Maden Tetkik ve Arama Dergisi

http://dergi.mta.gov.tr



Paleosismoloji kataloğu: 2012 yılı öncesi Türkiye'deki aktif faylar üzerinde yapılmış hendek çalışmaları

Paleoseismological catalog of Pre-2012 trench studies on the active faults in Turkey

Şule GÜRBOĞA[a*] ve Oktay GÖKÇE[b]

[a]*Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye. orcid.org/0000-0002-5225-5895*
[b]*Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Turkey. orcid.org/0000-0003-0553-3511*

Eleştirel Derleme

Anahtar Kelimeler: Deprem, Paleosismoloji kataloğu, Hendek, Aktif fay, Türkiye.

ÖZ

Aktif fayların uzun dönem sismik davranışlarını anlamak için aletsel ve tarihsel deprem kayıtları incelenmeli ve değerlendirilmelidir. Aletsel kayıtlar, ulusal ve uluslararası rasathaneler tarafından kayıt ediliyor olmasına rağmen, Türkiye'deki tarihsel sismik kataloglar çok sınırlıdır. Bu çalışma kapsamında, 2012 yılı öncesi Türkiye'nin kara ve deniz-göl alanlarında yapılmış olan hendek ve karot çalışmalarını derleyerek tarihsel deprem kayıtlarının tek bir kaynakta toplanması hedeflenmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından 2012 yılında başlatılan Türkiye Paleosismoloji Projesi (TURKPAP) kapsamında, hendekler sonucu elde edilen veriler standart bir dosya düzeninde arşivlenmeye başlanmıştır. Bu çalışmada, Türkiye'de meydana gelmiş olan yıkıcı sismik olayların kesin tarihleriyle tespit edildiği bütün paleosismolojik hendek çalışma sonuçları derlenmiştir. Bu derlemede sadece tarihi depremler değil, aynı zamanda birçok çalışmadaki paleosismolojik parametreler detaylı bir şekilde listelenmiştir.

Geliş Tarihi: 14.10.2017
Kabul Tarihi: 06.05.2019

Keywords: Earthquakes, Paleoseismological catalogue, Trenches, Active faults, Turkey.

ABSTRACT

Instrumental and historical earthquake catalogues have to be examined and evaluated to understand the long-term seismic behaviour of active faults. Although the instrumental records have been determined from the national and international observatories, the historical seismic catalogues are very limited in Turkey. For the reason, we aimed to compile paleoseismological trench studies carried out before 2012 in the areas of onshore and offshore sections of Turkey. In terms of a Turkey Paleoseismological Project (TURKPAP) posted by General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA) in the 2012 year, a number of paleoseismological investigations have been initiated and documented for archiving at a standardized data layout. In this study, we compiled all paleoseismological trench surveys with the definite dates of past strong seismic events occurred in Turkey before that date. By using this compilation, not only the historical earthquakes but also many paleoseismologic parameters of the studies have been listed clearly.

1. Giriş

Kuvvetli sismik olayların görüldüğü alanlar, paleosismoloji çalışmaları için uygun hedef alanlar olarak değerlendirilir. Bu sayede tarihsel depremler tespit edilebilir. Paleosismoloji çalışmaları aktif fayların mekânsal-zamansal dağılımları ve eski deprem kayıtlarının değerlendirilmesi hakkında detaylı bilgi edinmemizi sağlayabilmektedir. Bu nedenle, Avrupa Tarihi Deprem Verileri Arşivi (AHEAD) sistemindeki yıkıcı deprem katalogları sürekli güncellenmektedir. Fakat bu sistem, Türkiye'de

Atıf Bilgisi: Gürboğa, Ş., Gökçe, O. 2019. Paleoseismological catalog of Pre-2012 trench studies on the active faults in Turkey. Bulletin of Mineral Research and Exploration, 159, 65-89. *http: //dx.doi.org/10.19111/bulletinofmre.561925*

* *Başvurulacak yazar: Şule GÜRBOĞA, sule.gurboga@mta.gov.tr*

tarihsel katalog eksikliği sorununu çözememektedir. Bu nedenle, Türkiye'nin düzenli bir tarihsel deprem arşivine ihtiyacı bulunmaktadır. Aktif faylardan kaynaklanan eski sismik olaylar hakkında bilgi sahibi olmadan, tehlike ve risk çalışmalarını değerlendirmek ve planlamak mümkün değildir. Bu makalede, gelecekte yapılacak çalışmaların çıkış noktası olması açısında Türkiye'de yapılan tüm paleosismolojik hendek araştırmaları derlenmiştir. 2012 yılına kadar Türkiye'deki kara, deniz ve göl ortamlarında yapılan tüm paleosismolojik çalışmaları incelenmiş, tarihsel dönemde meydana gelmiş sismolojik olaylarla ilgili kesin tarihlendirme sonuçları bulunan çalışmalar bu derlemede yer almıştır. 2012 yılı sonrası ise Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış ve uygulanmaya devam edilen Türkiye Paleosismoloji Projesi (TURKPAP) kapsamında sistematik bir dosya düzeninde devam ettirilmektedir. Bu nedenle, hazırlanmış olan bu kataloğa TURKPAP ve 2012 yılı sonrası yapılmış olan bilimsel çalışmalar dahil edilmemiştir.

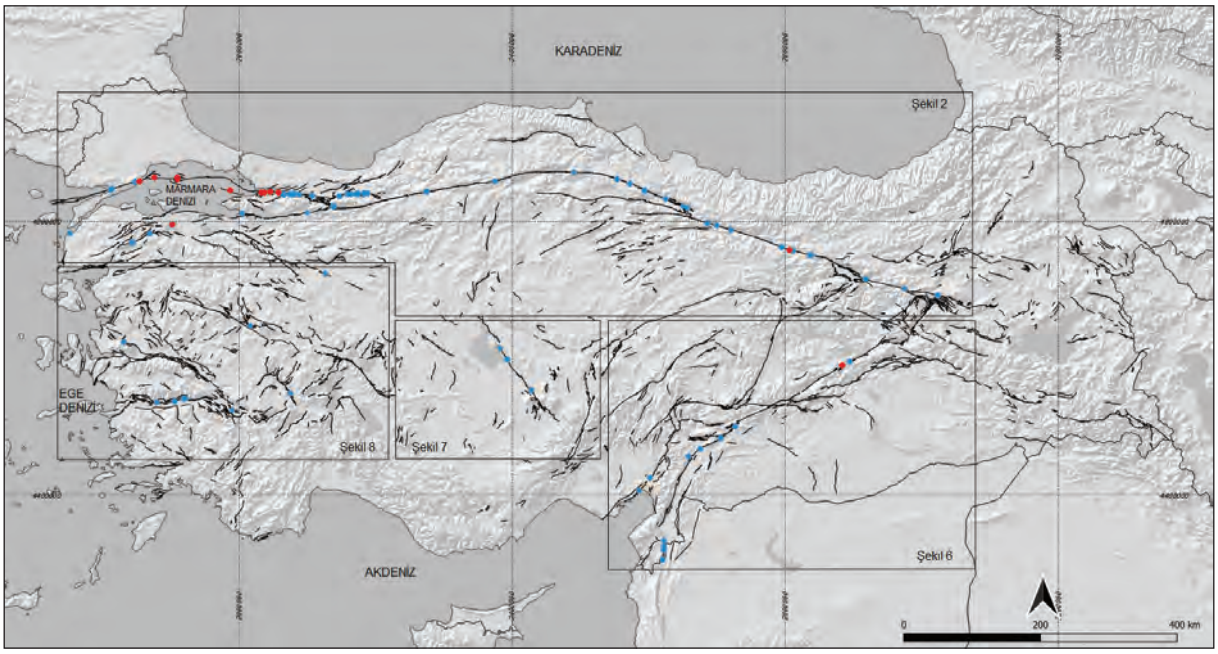
Bu katalog, tarihsel ve aletsel dönemdeki depremlerin varlığını keşfeden ve doğrulayan tüm paleosismolojik hendek çalışmalarından yararlanılarak derlenmiştir. Bu katalogda sadece hendek yerleri kesin olarak bilinen çalışmalar yer almaktadır. Coğrafi olarak koordinat bilgisi olmayan çalışmalar bu kataloğa dahil edilememiştir. Literatürde bulunan tüm veriler toplanmış, seçilmiş, listelenmiş ve Türkiye'nin bir paleosismoloji kataloğu olarak oluşturulmuştur. Çalışmamızın bir diğer odak noktası, aktif faylar boyunca deprem tekrarlama aralıklarının belirlenmesi ve böylelikle kritik olan uzun dönem deprem kayıtlarının düzenli bir şekilde listelenmesidir. Bu makalede ayrıca araştırmacıların kolaylıkla kullanabilmesi için elektronik yardımcı veri listesi de sunulmuş, böylelikle tekrarlanma aralığını ve yıkıcı depremlerin kaynağını karşılaştırma imkanı olabilecektir.

2. Türkiye'deki Aktif Faylar

Türkiye, Arap-Afrika ve Avrasya plakalarının hareketleri nedeniyle çok karmaşık bir tektonik yapıya sahiptir. Bu durum çok sayıda tekil aktif fay ve fay sisteminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu aktif yapılar geçmişte yıkıcı depremler üretmişlerdir ve gelecekte de yine yıkıcı deprem üretme potansiyelleri bulunmaktadır. Türkiye'nin tektonik yapısını oluşturan bu faylar, çeşitli özellikleri ve konumları dikkate alınarak, paleosismolojik sonuçları temsil etmek amacıyla gruplandırılmışlardır. Bu çalışmada, sırasıyla; 1) Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS); 2) Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS); 3) Batı Anadolu Horst-Graben sistemi, 4) Orta Anadolu ve 5) Ölü Deniz Fay Sistemi (bir kısmı Türkiye sınırları içerisinde bulunan) yapıları irdelenmiştir.

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) içerisinde bulundurduğu birçok farklı segmentin uzun dönem tektonik davranışının anlaşılması amacıyla birçok çalışmaya konu olmuştur. KAFS, Avrasya ile Anadolu arasındaki levha sınırını oluşturan, dünyanın en aktif yapılarından biri ve Karadeniz kıyıları boyunca dış bükey geometride, 1500 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı bir fay sistemidir (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Lovelock, 1984; Şaroğlu vd., 1992; Şengör vd., 1985). Doğuda Karlıova ile batıda Ege Denizi arasında yer almaktadır (Şekil 1). Türkiye'deki paleosismoloji çalışmalarının büyük çoğunluğu KAFS boyunca yapılmıştır. İlişkili olduğu başka fay segmentlerinde meydana gelen olayların bazıları birbiriyle bağlantılı olabileceği sonucu literatürde yapılan çalışmalara göre söylenebilir. Çünkü bazı tartışmalı tarihlendirme sonuçları nedeniyle aynı segmentler için farklı tekrarlanma aralıkları önerilmiştir. Her segmentin çeşitli özelliklerine ilişkin değişik sonuçlar olması şaşırtıcı değildir. Bu katalog, paleosismolojik araştırmalarla tarihlendirilen eski depremlerin karşılaştırmasına da imkan sağlayacaktır.

