerlerin Yenice-Gönen, Sarıköy ve Çan-Biga fay zonları tarafından paylaşılması gerektiğini belirtmiştir. Bu durumda GPS çalışmalarından hesaplanan 6-8 mm/yıl kayma hızının YGF'ndan arta kalan bölümünün, başta Sarıköy ve Çan-Biga fay zonları olmak üzere Biga Yarımadası'ndaki diğer aktif sağ-yanal doğrultu atımlı faylar tarafından paylaşıldığı düşünülmektedir.

YGF'nın jeolojik atımı Yenice yöresindeki Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonu üzerinde 4,7±0,3 km olarak belirlenmiştir (Şekil 25). Yıllık kayma hızı (2,65±0,15 mm) ve 4,7 km'lik jeolojik atım verisi birlikte değerlendirildiğinde, YGF'nın oluşum yaşı yaklaşık 1,9 milyon yıl olarak öngörülebilir. Ancak, Yenice Havzası başlangıçta verev atımlı normal bir fay tarafından şekillendirilen bir yarı graben olarak gelişmiştir. Dolayısıyla Yenice güneyindeki Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı Hallaçlar formasyonundan ölçülen 4,7 km'lik jeolojik atımın önemli bir bölümü havza gelişimindeki verev atımlı normal faylanma ile ilişkili olmalıdır. Bu durumda YGF'nın yaşı 1,9 milyon yıldan çok daha genç olarak değerlendirilebilir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, Türkiye Ulusal Paleosismoloji Araştırmaları Projesi (TURKPAP) kapsamında gerçekleştirilmiştir (Proje No: 2013-30-14-07). Makalenin geliştirilmesi aşamasındaki değerli yorum ve eleştirilerinden dolayı Okan Tüysüz (İstanbul Teknik Üniversitesi), Hasan Sözbilir (Dokuz Eylül Üniversitesi), Alexandros Chatzipetros (Aristotle University of Thessaloniki) ve ismi belirtilmeyen diğer hakeme içtenlikle teşekkür ederiz.

Değinilen Belgeler

Allmendinger, R. W., Cardozo, N., Fisher, D. 2012. Structural geology algorithms: Vectors and tensors in structural geology. Cambridge University Press, 302 p.

Altunkaynak, Ş., Dilek, Y., Genç, C. Ş., Sunal, G., Gertisser, R., Furnes, H., Yang, J. 2012. Spatial, temporal and geochemical evolution of Oligo–Miocene granitoid magmatism in western Anatolia, Turkey. Gondwana Research, 21 (4), 961-986.

Ambraseys, N.N. 2002. The seismic activity of the Marmara Sea region over the last 2000 years. Bulletin of the Seismological Society of America, 92 (1), 1-18.

Ambraseys, N.N., Finkel, C.F. 1991. Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea region. Terra Nova 3, 527–39

Ambraseys, N., Jackson, J. 2000. Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500, Geophys. J. Int., 141, F1–F6.

Armijo, R., Meyer, B., Hubert-Ferrari, A., Barka, A. 1999. Westward propagation of North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics. Geology, 27, 267–70

Ayhan, E. E., Alsan, N., Sancaklı, S.B., Üçer, B. 1981. Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu (1881-1990). Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, 126 s.

Aysal, N. 2015. Mineral chemistry, crystallization conditions and geodynamic implications of the Oligo–Miocene granitoids in the Biga Peninsula, Northwest Turkey. Journal of Asian Earth Sciences, 105, 68-84.

Aysal, N., Ustaömer, T., Öngen, S., Keskin, M., Köksal, S., Peytcheva, I., Fanning, M. 2012*a*. Origin of the Early-Middle Devonian magmatism in the Sakarya Zone, NW Turkey: geochronology, geochemistry and isotope systematics. Journal of Asian Earth Sciences, 45, 201-222.

Aysal, N., Öngen, S., Peytcheva, I., Keskin, M. 2012*b*. Origin and evolution of the Havran Unit, Western Sakarya basement (NW Turkey): new LA-ICP-MS U-Pb dating of the metasedimentary-metagranitic rocks and possible affiliation to Avalonian microcontinent. Geodinamica Acta, 25 (3-4), 226-247.

Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K. 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7 (3), 663–684.

Barka, A., Gülen, L. 1988. New constrains on age and total offset on the North Anatolian Fault Zone: Implications for tectonics of the Estern Mediterranean Region. METU Journal of Pure and Applied Sciences, 21, 39–63.

Barka, A., Akyüz., S., Altunel, E., Sunal., G., Çakır, Z., Dikbaş, A., Yerli, B., Armijo, R., Meyer, B., de Chabalier, J. B., Rockwell, T., Dolan, J.R., Hartleb, R., Dawson, T., Christofferson, S., Tucker, A., Furnal, T., Langridge, R., Stenner, H., Lettis, Bachhuber, J., Page, W. 2002. The Surface Rupture and Slip Distribution of the 17 August 1999 İzmit Earthquake (M 7.4), North Anatolian Fault. Bull. Seism. Soc. Amer. 92 (1): 43-60.

Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey – A synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3–30.

Canıtez N, Üçer S.B. 1967. A Catalogue of Focal Mechanism Diagrams for Turkey and Adjoining Areas. İTÜ Maden Fak., Arz Fiziği Enst. Yayın No. 25. 111 pp.

Dirik, K., Belindir, F., Özsayın, E., Kutluay, A. 2008. Neotectonic features and paleoseismology of Yenice- Gönen Fault Zone. Final report of TUBİTAK. Report no: TUJJB-UDP04-02, Ankara.

dePolo, C. M., Clark, D. G., Slemmons, D. B., Aymand, W. H. 1989. Historical Basin and Range Province surface faulting and fault segmentation. In Fault Segmentation and Controls of Rupture Initiation and Termination (D. P. Schwartz, and R. H. Sibson, Eds.), U.S. Geol. Surv. Open File Rep. 89–315, pp. 131–162.

dePolo, C. M., Clark, D. G., Slemmons, D. B., Ramelli, A. R. 1991. Historical surface faulting in the Basin and Range Province, western North America—Implications for fault segmentation. J. Struct. Geol. 13, 123–136.

Duru, M., Pehlivan, Ş., Okay, A.İ., Şentürk, Y., Kar, H. 2012. Biga Yarımadası'nın Tersiyer Öncesi Jeolojisi. Yüzer, E. ve Tunay, G. (Ed.), Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi (7-74). Ankara: ISBN: 978-605-5310-18-9. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi 28, 7-74.

Emre, Ö., Doğan, A., Yıldırım, C. 2012. Biga Yarımadasının diri fayları ve deprem potansiyeli. In: Yüzer, E. ve Tünay, G. (Eds.), Biga Yarımadası'nın Genel ve Ekonomik Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi 28, 163-198, Ankara-Türkiye.

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, Ş. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Özel Yayın Serisi 30.

GCMT Catalogue. The Harvard Centroid Moment Tensor Ctaloque. The Global Centroid-Moment Tensor (CMT) Project, 1976-2012, http://globalcmt.org7

Gürer, Ö.F., Kaymakçı, N., Çakır, Ş., Özburan, M. 2003. Neotectonics of the southeast Marmara region, NW Anatolia, Turkey. Journal of Asian Earth Sciences 21, 1041–1051.

Harvard Univ. 1998. Dep. Earth Planet. Sci., Cambridge, MA. http://www.seismology.harvard.edu

Herece, E. 1990. 1953 Yenice–Gönen deprem kırığı ve Kuzey Anadolu fay sisteminin Biga Yarımadası'ndaki uzantıları, Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 111, pp. 47–59.

Jackson, J., McKenzie, D.P. 1984. Active tectonics of the Alpine–Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophys. J. R. Astron. Soc., 77, 185–246.

Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J. A., Ece, Ö. I. 2008. Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey. International Journal of Earth Sciences, 97 (6), 1181-1200.

Karakaisis, G. F., Papazachos, C. F., Scordilis, E. M. 2010. Seismic sources and main seismic faults in the aegean and surrounding area, Bulletin of the Geological Society of Greece. Proceedings of the 12th International Congress (pp. 2016–2042). Patras.