Türkiye'deki bir diğer önemli yapı ise Doğu Anadolu Fay Sistemi'dir (DAFS). Kuzeydoğuda Karlıova ile güneybatıda Antakya arasında bulunan 580 km uzunluğunda ve KD-GB uzanımlı sol-yanal bir deformasyon zonudur (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Şaroğlu vd., 1992; Şengör vd., 1985) (Şekil 1). DAFS'nden kaynaklanan en son bilinen yıkıcı depremler, 1874 Hazar Gölü ve yüzey kırıkları yaratan 1971 Bingöl depremleridir (Jackson ve McKenzie, 1984; Ambraseys ve Jackson, 1998). Literatürdeki tüm jeolojik çalışmalar ve depremler DAFS'nin etkinliğini açıkça göstermektedir. Tarihsel sismik aktivite kayıtları ve saha gözlemi DAFS'nin aktivitesinin fazla olduğunu gösterse de, aktivitesi KAFS'ne oranla daha azdır. Aktivitesinin az olduğu dönemler, DAFS için hareketin kilitlenmesi veya enerji birikmesinin olduğu zamanlar olarak değerlendirilebilir (Dewey vd., 1986; Yönlü vd., 2017). Bununla birlikte, DAFS boyunca yapılmış olan paleosismolojik hendek çalışmaları oldukça sınırlıdır (Yönlü vd., 2017). Bu çalışma kapsamında ayrıca, Ölü Deniz Fay Sistemi'nin ülkemiz sınırları içinde bulunan kısmında



Şekil 1- Türkiye Diri Fay Haritası. Farklı renkteki yuvarlaklar paleosismolojik çalışmaların kara (mavi) veya deniz-göl (kırmızı) ortamında yapıldığını göstermektedir. Diri faylar Emre vd. 2013 ve 2018'den alınmıştır.

yapılan paleosismoloji çalışmaları da DAFS'nin paleosismolojik çalışma listesine eklenmiştir.

Batı Anadolu'daki horst-graben sistemi dünyada kıta içi genişlemeli tektonik rejimin görüldüğü aktif sistemlerden birisidir. Grabenleri sınırlayan aktif faylar aletsel dönemde orta ila büyük ölçekli depremler üretmiştir (Tan vd., 2008). Bu aktif normal faylar boyunca yapılan paleosismolojik çalışmalar açısından güvenilir sonuçlar alınmıştır.

Aktif faylar boyunca yapılan hendek çalışmalarını sınıflandırmak için ana yapılar olan KAFS, DAFS, Batı ve Orta Anadolu horst-graben sistemleri dikkate alınmıştır. Literatürde bulunan paleosismoloji çalışmalarının bazırlarında, fay segmentlerini tanımlamak için farklı aktif fay haritaları ve referanslar kullanılmıştır. Bu nedenle aynı fay segmenti için birden fazla isim kullanılmış bu da literatürde karışıklığa neden olmuştur. Bu durumu engellemek için Emre vd. (2013 ve 2018) tarafından yapılan ve daha çok geometrik segmentasyon ile gruplanmış Türkiye Diri Fay Haritası temel harita olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Bu çalışmada tercih edilen segment terimi de geometrik segmentasyona uygun olan, bitişik fay segmentlerinde bükülme, ayrılma ve atlama gibi farklılaşmalarla ayrılan tek bir fay anlamına gelir. Bunun yanında, yapılan katalog çalışması sırasında kullanılan öznitelik bilgileri çizelge 1'de gösterilmiştir.

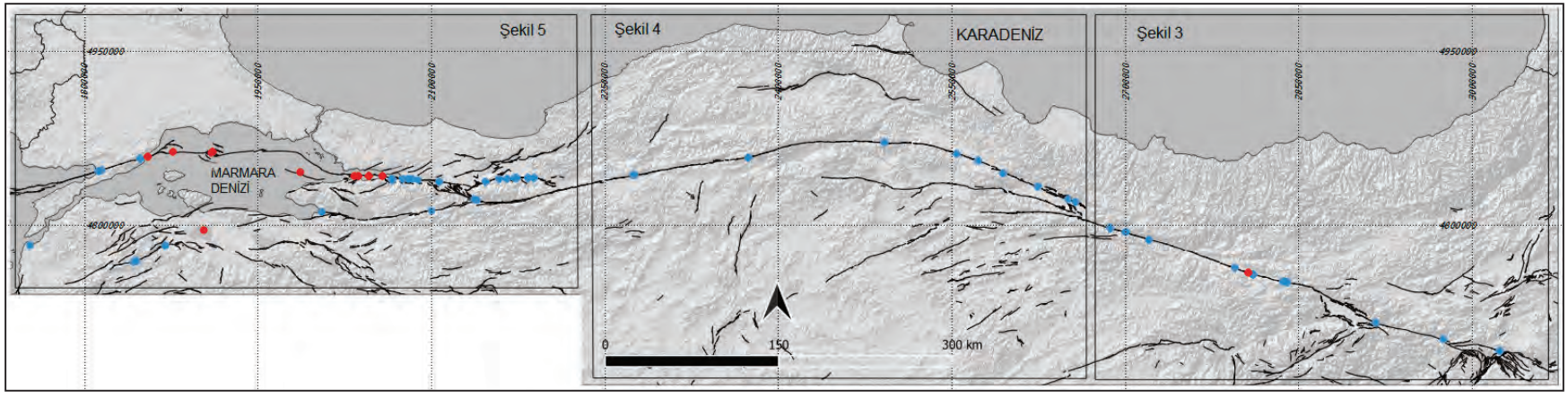
2.1. Kuzey Anadolu Fay Sistemi Boyunca Yapılmış Paleosismoloji Çalışmaları

KAFS'nin toplam uzunluğu üç ana bölüme ayrılmış ve incelenmiştir (Şekil 2). Bunlar, KAFS'nin doğu kesimi (Şekil 3 ve Çizelge 2), KAFS'nin orta kesimi (Şekil 4 ve Çizelge 3) ve KAFS'nin batı kesimidir (Şekil 5 ve Çizelge 4). Hendek yerleri, bulundukları segmentlerde doğudan batıya doğru ilgili tablolarda gösterilmektedir.

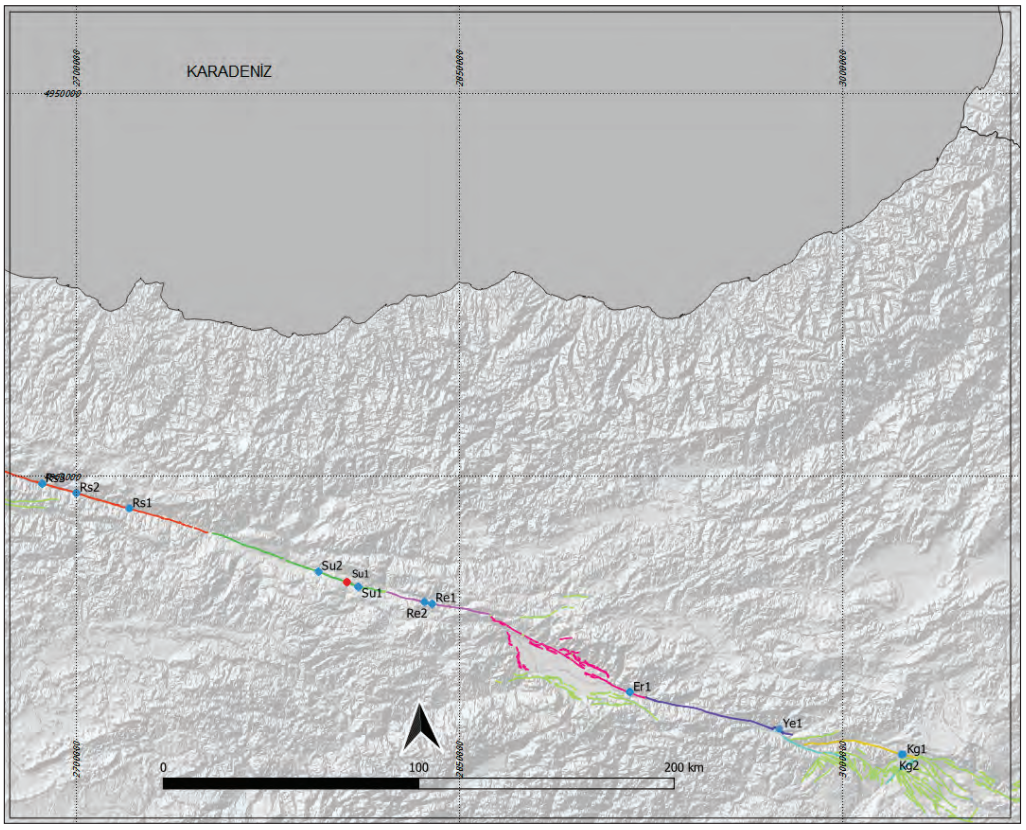
Paleosismoloji çalışmaları özellikle deniz-göl alanlarından alınan sediman karotlarında oldukça güvenilir tarihlendirme sonuçları sunmaktadır. Suya doygun karot örnekleri, radyokarbon tarihlendirme yöntemi için uygun ve örselenmemiş malzemeyi sağlamaktadır. Deniz ve göl sediman karotları Marmara Denizi havzaları ve KAFS boyunca gelişmiş küçük göllerden alınmış ve oldukça önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Bu karotlara ilişkin öznitelik bilgileri çizelge 5'te listelenmekte ve konumları şekil 1 ve 2'deki kırmızı yuvarlaklarla gösterilmektedir.

Çizelge 1- Bu çalışma kapsamında sunulacak olan çizelgelere ait veritabanı formatı. Event_T: tespit edilen toplam deprem sayısı; Eq_date_min: tarihlendirilmiş en eski deprem; Eq_date_max: tarihlendirilmiş en son deprem; Corr: Tarihsel kataloglar ile korelasyonu yapılmış deprem; Rptr_L: hesaplanan yüzey kırığı uzunluğu; Rupture_M: hesaplanan deprem büyüklüğü; Slip_R: segmentteki hesaplanan kayma hızı; Rec_Int: hesaplanan tekrarlanma aralığı; Last_rup: segment boyunca yüzey kırığı üretmiş son deprem.

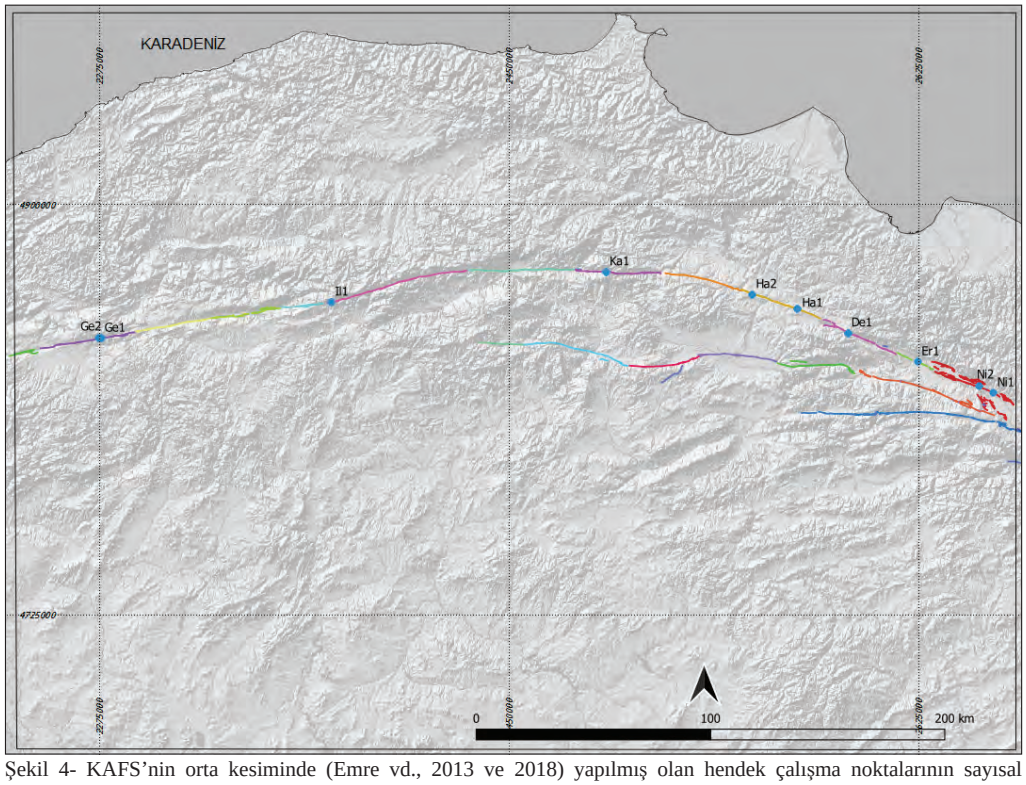
No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_ min	Eq_date_ max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
19										1939	400	7,9	22	200-350		
20										1254	150	-		200-350		
21										1045		-		200-350		
22	KAFS	Refahiye	Yaylabeli	Re2	38,94000383	39,95808632	5	717	844			-		200-350	1939	Kozacı vd. (2011)
23								302	724	499		-		200-350		
28								-881	-673		360	7,7-8,4				
29								-1406	-1291		170	7,2-7,8				



Şekil 2- KAFS'ndeki diri fayları gösterir harita (Emre vd., 2013 ve 2018). Mavi daireler hendek yerlerini gösteren paleosismolojik çalışmaları göstermektedir. Kırmızı daireler ise göl ve deniz alanlarından alınmış sediman karotları üzerinde yapılmış paleosismolojik çalışmaları göstermektedir. Şekil 3, 4 ve 5 'in konumları şekil üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 3- KAFS'nin doğu kesiminde (Emre vd., 2013 ve 2018) yapılmış olan hendek çalışma noktalarının sayısal yükseklik modeli üzerindeki konumlarını gösterir harita. Tüm hendek çalışmalarına ait öznitelik bilgiler çizelge 2'de sunulmuştur. Fayların farklı renklendirilmesi segment ayrımının yapılabilmesi için kullanılmıştır.



Şekil 4- KAFS'nin orta kesiminde (Emre vd., 2013 ve 2018) yapılmış olan hendek çalışma noktalarının sayısal yükseklik modeli üzerindeki konumlarını gösterir harita. Bu hendek çalışmalarına ait öznitelik bilgileri çizelge 3'de sunulmuştur. Fayların farklı renklendirilmesi segment ayrımının yapılabilmesi için kullanılmıştır.

Çizelge 2- KAFS'nin doğu kesiminin paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
1	KAFS	Kargapazarı	Yoncalık1	Kg1	41,08346391	39,32817372	2	-8500	-6150			-				Sancar ve Akyüz (2007)
2								-5960	-4300			-				
3			Yoncalık2	Kg2	41,07599539	39,32993262	2		-6325			-				
4								-6325	-2105			-				
5		Yedisu	NA	Ye1	40,5272098	39,44612412	2	450				-			1784	
6								50	450			-				
7		Erzincan	NA	Er1	39,8565447	39,60596802	5	1673	1950	1784		-		200-250		Okumura vd. (1994)
8								1461	1639			-		200-250		
9								1323	1524			-		200-250		
10								1066	1275			-		200-250		
11								684	935			-		200-250		
12		Refahiye	Çukurçimen	Re1	38,97311	39,95147615	7			1939		-		200-900	1939	Hartleb vd. (2006)
13								980	1420	1254		-		200-900		
14								930	1070	1045		-		200-900		
15								360	540	499		-		200-900		
16								-230	50			-		200-900		
17								-1450	-800			-		200-900		
18								-2880	-200			-		200-900		
19			Yaylabeli	Re2	38,94000383	39,95808632	5			1939	400	7,9	22	200-350	1939	Kozacı vd. (2011)
20										1254	150	-		200-350		
21										1045		-		200-350		
22								717	844			-		200-350		
23								302	724	499		-		200-350		

Çizelge 2- devam.

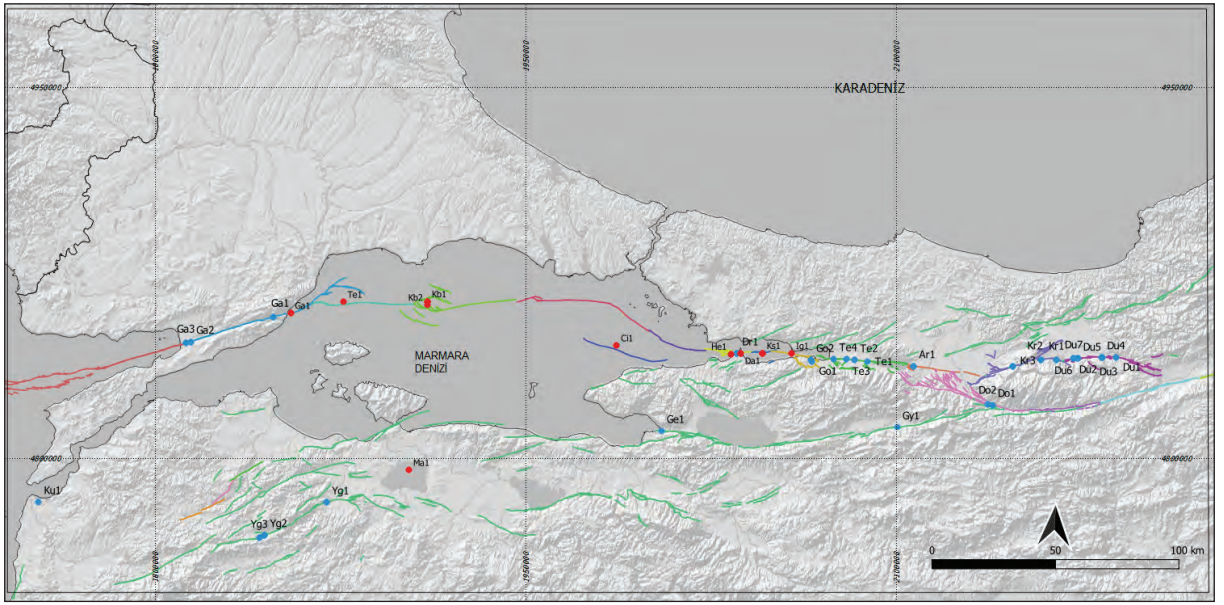
No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
24		Suşehri	Günalan	Su1	38,637781	40,021301	6			1939	350	7,7-8,3			1939	Fraser vd. (2012)
25										1668	250	7,6-8,3				
26										1254	170	7,2-7,8				
27										499	360	7,7-8,4				
28								-881	-673		360	7,7-8,4				
29								-1406	-1291		170	7,2-7,8				
30			Eskibağ	Su2	38,45680753	40,08078116	4			1939		-			1939	Polat vd. (2012)
31												-				
32									580	499		-				
33								-840				-				
34		Reşadiye	Umurca	Rs1	37,596501	40,324874	3			1939		7,8			1939	Zabcı vd. (2011)
35										1668		-				
36										1254		-				
37			Reşadiye	Rs2	37,355531	40,384651				1939		-				
38										1254		-				
39										1045		-				
40			Reşadiye A	Rs3	37,19827468	40,42081951	7			1939		-		1-1375	1939	Fraser (2009)
41								1570	1939	1668		-		1-1375		
42								261	642	499		-		1-1375		
43								-257	260			-		1-1375		
44								-908	-705			-		1-1375		
45								-2019	-1804			-		1-1375		
46								-2280	-2067			-		1-1375		

Çizelge 3- KAFS'nin orta kesiminin paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
47	KAFS	Niksar	Direkli	Ni1	36,85324306	40,62788542	2			1942					1942	Akyüz vd. (2009)
48								-480	-412							
49			Alanıcı	Ni2	36,77970833	40,65340625	2			1942					1942	
50									500							
51		Erbaa	Çevresu	Er1	36,47409553	40,752534	3			1942	48	7			1942	Kürçer vd. (2009)
52										1668						
53								700	1300							
54		Destek	Destek	De1	36,1210966	40,86727874	8			1943				385±166	1943	Fraser vd. (2009)
55								1438	1787	1668				385±166		
56								1034	1325					385±166		
57								549	721					385±166		
58								17	585	236				385±166		
59								-351	28					385±166		
60								-705	-392					385±166		
61								-913	-595					385±166		
62		Havza	Alayurt	Ha1	35,86532194	40,96235961	6			1943		7,7			1943	Hartleb vd. (2003)
63								800	1200							
64										236						
65								400	1000							
66								-4600	-3550							
67			NA	Ha2	35,6396014	41,01836178	4			1943				600-900	1943	Yoshioka vd. (2000)
68								1159	1374					600-900		
69								365	740					600-900		
70								-2330	-1557					600-900		

Çizelge 3- devam.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
71	KAFS	Kamil	Elmacık	Ka1	34,89651403	41,10719986	8			1943	280	7,6	25	97-912	1943	Fraser vd. (2010)
72								549	651	529			25	97-912		
73								-23	103				25	97-912		
74								-609	-185				25	97-912		
75								-971	-814				25	97-912		
76								-1227	-968	-1200			25	97-912		
77								-2050	-1777				25	97-912		
78								-2556	-2235				25	97-912		
79		Ilgaz	Ilgaz_Aluç	Il1	33,504261	40,9817499	5			1943			12,5	280-620	1943	Sugai vd. (1999)
80								1495	1850	1668			12,5	280-620		
81								890	1190	1050			12,5	280-620		
82								640	810					280-620		
83								0	150					280-620		
84		Gerede	Ardıçlı	Ge1	32,34083333	40,82305556	5			1944					1944	Okumura vd. (2002, 2003)
85										1668						
86								1171	1668							
87								943	1298	1050						
88								643	918							
89			Demirtepe	Ge2	32,32899671	40,82162075	4			1944			17	330	1944	Kondo vd. (2004, 2010)
90								1640		1668			17	330		
91								1210	1460				17	330		
92								840	960	1035			17	330		



Şekil 5- KAFS'nin batı kesiminde (Emre vd., 2013 ve 2018) yapılmış olan hendek çalışma noktalarının sayısal yükseklik modeli üzerindeki konumlarını gösterir harita. Bu hendek çalışmalarına ait öznitelik bilgileri çizelge 4 ve 5'de sunulmuştur. Fayların farklı renklendirilmesi segment ayrımının yapılabilmesi için kullanılmıştır.