Kazancı, N., Emre, Ö., Erturaç, K., Leroy, S.A.G., Öncel, S., İleri, Ö., Toprak, Ö. 2014. Possible incision time of the large valleys in southern Marmara region, NW Turkey. Maden Tetkik ve Arama Dergisi 148, pp. 1–17.

Ketin, I., Roesly, F. 1953. Makroseismische Untersuchungen über das nordwestanatolische Beben vom 18. Marz 1953. Eclogae Geol. Helv. 46, 187–208.

Kocaefe, S., Ataman, G. 1976. Anadolu'da sismotektonik olaylar: Antalya-Fethiye-Denizli üçgeni içinde yer alan bölgenin incelenmesi. Hacettepe Univ. Yerbilim. Derg. 2, 55–70

Kreemer, C., Chamot-Roke, N., Le Pichon, X. 2004. Constraints on the evolution and vertical coherency of deformation in the North Aegean from a comparison of geodetic, geologic and seismologic data. Earth Planet. Sci. Lett. 225, 329–346.

Kürçer, A. 2006. Yenice Gönen Civarının Neotektonik Özellikleri ve 18 Mart 1953 Yenice Gönen Deprem (Mw=7.2) Fayı'nın Paleosismolojisi, KB Türkiye. Yüksek Lisans Tezi, Tez No: 185774, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 190 sayfa (yayımlanmamış).

Kürçer, A. 2008. Yenice Gönen Fayı ve sismotektonik anlamı, KB Anadolu, Türkiye. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, Bildiriler, 213-214. Çanakkale, 2008.

Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S. Z., Pavlides, S., Ateş, Ö., Valkaniotis, S. 2008. The Yenice–Gönen active fault (NW Turkey): Active tectonics and palaeoseismology. Tectonophysics, 453, 263–275.

Kürçer, A. 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye, Doktora Tezi, Tez No: 318203, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 318 sayfa (yayımlanmamış).

Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S. Z., Pavlides, S., Özden, S., Syrides, G., Vouvalides, K., Ekinci, Y. L. 2012. An assessment of the earthquakes of ancient Troy, NW Anatolia, Turkey (pp. 171–200). In E. Sharkov (Ed.), Tectonics – Recent advances (chapter 7, pp. 171–200). Ankara: InTech. ISBN: 978-953-51-0675-3.

Kürçer, A., Yalçın, H., Gülen, L., Kalafat, D. 2015. 8 January 2013 Mw = 5.7 North Aegean Sea earthquake and its seismotectonic significance, Geodinamica Acta, 27, 2-3, 175-188, DOI:10.1080/09853111.2014.957503

Kürçer, A., Özalp, S., Özdemir, E., Uygun Güldoğan, Ç., Duman, T.Y. 2016. Yüzey Kırığı Oluşturmuş Faylar üzerinde aktif tektonik ve paleosismolojik araştırmalar hakkında örnek çalışma: Yenice Gönen Fayı, KB Türkiye. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Doğal Kay. ve Eko. Bült. 21, 1-18.

Kürçer, A., Özaksoy, V., Özalp, S., Uygun Güldoğan, Ç., Özdemir, E., Duman, T.Y. 2017. The Manyas Fault Zone (southern Marmara Region, NW Turkey): active tectonics and paleoseismology. Geodinamica Acta, 29, 1, 42-61, DOI: 10.1080/09853111.2017.1294013.

Le Pichon, X Chamot-Rooke, N., Lallemant,S., Noomen, R., Veis, G. 1995. Geodetic determination of the kinematics of central Greece with respect to Europe implications for eastern Mediterranean tectonics, J. Geophys. Res. 100, 12675-12690.

McKenzie, D.P. 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J. R. Astron. Soc. 30 (2), 109–185.

McKenzie, D.P. 1978. Active tectonics of the Alpine Himalayan Belt The Aegean Sea and surrounding regions, Geophys. J. R. Astron. Soc. 55, 217-254.

Meade, B., Hager, B., Reilinger, R. 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara region from block models of secular deformation constrained by GPS measurements. Bull. Seismol. Soc. Am. 92 (1), 208–215.

Okay, A. İ., Kaşlılar-Özcan, A., İmren, C., Boztepe-Güney, A., Demirbağ, E., Kuşçu, İ. 2000. Active faults and evolving strike-slip basins in the Marmara Sea, northwest Turkey: A multichannel seismic reflection study. Tectonophysics, 321, 189–218.

Okay, A. İ. Göncüoğlu, M.C. 2004. The Karakaya Complex: a review of data and concepts. Turkish Journal of Earth Sciences 13, 2, 75-95.

Örgülü, G., Aktar, M. 2001. Regional moment tensor inversion for strong aftershocks of the August 17, 1999 İzmit earthquake (Mw= 7.4). Geophys. Res. Lett. 28, 371–74

Özalaybey, S., Ergin, M., Aktar, M., Tapırdamaz, C., Biçmen, F., Yörük, A. 2002. The 1999 ˙Izmit earthquake sequence in Turkey: seismological and tectonic aspects. Bull. Seismol. Soc. Am. 92, 376–86.

Özden, S., Bekler, T., Tutkun, S. Z., Kürçer, A., Ateş, Ö., Bekler, F., Kalafat, D., Gündoğdu, E., Bircan, F., Çınar, S., Çağlayan, Ö., Gürgen, M., İşler, H., Yalçınöz, A. 2008. Biga Yarımadası ve Güney Marmara bölgesinin sismotektoniği. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 12. Toplantısı, Bildiri Özleri Kitabı, s. 48-49, Akçakoca, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Türkiye.

Papadopoulos, G.A., Kondopoulou, D.P., Leventakis, G.A., Pavlides, S.B. 1986. Seismotectonics of the Aegean region. Tectonophysics 124, 67–84

Pınar, N. 1953. Preliminary Note on the Earthquake of Yenice Gönen, Turkey, March 18, 1953. Bull. Seismol. Soc. Am., vol. 43, pp. 307–310.

Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksoz, M.N., Barka, A.A., Kinik, I., Lenk, O., Sanli, I. 1997. Global positioning system measurements of present day crustal movements in the Arabian–African–Eurasian plate collision zone. J. Geophys. Res. 102, 9983–9999.

Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadrov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajeh, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. Journal of Geophysical Research 111, B05411.

Rose, C.B. 1994. The 1993 post-Bronze Age excavations at Troia. Studia Troica 4: 75–104

Rose, C.B. 1996. The 1995 post-Bronze Age research and excavations at Troia. Studia Troica 6, 97–101

Selim, H., Tüysüz, O. 2013. The Bursa–Gönen Depression, NW Turkey: a complex basin developed on the North Anatolian Fault. Geol. Mag. 150 (5), 2013, pp. 801–821.

Selim, H., Tüysüz, O., Karabaş, A., Taş, K.Ö. 2013. Morphotectonic evidence from the southern branch of the North Anatolian Fault (NAF) and basins of the south Marmara sub-region, NW Turkey. Quaternary International, 292, 176-192.

Straub, C.S. 1996. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea region, N.W. Anatolia, inferred from GPS measurements. unpub. Ph.D. dissertation, Swiss Federal Institute of Technology at Zurich, p.122, plus appendices.

Straub, C., Kahle, H. 1997. Active crustal deformation in the Marmara Sea region, NW Anatolia, inferred from GPS measurements. Geophys. Res. Lett. 22 (18), 2533–2536.

Şengör, A. M. C. 1979. The North Anatolian transform fault: Its age, offset and tectonic significance. Journal of the Geological Society, 136, 269–282.

Şengör, A.M.C. 1980. Türkiye'nin Neotektoniği'nin Esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi 2.

Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F. 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. K. T. Biddle, K.T.,Christie-Blick, N. (Eds.), Strike-slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation. SEMP Special Publication 37, 227–264.

Şengör, A. M. C., Barka, A. A. 1992. Evolution of escape-related strike-slip systems: Implications for distribution of collisional orogens. 29th International Geological Congress, Kyoto, Japan, Abstracts, 1, 232.

Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakınç, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Rangin, C. 2004. The North Anatolian fault: A new look. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 33, 1–77. doi:10.1146/annure.earth.32.101802.120415

Taymaz, T., Jackson, J., McKenzie, D. P. 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea. Geophysical Journal International, 106, 433–490.