Çizelge 4. KAFS'nin batı kesiminin paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
93	KAFS	Düzce	Kaynaşlı	Du1	31,31385751	40,77609568	4			1999					1999	Pantosti vd. (2008)
94								1475		1878						
95								1035	1640							
96								685	1220	967						
97			Mengencik	Du2	31,24884726	40,774718	3			1999					1999	
98								1685	1900	1878						
99									1685							
100				Du3	31,24635776	40,77466174	3			1999					1999	
101								1700	1900	1878						
102								1445	1900							
103				Du4	31,24604613	40,77466434	2			1999					1999	
104								1495	1900							

Çizelge 4- devam.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
105	KAFS	Düzce	Çakır Hacı İbrahim	Du5	31,13142313	40,76621592	3			1999					1999	Pantosti vd. (2008)
106								1488	1900	1878						
107								1488	1900							
108				Du6	31,13083814	40,76708091	2			1999					1999	Emre vd. (2001)
109								1700	1900	1719						
110			Çınarlı	Du7	31,11182353	40,76553579	3			1999					1999	Pantosti vd. (2008)
111								1675	1900	1878						
112								1280	1700							
113		Karadere	Eften	Kr1	31,02969988	40,7583738	5			1999				400-500	1999	Sugai vd. (2001)
114								1551	1929					400-500		
115								892	1232					400-500		
116								54	353					400-500		
117								-147	120					400-500		
118			Aksu	Kr2	30,95620694	40,75690868	3			1999					1999	Pantosti vd. (2008)
119								1670	1900	1878						
120								685	1020							
121			Kazımiye	Kr3	30,82077942	40,72638926	5			1999					1999	Dikbas ve Akyüz (2010)
122										1719						
123										1419						
124								420	584	554						
125								231	584	358						
126		Dokurcun	Relief	Do1	30,73289469	40,58398436	2			1967				200-300	1967	Palyvos vd. (2007)
127								1693						200-300		
128			Mudurnu_ Beldibi	Do2	30,70939821	40,58649144	2			1967	55	7,1			1967	Ikeda vd. (1991)
129								1650		1668						
130		Arifiye	NA	Ar1	30,34772	40,71097	4			1999			22		1999	Dikbas vd. (2009)
131										1719			22			
132										1567			22			
133										1000			22			
134		Geyve	Loc5	Gy1	30,28289093	40,48516157	1	-398	-204							Yoshioka ve Kuscu (1994)

Çizelge 4- devam.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
135	KAFS	Tepetarla	Acısu	Te1	30,12375089	40,71967278	1	1120	1280	1180					1999	Pavlides vd. (2006)
136			Osmanlı Kanalı	Te2	30,06301	40,72169	3			1999					1999	Rockwell vd. (2001*b*)
137										1754		7				
138										1719		7,5				
139			Köseköy	Te3	30,02527	40,72359	3			1999					1999	Rockwell vd. (2001*b*) Rockwell vd. (2009)
140								1754	1894	1878		7				
141										1719		7,5				
142			Aşağıyuvacık	Te4	29,96326	40,72101	2			1999					1999	Pavlides vd. (2006)
143								1290	1630	1509						
144		Gölcük	Hisar Nehri	Go1	29,85926418	40,70830343	3			1999		7,4		210-280	1999	Klinger vd. (2003)
145								1539	1825	1719		7,4		210-280		
146								1357	1548	1509				210-280		
147			Denizevler	Go2	29,85346	40,71328	4			1999					1999	Pavlides vd. (2006)
148								-3131	920	554						
149								-4575	-3616	-4096						
150								-9058	-7530	-8294						
151		Darıca	Hersek MT	Dr1	29,49720	40,72134	4			1894					1999	Özaksoy vd. (2010)
152										1754						
153										1719						
154										1509						
155		Gemlik	Terme	Ge1	29,15977	40,42246	2			1857			5	438	1857	Özalp ve vd. (2013)
156								1216	1770	1419	95		5	438	1857	Özalp vd. (2013, 2003)
157		Yenice_ Gönen	Muratlar	Yg1	27,59485	40,07472	3			1953					1953	Kürçer vd. (2008)
158								1208	1538	1440						
159																
160			Seyvan	Yg2	27,31502	39,93714	6			1953				300-600	1953	Dirik vd. (2008)
161								1290	1410					300-600		
162								650	900					300-600		
163								240	530					300-600		
164								-50	140					300-600		
165								-400	-340					300-600		
166				Yg3	27,2901	39,92495	3			1953				660±160	1953	Kürçer vd. (2008) Pavlides vd. (2009)
167								620	1270	620				660±160		
168								-2500						660±160		

Çizelge 4- devam.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
169	KAFS	Ganos	Güzelköy	Ga1	27,26931	40,73172	5			1912		7,4	17	323±142	1912	Meghraoui vd. (2012)
170								1429	1776	1766						
171								1311	1397	1354						
172								692	1320	1063						
173								-1042	76							
174			Kavaklı	Ga2	26,88568	40,61564	5			1912		7,4	18	275	1912	Rockwell vd. (2001*a*)
175										1766						
176										1354						
177								824	1350	1063						
178								-2000	-2000							
179			Saroz	Ga3	26,86186	40,61019	4	1655		1912				283+113	1912	Rockwell vd. (2001*b*) Rockwell vd. (2009)
180								1655		1766				283+113		
181								900		1354				283+113		
182								900		1063				283+113		
183		Kumkale fault	Kumkale	Ku1	26,23313	39,98318	2	130	780							Kürçer vd. (2012)
184								1000	1300							

Çizelge 5- KAFS boyunca deniz ve göllerden alınan sediman karotlarının paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
w1	KAFS	Darıca	Hersek Batısı	He1	29,46950777	40,71829668	3			1894						McHugh vd. (2006)
w2										1766						
w3										1509						
w4		Suşehri	Aşağı Tepecik	Su1	38,58849	40,03884	4			1668					1939	Hubert_ Ferrari vd. (2012)
w5										1543					1939	
w6										1254					1939	
w7										1939		7,9			1939	
w8		Manyas	Manyas	Ma1	27,97317	40,21588	2			460						Leroy vd. (2002)
w9										368						
w10		Ganos	Doğrultu atımlı havza	Ga1	27,34987	40,75183	5			1965						McHugh vd. (2006)
w11										1912						
w12										1859						
w13										1828						
w14								1810	1922							

Çizelge 5- devam.

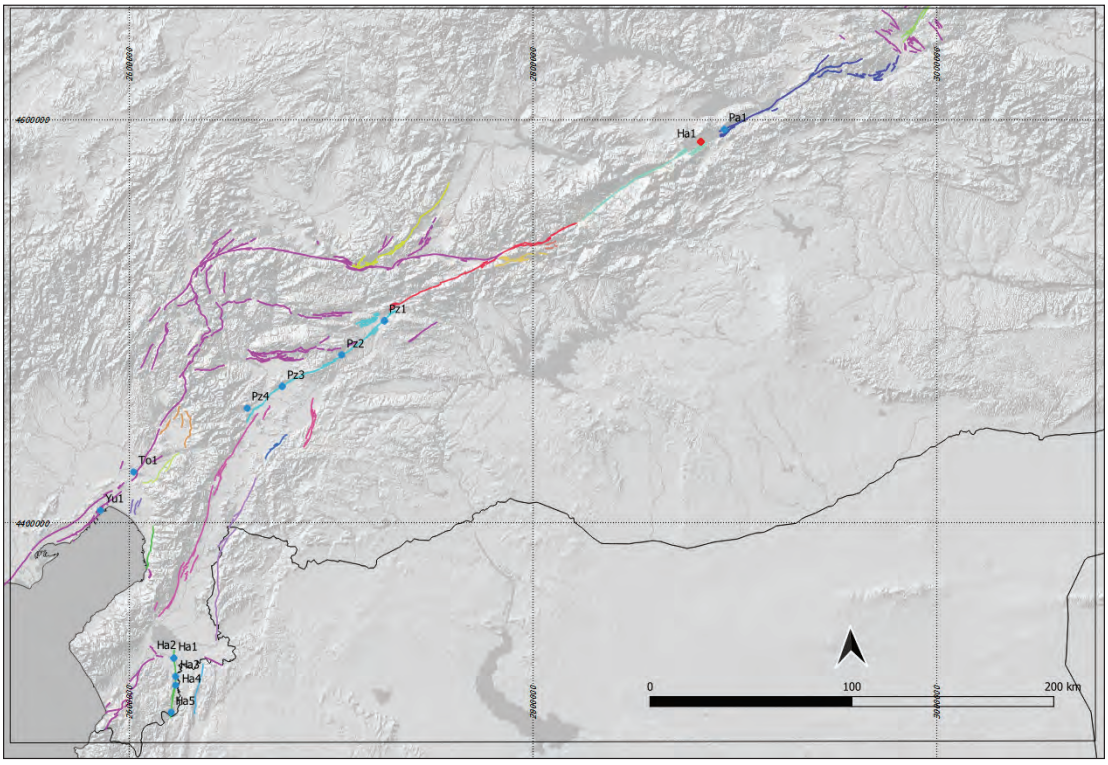
No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
w15	KAFS	Kumbur-gaz	Merkez	Ku2	27,9994	40,8208	2			1343						McHugh vd. (2006)
w16										740						
w17		Tekirdağ	Tekirdağ havzası	Te1	27,59718	40,80774	2			1912						
w18										1063						
w19		İzmit_Kör-fez	İzmit	Ig1	29,75936	40,7338	3			1999						
w20									824	740						
w21									182	181						
w22		Çınarcık	Çınarcık	Ci1	28,92013537	40,72271163	2			986						Sarı ve Çağatay (2006)
w23										553						
w24		Darıca	Lag	Da1	29,51579	40,72175	4			1719						Bertrand vd. (2011)
w25										1509						
w26										987						
w27										740						
w28		Kumbur-gaz	Merkez	Kb1	27,99999	40,83338	6			1963						McHugh vd. (2006)
w29										1343						
w30										860						
w31										740						
w32										557						
w33										268						
w34		Karamürsel	Karamürsel	Ks1	29,62	40,72836	8			1999						Çağatay vd. (2012)
w35										1509		7,2				
w36										1296						
w37										865						
w38										740						
w39										358						
w40										268						
w41										-427						

2.2. Doğu Anadolu Fay Sistemi Boyunca Yapılmış Paleosismoloji Çalışmaları

DAFS'nin segmentasyonu için KAFS'nde olduğu gibi ortak fikir birliği yoktur. Segment sayısı farklı yazarlara göre 2 ile 14 arasında değişmektedir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Perinçek ve Çemen, 1990; Şaroğlu vd., 1992; Hempton ve Dewey 1981; Muehlberger ve Gordon 1987; Westaway, 1994; Duman ve Emre, 2013; Yönlü vd., 2017). Bu nedenle yine Emre vd. (2013 ve 2018)'in hazırladığı segmentasyon haritası bu katalogda altlık olarak kullanılmıştır. Kırmızı ve mavi daireler, sırasıyla deniz ve kara paleosismoloji çalışmalarını tanımlamaktadır (Şekil 6 ve çizelge 6-7).

2.3. Orta Anadolu'da Yapılmış Paleosismoloji Çalışmaları

Şekil 7'de de görüleceği gibi Orta Anadolu'da yapılmış paleosismoloji çalışmaları çok sınırlıdır. Kürçer (2012) tarafından Tuz Gölü Fay Zonu boyunca



Şekil 6- DAFS boyunca yapılmış paleosismolojik çalışma yerlerinin gösteren harita; hendekler mavi daireler ve deniz-göl alanlarındaki sediman karot örnekleri kırmızı daireler ile gösterilmiştir. Bu çalışmalara ait öznitelik bilgileri çizelge 6 ve 7'de sunulmuştur. Fayların renklendirmesi segment ayrımı için kullanılmıştır. Diri faylar Emre vd. (2013 ve 2018)'den alınmıştır.

Çizelge 6- DAFS ve Ölü Deniz faylarında yapılmış hendek çalışmalarının paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
w42	DAFS	Pötürge-Palu	Hazar gölü	Ha1	39,39556	38,48198	8			1874				300		Hubert-Ferrari vd. (2005)
w43										1789						
w44										1513						
w45										1284						
w46										995						
w47										602						
w48								440	1							
w49								-650	-300							

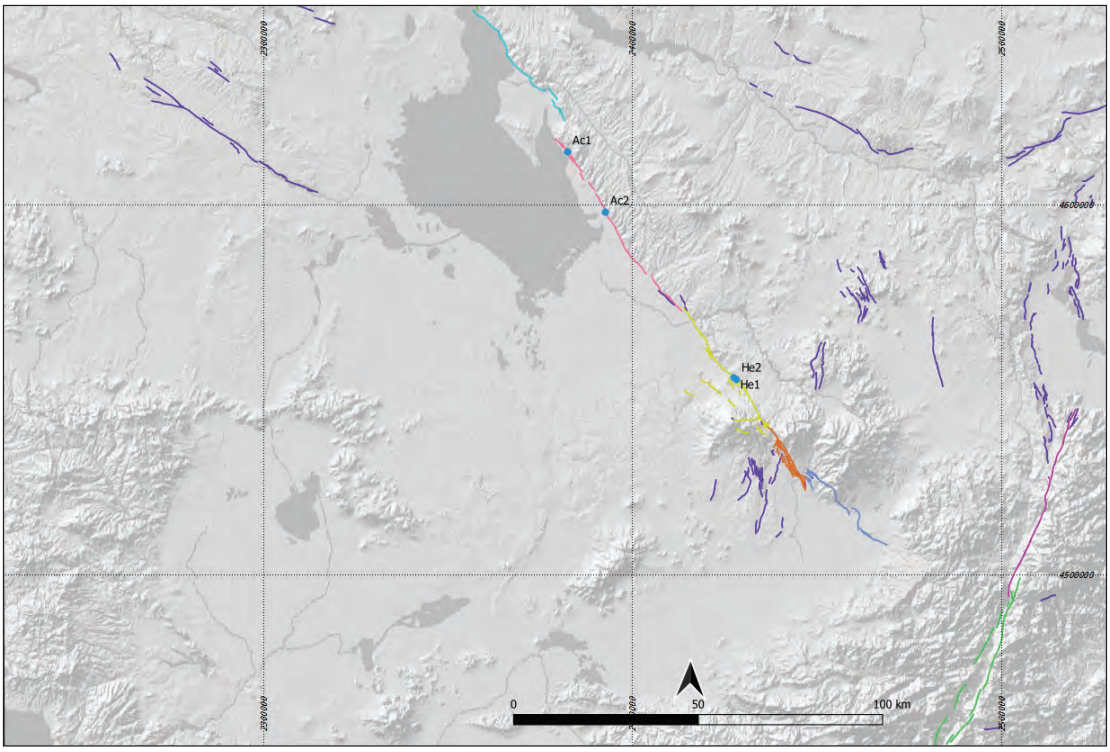
Çizelge 7- DAFS boyunca göllerden alınan sediman karotlarının paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
185	DAFS	Palu	Hazar Gölü	Pa1	39,53072	38,53218	5	1680	1940	1874		7,1		100-360		Çetin vd. (2003)
186									1420	1513		7,4		100-360		
187									400	450				100-360		
188										150				100-360		
189										-3620				100-360		
190		Pazarcık	Balkar	Pz1	37,56969	37,73666	5	900	1200	1114	60			1000-1200		Karabacak vd. (2012)
191								-420	-200		40			1000-1200		
192										-1800				1000-1200		
193								-2800			80			1000-1200		
194										-8500	60			1000-1200		
195			Nacar	Pz2	37,32592	37,58721	3	900	1200	1114	60			1000-1200		
196								300	399					1000-1200		
197									-1000					1000-1200		
198			Tevekkeli	Pz3	36,98811	37,453574	5	1500	1600	1513	40			1200-1300		
199								200	250		70			1200-1300		
200								-4000	-3000		80			1200-1300		
201								-5400	-5000					1200-1300		
202								-8000	-7500		35			1200-1300		
203			Imalı	Pz4	36,78698	37,36097	2		-100							
204																
205		Toprakkale	Toprakkale	To1	36,14924	37,08404	2	425	570	524	40					
206								-1900	400	-1000	60					
207		Yumurtalık	İncirli	Yu1	35,96248	36,9145	2		-544	-1000	60					
208								-7292	-2814							
209	Ölü Deniz	Hacıpaşa	Demirköprü	Ha1	36,35586	36,24927	2	1470		1872						Altunel vd. (2009)
210									1442	1408						
211				Ha2	36,35588	36,2477	2	1801	1940	1872						
212										1408						
213			Ziyaret	Ha3	36,3653	36,16881	2	1650		1872				464-549		Akyüz vd. (2006)
214								1310	1442	1408	20			464-549		
215			Yazlık	Ha4	36,36279	36,12799	2	1310	1426	1408	20			464-549		
216									1390	859				464-549		
217			Harabe	Ha5	36,33669	36,0071	2	1019		1408				464-549		
218									1019					464-549		

yalnızca bir hendek çalışması yapılmıştır. Lokasyon ve sonuçlar şekil 7 ve çizelge 8'de verilmiştir.

2.4. Batı Anadolu'da Horst-Graben Sisteminde Yapılmış Paleosismoloji Çalışmaları

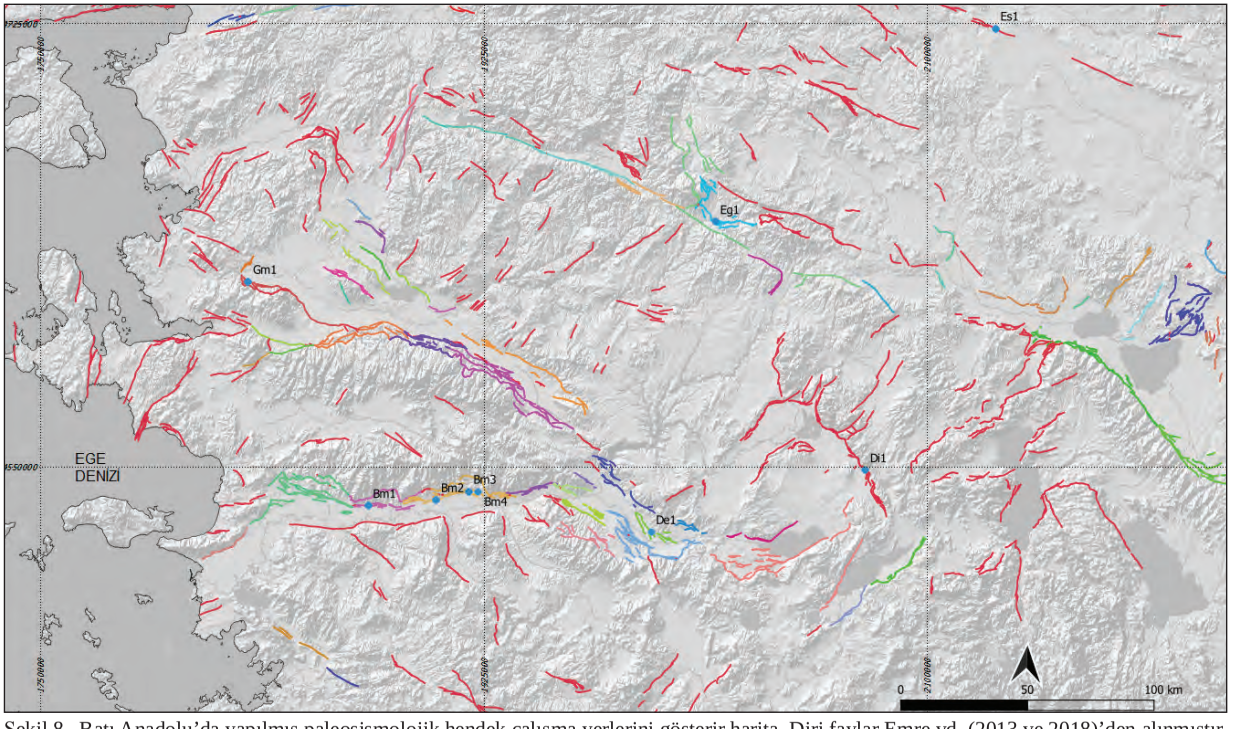
Batı Anadolu, dünyada kıta içi genişlemenin görüldüğü en önemli alanlardan biridir. Bu genişleme hareketi, normal faylarla sınırlanan bir dizi horst-graben yapısını oluşturmaktadır. Son deprem faaliyetleri, bölgenin deprem potansiyelini oldukça açık bir şekilde göstermektedir (Tan vd., 2008; Kalafat vd., 2011; Kadirioğlu vd., 2018). Paleosismoloji çalışmaları, sismik olarak aktivitesi yüksek olan alanlarda daha önemli olsa da, Batı Anadolu'da radyometrik tarihleme sonuçları bulunan sadece 23 hendek çalışması bulunmaktadır (Şekil 8 ve çizelge 9).



Şekil 7- Orta Anadolu'da yapılmış paleosismolojik hendek çalışma yerlerini gösterir harita. Diri faylar Emre vd. (2013 ve 2018)'den alınmıştır. Bu çalışmalara ait öznitelik bilgileri çizelge 8'de sunulmuştur. Fay renklendirmesi segment ayrımı için kullanılmıştır.

Çizelge 8- Orta Anadolu'da yapılmış hendek çalışmalarına ait paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
219	Tuz Gölü	Acıpınar	Tuzgölü	Ac1	33,64574	38,78449	4	-2130	-1660				0,05			Kürçer vd. (2011)
220								-9630	-4940							
221								-21980	-16580							
222								-32590	-25410							
223			Altınkaya	Ac2	33,76614	38,63866	3	-7190	-1990				0,05			
224								-11310	-7190							
225								-24540	-16010							
226		Helvadere	Duru	He1	34,1696	38,23969	3	-1360	1950				0,03	4664		
227								-10550	-3600							
228								-27640	-14710							
229			Bağlarkayası	He2	34,17942	38,23503	2	-3710	-580				0,03	4664		Kürçer vd. (2011)
230								-8460	-7700							



Şekil 8- Batı Anadolu'da yapılmış paleosismolojik hendek çalışma yerlerini gösterir harita. Diri faylar Emre vd. (2013 ve 2018)'den alınmıştır. Bu çalışmalara ait öznitelik bilgileri çizelge 9'da sunulmuştur. Fay renklendirmesi segment ayrımı için kullanılmıştır.

Çizelge 9- Batı Anadolu'da yapılmış hendek çalışmalarına ait paleosismoloji kataloğu.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
231	Manisa	Gediz - Manisa	Trench1-2	Gm1	27,3129506	38,6189389	4			926						Özkaymak vd. (2011)
232										1595						
233										1664						
234										1845						
235	Büyük Menderes - Umurlu	Büyük Menderes - Umurlu	Umurlu	Bm1	27,93353	37,85839	4	1668		1899						Altunel vd. (2009)
236								1488	1668	1653						
237									1441							
238								732	1190							

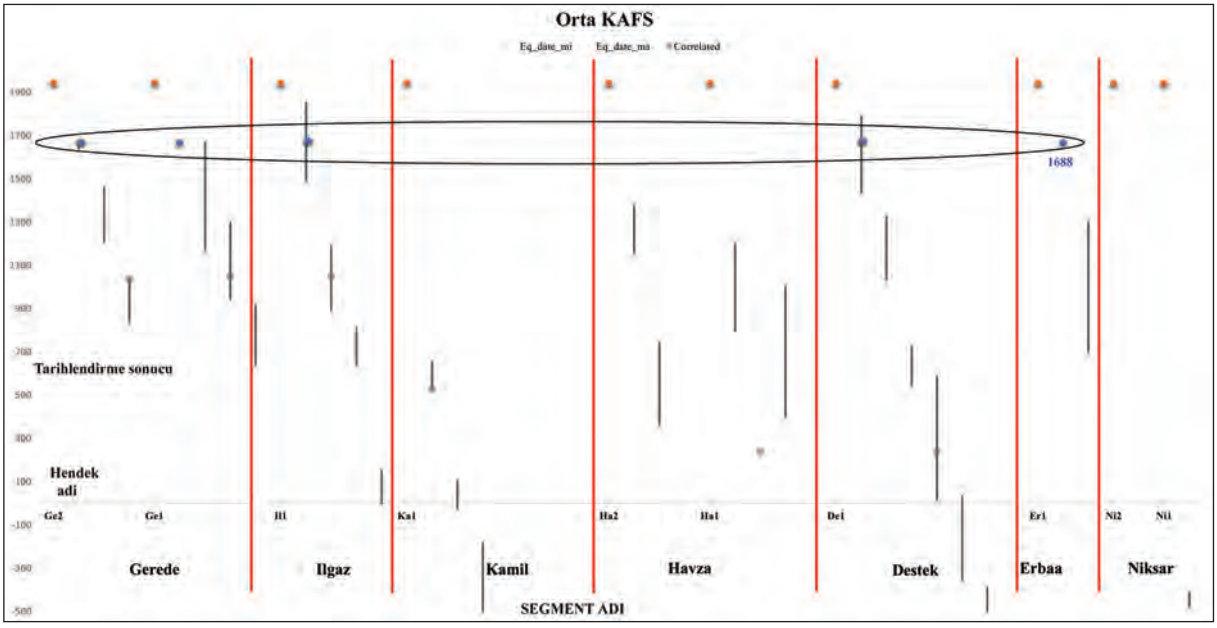
Çizelge 9- devam.

No	Fay adı	Segment adı	Hendek ismi	Hendek kodu	Boylam	Enlem	Event_T	Eq_date_min	Eq_date_max	Corr	Rptr_L	Rptr_M	Slip_R	Rec_Int	Last_rup	Kaynak
239	Büyük Menderes - Atca	Büyük Menderes - Atca	Atca	Bm2	28,23628	37,89711	3	721								Altunel vd. (2009)
240								353	721							
241								141	353							
242			Nazilli	Bm3	28,37878	37,93538	4			1653						
243									1017							
244								545	595							
245								17	220							
246				Bm4	28,42102	37,9378	1		597							
247	Denizli	Denizli	Kocadere	De1	29,2092706	37,83614272	1	-584								Meriç vd. (2006)
248	Erdoğmuş	Gediz	Erdogmus1	Eg1	29,41141	38,95168	2			1970						Gürboğa (2011, 2013)
249								990	1020							
250	Dinar	Dinar	NA	Di1	30,15391	38,09996	2			80			1	1500	1995	Altunel vd. (1999)
251								-1500	53	-1500			1	1500	1995	
252	Eskişehir	Eskişehir	Kanlıpınar	Es1	30,64542	39,69331	3	1280	1320			6,5				Kürçer vd. (2012)
253								-390	20			6,5				
254								-810	-770			6,5				

3. Tartışma

Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtlarından da anlaşılacağı gibi, önceki tüm araştırmalar KAFS'nin son yüzyıllarda birçok yıkıcı deprem ürettiğini ve aktivitesinin çok yüksek olduğunu doğrulamaktadır (Tan vd., 2008; Kalafat vd., 2011; Kadirioğlu vd., 2018). İşte bu nedenle, bu çalışma sonucunda elde edilmiş olan paleosismoloji kataloğunun en önemli kullanımın yöntemine ilişkin olarak KAFS'ne odaklanılmıştır. Literatürden de bilindiği gibi (Barka ve KadinskyCade, 1988; Crone ve Hailer, 1991; Knuepfer vd., 1989; Wheeler, 1987; dePolo vd., 1989; Crone ve Hailer, 1991), aktif faylara ait sismik ve geometrik sınıflama halen tartışılmaktadır.

Herhangi bir faya ait segment veya segmentin bir kısmı aktif hale gelir ve bir deprem üretirse, sismik segment olarak adlandırılmaya başlar. Bu tanımlama farklı segmentlerdeki yıkıcı tarihsel olayların varlığı hakkında bazı tereddütler yaratabilmektedir. Yıkıcı depremler için KAFS boyunca benzer tartışmalı segmentler bulunmaktadır. Bu nedenle Emre vd. (2013 ve 2018)'nin önermiş olduğu geometrik segmentasyon bu makalede altlık olarak kullanılmıştır. Böylelikle, depremlerin derlenmesi ve kataloglarda kullanılması bilimsel uygulamalar için çok etkin olacaktır. Paleoeosismoloji çalışmalarından elde edilen radyokarbon tarihlendirmesi, her zaman yıkıcı depremlerle ilgili güvenilir bir veriye erişilmesine izin vermeyebilir. Bununla birlikte, çoğu aktif faylar boyunca yapılmış sistematik hendek çalışmaları bu tür problemlerin aşılabileceğini göstermektedir ve sonuçların güvenilirliği artmaktadır. Örneğin, 1688 çok yıkıcı bir depremdi. KAFS boyunca farklı segmentlerde açılan hendekler sayesinde araştırmacılar bu depremi belirleyip başarıyla tarihlendirmişlerdir. Ancak asıl soru, hangi segmentlerin bu deprem sırasında aktif hale geldiği idi. İşte bu tür durumlarda, katalog verisinin değerlendirilmesi, benzer sorulara cevap vermemizi sağlayabilir. Yapılan çalışmalarda Erbaa, Destek, Ilgaz ve Gerede segmentlerinde 1688 depreminin izlerine rastlanmıştır. Öte yandan, Destek ile Ilgaz havzaları arasında bulunan Havza ve Kamil segmentleri boyunca açılan hendeklerde 1688 depreminin kaydedilmediği tespit edilmiştir (Şekil 9). Bu çerçevede, 1688'de farklı kesimlerde iki olay yaşanmış mıydı, yoksa 1688 deprem etkinliği Destek ve Ilgaz kesimlerinde belirlenemedi mi? Özetle, bu katalog böyle bir tartışma yapmak ve bunları bilimsel yollarla çözmeye çalışmak gerektiğinde önemli veriler sağlayacaktır.



Şekil 9- Grafik, KAFS'nin orta kesminde yapılmış olan hendek çalışmalarında elde edilen tarihsel deprem bilgilerinin karşılaştırılması amacıyla örnek olarak hazırlanmıştır. Kırmızı düşey çizgiler segment sınırlarını göstermektedir. 1688 depremi KAFS'ın bu bölümü için hangi fayda yüzey kırığı oluşup oluşmadığı konusunda tartışmalı bir depremdir.

4. Sonuç

Bu katalog çalışması için 2012 yılından önce yapılmış olan ulusal ve uluslararası yayınlar derlenmiş, bunun sonucunda 250 adet hendek (karada) ve 49 adet sediman karotu çalışmasına (deniz ve göl karotları) ait veri seti değerlendirilerek paleosismoloji kataloğu haline getirilmiştir. Bu katalog kapsamında sadece hendek ve karot koordinatları bilinen, tarihlendirme sonuçları elde edilmiş ve tekrarlanma aralığına ilişkin yaklaşımlara sahip çalışmalar değerlendirilmiştir. Tüm örnek noktalarının aynı standarda sahip olabilmesi amacıyla tüm hendek ve karotlar WGS84 datumuna göre tekrar yerleştirilmiştir.

Türkiye genelinde bir değerlendirme yapılacak olursa, KAFS'nin bazı kısımları hariç literatürde aktif faylar üzerinde bulunan paleosismolojik çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bazı araştırmalarda hendek çalışmaları yapılmış olmasına rağmen, hendek lokasyonu, tekrarlanma aralığı ve tarihlendirme gibi bilgiler bulunmamaktadır. Bu katalogda özellikle literatürdeki bilgi eksikliği sebebiyle derlemeye dahil edilmeyen çalışmalar bulunmasına rağmen, tüm Türkiye'yi kapsayan paleosismolojik verileri içeren ilk katalogdur. Bu derlemenin, daha fazla paleosismolojik çalışma veya sismik risk analizi yapmak isteyen araştırmacılar için çok yararlı olacağına inanmaktayız.

KAFS, DASF, Batı ve Orta Anadolu'da yapılmış olan hendek çalışmaları karşılaştırıldığında; paleosismolojik çalışmaların Orta Anadolu'da çok sınırlı olduğunu görülmektedir (Tan vd., 2008). Bu sonuç bölgedeki depremlerin çok uzun tekrarlanma aralıklarıyla ilişkilendirilebilir. Bu değerlendirme ancak gelecekte hendek çalışmalarında ortaya çıkacak sonuçlar ile gerçeklik kazanabilecektir. Fay segmentleri ve yıkıcı depremler arasındaki karşılaştırmalar, bu çalışmada sunulan Elektronik Yardımcı Veri seti sayesinde kolaylıkla yapılabilecektir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, literatürde bulunan hendek verilerinin seçilmesi sonucu derleme makale olarak hazırlanmıştır. Değerlendirme aşamasında yapmış oldukları eleştiriler ve katkılar nedeniyle sayın hakemler Hasan Sözbilir, Selim Özalp ve diğer isimsiz hakeme teşekkür ederiz. Eleştiri ve önerileri sayesinde makale önemli ölçüde gelişmiştir. Ayrıca uzun değerlendirme süreci nedeniyle makale üzerinde zaman harcayan Editör Yardımcısı Ayhan Ilgar'a da teşekkür etmek isteriz.

Değinilen Belgeler

AHEAD, 2018. https://www.emidius.eu/AHEAD/query_event/.

Akyüz, H.S., Altunel, E., Karabacak, V., Yalçıner, C.Ç. 2006. Historical earthquake activity of the northern part of the Dead Sea Fault Zone, southern Turkey. Tectonophysics, 426, 281 – 293.

Akyüz, H.S., Karabacak, V., Zabcı, C., Altunel, E., Gürsoy, H., Tatar, O. 2009. Paleoseismic Trenching on 1939 Erzincan and 1942 Niksar-Erbaa Earthquake Surface Ruptures, the North Anatolian Fault (Turkey). Geophysical Research Abstracts EGU General Assembly 11, EGU2009-12152.

Altunel, E., Barka, A.A., Akyüz, S. 1999. Paleoseismology of Dinar fault, SW Turkey. Terra Nova, 11, 297–302.

Altunel, E., Meghraoui, M., Karabacak, V., Akyüz, H.S., Ferry, M., Yalçıner, C.Ç., Munschy, M. 2009. Archaeological sites (Tell and Road) offset by the Dead Sea Fault in the Amik Basin, Southern Turkey. Geophy J Int, 179, 1313 – 1329.

Ambraseys, N.N., Jackson, J.A. 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the eastern Mediterranean region. Geophysical Journal International, 133, 390–406.

Arpat, E., Şaroğlu, F. 1972. The East Anatolian Fault System; Thoughts on its Development. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 78, 33 – 39.

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

Bertrand, S., Doner, L., Akçer, S., Sancar, Ü., Schudack, U., Mischke, S., Çağatay, M.N., Leroy, S.A. 2011. Sedimentary record of coseismic subsidence in Hersek coastal lagoon (İzmit Bay, Turkey) and the late Holocene activity of the North Anatolian Fault. Geochemistry, Geophyics, Geosystems, 12 (6), 1-17.

Crone, A. J., Hailer, K. M. 1991. Segmentation and the coseismic behavior of Basin and Range normal faults: examples from eastcentral Idaho and southwestern Montana, U.S.A.J. Struct. Geol. 13, 151-164.

Çağatay, M.N., Erel, L., Bellucci, L.G., Polonia, A., Gasperini, L., Eriş, E., Sancar, Ü., Biltekin, D., Uçarkuş, G., Ülgen, U.B., Damcı, E. 2012. Sedimentary earthquake records in the İzmit Gulf, Sea of Marmara, Turkey. Sedimentary Geology, 282, 347-359.

Çetin, H., Güneyli, H., Mayer, L. 2003. Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 374, 163 – 197.

dePolo, C.M., Clark, D.G., Slemmons, D.B., Aymard, W.H. 1989. Historical Basin and Range province surface faulting and fault segmentation. U.S. geol. Surv. Open-file Rep. 89-315, 131-163

Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C. 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. In: Coward, M.P. and Ries, A.C (Eds.), Collision Tectonics. Geological Society, London, Special Publications, 19, 1-36.

Dikbaş, A., Akyüz, H.S. 2010. KAF Zonu üzerinde İzmit-Sapanca Gölü segmentinin fay morfolojisi ve paleosismolojisi". İTÜ Dergisi, 3, 141 – 152.

Dikbaş, A., Akyüz, H.S., Gutsuz, P., Zabcı, C,. Sancar, T., Karabacak, V. 2009. Palaeoseismology of Karadere Segment (Between Akyazı-Gölyaka) on the Western Part of the North Anatolian Fault. 62nd Geological Assembly of Turkey, 13−17 April 2009, pp. 1017.

Dirik, K., Belindir, F., Özsayın, E., Kutluay, A. 2008. Yenice-Gönen Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi. TUJJB-UDP Project.

Duman, T.Y., Emre, Ö. 2013. The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. Geol. Soc. (London) Spec. Publ., 372, 495-529.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Toda, S., Okuno, M., Doğan, A., Özalp, S., Tsutsumi, H., Tokay, F., Haraguchi, T., Kondo, H., Sugito, N., Nakamura, T. 2001. Paleoseismologic findings on the Düzce Fault: North Anatolian Fault Zone, NW Turkey. EOS Transactions. American Geophysical Union 82, 47, S52C-0651.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası Ölçek 1/1.125.000: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayın Serisi 30. ISBN: 978-605- 5310-56-1.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. 2018. Active fault database of Turkey. Bulletin of Earthquake Engineering, 16 (8), 3229-3275, doi: 10.1007/s10518-016-0041-2.

Fraser, J.G. 2009. Four new paleoseismic investigations on the North Anatolian Fault, Turkey, in the context of existing data, Ph.D. thesis, Univ. Libre de Bruxelles, Belgium, Brussels, pp. 284 pp.

Fraser, J., Pigati J.S., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Avşar, U., Altınok, S. 2009. A 3000-year record of groundrupturing earthquakes along the Central North natolian Fault near Lake Ladik, Turkey. Bull. of the Seis. Soc. of America, 99, 2681 – 2703.

Fraser, J.G., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Altınok, S., Drab, L. 2010. A Relict Paleoseismic Record of Seven Earthquakes between 600 AD and 2000 BC on the Central North Anatolian F ault at Elmacik, near Osmancik, Turkey. Bull. of the Seis. Soc. of America, 122, 11/12 1830–1845.

Fraser, J.G., Hubert-Ferrari, A., Verbeeck, K., Garcia-Moreno, D., Avşar, U., Maricq, N., Coudijzer, A., Vlamynck, N., Venneste, K. 2012. A 3000-year record of surface-rupturing earthquakes at Günalan: variable fault-rupture lengths along the 1939 Erzincan earthquake-rupture segment of the North Anatolian Fault, Turkey. Ann. Geophys., 55(5), 895–927.

Gürboğa, Ş. 2011. Neo- and Seismo-Tectonic Characteristics of the Yenigediz (Kütahya) Area. Midlle East Technical Unversity, PhD Thesis, 314 p, Ankara.

Gürboğa, Ş. 2013. 28 March 1970 Gediz earthquake fault, western Turkey: palaeoseismology and tectonic significance, International Geology Review, 55,10, 1191-1201, DOI: 10.1080/00206814.2013.771420.

Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Akyüz, H.S., Yerli, B. 2003. A 2000-year-long paleoseismologic record of earthquakes along the central North Anatolian Fault, from trenches at Alayurt, Turkey. Bull. of the Seis. Soc. of America, 93, 1935 – 1954.

Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Kozacı, Ö., Akyüz, H.S., Seitz, G.G. 2006. A 2500-yr-long paleoseismologic record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian fault at Çukurçimen, Turkey. Bull. of the Seis. Soc. of America, 118, 823 – 840.

Hempton, M.R., Dewey, J.F. 1981. Structure and tectonics of the Lake Hazar pull-apart basin, SE Turkey. EOS Transactions, American Geophysical Union 62, pp. 1033.

Hubert-Ferrari, A., Lamair, L., Hage, S., Avşar, U., El Ouahabi, M., Çağatay, M. 2005. Paleoseismological record of the Hazar Lake along the East Anatolian Fault (Turkey). Geophysical Research Abstracts EGU.

Hubert-Ferrari, A, Avşar, U.,, El Ouahabi, M., Lepoint, G., Martinez, P., Fagel, N. 2012. Paleoseismic record obtained by coring a sag-pond along the North Anatolian Fault (Turkey). Annals of Geophysics, 55, 5.

Ikeda, Y., Suzuki, Y., Herece, E., Şaroğlu, F., Işıkara, A.M., Honkura, Y. 1991. Geological evidence for the last two faulting events on the North Anatolian fault zone in the Mudurnu Valley, western Turkey. Tectonophysics, 193(4), 335–345.

Jackson, J., McKenzie, D.P. 1984. Active tectonics of the Alpine–Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophy. Jour. of Royal Astronomical Soc., 77, 185-264.

Kadirioğlu, F.T., Kartal, R.F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T.Y., Eroğlu Azak, T., Özalp, S., Emre, Ö. 2018. An Improved earthquake catalogue (M≥4.0) for Turkey and its near vicinity (1900–2012). Bull. Earthq. Eng., 16, 3317–3338.

Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yılmazer, M. 2011. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010; M ≥ 4.0). Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 1049, 640p., Bebek-İstanbul.

Karabacak, V., Akyüz, H.S., Kıyak, N.G., Altunel, E., Meghraoui, M., Yönlü, Ö. 2012. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı (Adıyaman) ile Karataş (Adana) arasındaki kesiminin geç Kuvaterner aktivitesi. Tübitak Project, 109Y043.

Klinger, Y., Sieh, K., Altunel, E., Akoğlu, A., Barka, A.A., Dawson, T.E., Gonzalez, T., Meltzner, A.J., Rockwell, T.K. 2003. Paleoseismic evidence of characteristic slip on the western segment of the North Anatolian Fault, Turkey. Bull. Seismol. Soc. Am., 93(6), 2317–2332.

Knuepfer, P. L. K. 1989. Implications of the characteristics of endpoints of historical surface fault ruptures for the nature of fault segmentation. U.S. geol. Surv. Open-file Rep. 89-315, 193-228.

Kondo, H., Özaksoy, V., Yıldırım, C., Awata, Y., Emre, Ö., Okumura, K. 2004. 3D trenching survey at Demir Tepe site on the 1944 earthquake rupture, North Anatolian fault system, Turkey. Japanese No. 4, p. 231-242.

Kondo, H., Özaksoy, V., Yıldırım, C. 2010. Slip history of the 1944 Bolu-Gerede earthquake rupture along the North Anatolian fault system: implications for recurrence behavior of multisegment earthquakes. J. Geophys. Res., 115(B4),1–16.

Kozacı, Ö., Dolan, J.F., Yönlü, Ö., Hartleb, R.D. 2011. Paleoseismologic evidence for the relatively regular recurrence of infrequent, large-magnitude earthquakes on the eastern North Anatolian fault at Yaylabeli, Turkey. Lithosphere, 3(1), 37–54.

Kürçer, A. 2012. Neotectonic Characteristics and Paleoseismology of Tuz Gölü Fault Zone, Central Anatolia, Turkey. Ankara University, PhD Thesis 289p, Ankara.

Kürçer, A., Chatzipetros, A., Tutkun, S.Z., Pavlides, S., Ateş, O., Valkaniotis, S. 2008. The Yenice-Gönen active fault (NW Turkey): active tectonics and palaeoseismology. Tectonophysics, 453(1–4), 263 – 275.

Kürçer, A., Kondo, H., Özalp, S., Emre, Ö. 2009. Paleoseismological findings on the western portion of the surface rupture associated with 1942 Erbaa-Niksar earthquake, North Anatolian fault system, Turkey. EGU General Assembly – Geophysical Research Abstracts, Vienna.

Kürçer, A., Gökten, Y.E., Yeleser, L. 2011. Tuzgölü Fay Zonu Üzerinde Paleosismolojik Hendek Çalışmaları, Orta Anadolu, Türkiye. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 15. Toplantısı (ATAG-15), Bildiri Özleri Kitabı, pp. 13-14. 19-22 Ekim 2011, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Mühendisligi Bölümü, Adana.

Kürçer, A., Chatzipetros, A., Pavlides, S., Syrides, G., Vouvalidis, K., Ateş, Ö., Levent, Y. 2012. An Assessment of the Earthquakes of Ancient Troy, NW Anatolia, Turkey. In: E. Sharkov (Hrsg.), Tectonics - Recent Advances, InTech (2012). Doi: 10.5772/48471.

Leroy, S., Kazancı, N., İleri, Ö., Kibar, M., Emre, Ö., McGee, E., Griffits, H.I. 2002. Abrupt environmental changes within a late Holocene lacustrine sequence south of the Marmara Sea (Lake Manyas, N-WTurkey): possible links with seismic events. Marine Geology, 190, 531-552.

Lovelock, P.E.R. 1984. A review of the tectonics of the northern Middle East region. Geol Mag 121: 577 – 587.

McHugh, C.M.G., Seeber, L., Cormier, M.H., Dutton, J., Çağatay, M.N., Polonia, A., Ryan, W.B.F., Görür, N. 2006. Submarine earthquake geology along the North Anatolia Fault in the Marmara Sea, Turkey: A model for transform basin sedimentation. Earth and Planetary Science Letters, 248,661–684.

Meghraoui, M., Aksoy, M.E., Akyüz, H.S., Ferry, M., Dikbaş, A., Altunel, E. 2012. Paleoseismology of the North Anatolian Fault at Güzelköy (Ganos segment, Turkey): size and recurrence time of earthquake ruptures west of the Sea of Marmara. Geochem Geophys Geosyst 13: Q04005.

Meriç, N., Demirtaş, R., Atlıhan, A., Erkmen, C., Yaman, M., Eravcı, B., Tepeuğur, E., Aktan, T. 2006. Büyük Menderes Paleosismolojisi Kapsamında Bölgedeki Diri Fayların Yaş tayinine ön çalışma olarak, Fay Zonların Alınan Numunelerin OSL Metodu ile Paleodoz Miktarının Tayini. Tübitak Project 105Y006.

Muehlberger, W.R., Gordon, M.B. 1987. Observations on the complexity of the East Anatolian fault, Turkey. J. Struc. Geol., 9 (7), 899 – 903.

Okumura, K., Yoshioka, T., Kuşçu, İ., Nakamura, T., Suzuki, Y. 1994. Recent surface faulting on the North Anatolian Fault East of Erzincan Basin, Turkey – a trenching survey. Summaries of Researches using AMS at Nagoya University (in Japanese with English Abstract).

Okumura, K., Awata, Y., Duman, T.Y., Tokay, F., Kuşçu, İ., Kondo, H. 2002. Rupture History of the 1944 Bolu-Gerede Segment of the North Anatolian Fault: Gerede-Ardıçlı Trench Re-excavated. American Geophysical Union, Fall Meeting 2002, abstract id. S11B-1155.

Okumura, K., Rockwell, T.K., Duman, T.Y., Tokay, F., Kondo, H., Yıldırım, C., Özaksoy, V. 2003. Refined slip history of the North Anatolian Fault at Gerede on the 1944 rupture. EOS Transactions AGU, San Francisco.

Özaksoy, V., Emre, Ö., Yıldırım, C., Doğan, A., Özalp, S., Tokay, F. 2010. Sedimentary Record of Late Holocene Seismicity and uplift of Hersek restraining-bend along the North Anatolian Fault in the Gulf of İzmit, Tectonophysics 487, 1-4, 33-45.

Özalp, S., Doğan, A., Emre, Ö. 2003. The last two faulting events on the southern strand of the North Anatolian fault zone, NW Turkey. EOS Transactions, AGU.

Özalp, S., Emre, Ö., Doğan, A. 2013. The Segment Structure of Southern Branch of The North Anatolian Fault and Paleoseismological Behaviour of The Gemlik Fault, NW Anatolia. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 147: 1 – 17.

Özkaymak, Ç., Sözbilir, H., Uzel, B., Akyüz, H.S. 2011. Geological and Palaeoseismological Evidence for Late Pleistocene−Holocene Activity on the Manisa Fault Zone, Western Anatolia. Turkish J. Earth Sci., 20, 449 – 474.

Palyvos, N., Pantosti, D., Zabcı, C., D'Addezio, G. 2007. Paleoseismological evidence of recent earthquakes on the 1967 Mudurnu valley earthquake segment of the North Anatolian Fault Zone. Bull. Seismol. Soc. Am., 97(5), 1646 – 1661.

Pantosti, D., Pucci, S., Palyvos, N., Martini, P.M.D., D'Addezio, G., Collins, P.E.F., Zabcı, C. 2008. Paleoearthquakes of the Düzce fault (North Anatolian Fault Zone): insights for large surface faulting earthquake recurrence. J. Geophys. Res., 113, B01309.

Pavlides, S.B., Chatzipetros, A., Tutkun, Z.S., Özaksoy, V., Doğan, B. 2006. Evidence for late Holocene activity along the seismogenic fault of the 1999 İzmit earthquake,NW Turkey. Geol. Soc. Spl. Publ., 260, 635 – 647.

Pavlides, S., Tutkun, S.Z., Chatzipetros, A., Michailidou, A., Sboras, S., Syrides, G., Valkaniotis, S., Vouvalidis, K., Zervopoulou, A., Doğan, B., Özaksoy, V., Kürçer, A., Özden, S., Ateş, Ö., Ulugergerli, E.U., Bekler, T., Ekinci, Y.L., Demirci, A., Şengül, E., Elbek, Ş., Gündoğdu, E., Köse, K. 2009. Hidden Earthquakes in the Gölcük-Kavaklı, Yenice-Gönen and Troy Faults, Palaeoseismological and Archaeoseismological Approach. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Atag 13. Çalıştayı 08-11 Ekim 2009, Çanakkale.

Perinçek, D., Çemen, İ. 1990. The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zone in south-eastern Turkey. Tectonophysics, 172, 331 – 340.

Polat, A., Tatar, O., Gürsoy, H., Karabacak, V., Zabcı, C., Sançar, T. 2012. Paleoseismological Findings on the Ortakoy-Suşehri Segment of the 1939 Erzincan Earthquake Surface Rupture, North Anatolian Fault Zone. Geological Bulletin of Turkey, 55.

Rockwell ,T., Barka, A., Dawson, T., Akyüz, S., Thorup, K. 2001*a*. Paleoseismology of the Gazikoy-Saros segment of the North Anatolia fault, northwestern Turkey: comparison of the historical and paleoseismic records, implications of regional seismic hazard, and models of earthquake recurrence. J. Seismol., 5(3), 433 – 448.

Rockwell, T., Seitz, G., Langridge, R., Barka, A., Meltzner, A.J., Klinger, Y., Regona, D., Meghraoui, M., Ferry, M. 2001*b*. Paleoearthquake History of the North Anatolian Fault, Western Turkey: An Investigation into the Nature of Earthquake Recurrences as Revealed by Precise Stratigraphic and Historical Records. Geological Society Technical Report.

Rockwell, T., Regona, D., Seitz, G., Langridge, R., Aksoy, M.E., Uçarkuş, G., Ferry, M., Meltzner, A.J., Meghraoui, M., Satır, D., Barka, A., Akbalık, B. 2009. Palaeoseismology of the North Anatolian Fault near the Marmara Sea: Implications for fault segmentation and seismic hazard, in Palaeoseismology: Historical and Prehistorical Records of Earthquake Ground Effects for Seismic Hazard Assessment, edited by K. Reicherter, A. M. Michetti, and P. G. Silva. Geol. Soc. Spec. Publ., 316(1), 31–54.

Sancar, T., Akyüz, H.S. 2007. Preliminary Investigations on Geomorphological and Paleoseismological Studies on Yedisu Seismic Gap, North Anatolian Fault Zone, Eastern Turkey. Geophysical Research Abstracts EGU 9.

Sarı, E., Çağatay, M.N. 2006. Turbidites and their association with past earthquakes in the deep Çınarcık Basin of the Marmara Sea. Geo-Marine Letters, 26 (2), 69-76.

Sugai, T., Emre, O., Duman, T.Y., Yoshioka, T., Kuşçu, İ. 1999. Geologic evidence for five large earthquakes on the North Anatolian Fault at Ilgaz, during the last 2000 years; a result of GSJ-MTA international cooperative research. Paper presented at the paleoseismology workshop.

Sugai, T., Awata, Y., Toda, S., Emre, Ö., Doğan, A., Özalp, S., Haraguchi, T., Kinoshita, H, Takada, K., Yamaguchi, M. 2001. Paleoseismic Investigation of the 1999 Düzce Earthquake Fault at Lake Eft eni, North Anatolian Fault System, Turkey. Annual Report on Active Fault and Paleoearthquake Researches 1. Active Fault Research Center, Tsukuba, Japan.

Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ. 1992. Active Fault Map of Turkey, 1:2,000,000 Scale. Mineral Research and Exploration Institute of Turkey (MTA) Publications, Ankara.

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, Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation. Soc. Econ. Paleont. Min. Spec. Pub. 37 (in honor of J.C. Crowell), 227-264.

Tan, O.M., Tapırdamaz, C., Yörük, A. 2008. The earthquake catalogues for Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, 17, 405–418.

Westaway, R. 1994. Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. J. of Geophy. Research, 99, 12071–12090.

Wheeler, R.L. 1987. Boundaries between segments of normal faults: Criteria for recognition and interpretation. U.S. geol. Surv. Openfile Rep., 87-673, 385-398.

Yoshioka, T., Kuşçu, İ. 1994. Late Holocene faulting events on the İznik-Mekece fault in the western part of the North Anatolian fault zone, Turkey. Bull. Geol. Soc. Jpn., 45(11), 677 – 685.

Yoshioka, T., Okumura, K., Kuşçu, İ., Emre, Ö. 2000. Recent surface faulting of the North Anatolian Fault along the 1943 Ladik earthquake ruptures. Bull. Geol. Survey. Jpn., 51(1), 29–35.

Yönlü, Ö., Altunel, E., Karabacak, V. 2017. Geological and geomorphological evidence for the southwestern extension of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. Earth and Planetary Science Letters, 469, 1-14.

Zabcı, C., Akyüz, H.S., Karabacak, V., Sancar, T., Altunel, E., Gürsoy, H., Tatar, O. 2011. Paleoearthquakes on the Kelkit Valley segment of the North Anatolian Fault, Turkey: implications for the surface rupture of the historical 17 August 1668 Anatolian Earthquake, Turkish J. Earth Sci., 20, 411 – 427.