

8. KAFZ'NUN YAŞI, ATIMI VE KAYMA HIZI

8.1. Genel

Sağ yönlü doğrultu atımlı özelliği ile farklı kayaç topluluklarını yanyana getiren KAFZ'nun başlangıç yaşı, kayma hızı ve toplam atım miktarı konusunda birçok araştırmacı (Ketin 1948, Pavoni 1961, Öztürk 1968, Ketin 1969, Tokay 1973, Seymen 1973, Tokay vd. 1974, Arpat ve Şaroğlu 1975, Seymen 1975, Tatar 1975, Ketin 1976, Tatar 1978, Şengör 1979, Barka 1981, Bergougnan ve Fourquin 1982, Hempton 1982, Koçyiğit 1983, Şengör vd. 1985, Barka ve Hancock 1984, Barka 1984, Koçyiğit ve Tokay 1985, Hempton 1987, Şaroğlu vd. 1987, Barka ve Gülen 1987, Şaroğlu 1988, Koçyiğit 1989, Barka ve Gülen 1989, Koçyiğit 1990, Huss 1992; Barka vd. 1992, Andrieux vd. 1995, Şaroğlu vd. 1995, Koçyiğit vd. 1995, Koçyiğit ve Beyhan 1998, Koçyiğit vd. 1999) tarafından değişik görüşler ortaya atılmıştır (çizelge 8.1).

Yapısal özellikler ile birlikte jeolojik, morfolojik ve sismolojik veriler kullanılarak fayın yaşı, toplam atımı ve etkinliği konusunda bilgiler elde edilmeye çalışılmaktadır. KAFZ, bazı bölümlerinde birkaç yüz metre, bazı bölümlerinde de 4-5 km'ye varan bir zon halinde görünmektedir. KAFZ'nun dar zon halinde izlendiği yerlerde doğrultu atımlı faylara özgün tüm morfolojik şekiller gelişmiştir. Buna karşıt, KAFZ'nun geniş zon şeklinde geliştiği kesimlerde, fay segmentlerinin sıçrama ve büküm yaptığı alanların konumlarına göre sıkışmalı veya gerilmeli bölgeler ortaya çıkmıştır. Bu özelliklere bağlı olarak, fay boyunca birkaç metreden onlarca kilometre boyutuna kadar değişen, morfolojik şekillerde sağ yönlü ötelenmeler gelişmiştir.

KAFZ ile ilgili çalışmalarda; 7.5 km'den 350 km'ye kadar değişen doğrultu atımlar belirtilmiştir (çizelge 8.1). Atımlar arasındaki farklılığın nedenlerinden birisi, fayın yaşı konusundaki farklı kabullerdir. Bazı yerlerde fay, Paleozoyik yaşlı birimler içerisinde uzanmakta, bazı yerlerde ise Alpin öncesi Kretase yaşlı filişlerin altında kaybolmaktadır. Örneğin; KAFZ, Erzincan ile Amasya arasında, Pontid ve Anatolid bloklarının çarpışması sonucu meydana gelmiş bir kenet kuşağını kesmiş ve ötelemiştir (Seymen 1975, Bergaugnan 1976).

Yukarıda sözedilen değişik araştırmacılar, KAFZ ile ilgili olarak Kretase'den Geç Pliyosen'e kadar yaşlar vermektedirler. Mevcut jeolojik veriler, fay zonunun oluşum yaşının Burdigaliyen ile Pliyosen arasında bir dönemde olduğunu göstermektedir.

Jeolojik çalışmalar, fayın ortalama yıllık kayma hızının 0.5 cm ile 0.8 cm arasında değiştiğini göstermiştir (Tokay 1973, Seymen 1975, Barka and Hancock 1984). Sismolojik verilere göre, fayın ortalama kayma hızı 1 cm ile 11 cm arasında hesaplanmıştır (Brune 1968, McKenzie 1972, Canitez 1973, Toksöz vd.1979). Toksöz vd. (1979) KAFZ'nu Anadolu ve Avrasya levhaları arasındaki sınır olarak kabul edip, bu sınır boyunca levhaların 1910-1977 yılları arasında ortalama 12 cm/yıl hızla sağ yönlü hareket gösterdiğini belirtmişlerdir.

Brune (1968) bu değerin 3.2 cm/yıl, North (1974) 11 cm/yıl ve Dewey (1976) 9 mm/yıl olduğunu öne sürmüşlerdir.

Çizelge 8.1. Değişik araştırmacıların KAFZ'nun yaşı ve toplam atım miktarı konusunda saptamaları.

Araştırmacı Adı	Yaşı	Toplam Atımı (km)	Bölge
Abdüsselamoğlu (1959)	Erken Pliyosen		Mudurnu Vadisi
Pavoni (1961)	Kretase	350-400	
Ketin (1969)	Orta Miyosen Kuvaterner	10	
Erinç (1971)	Üst Miyosen		
Tokay (1973)	Üst Miyosen	85	Gerede-Ilgaz
Tatar (1975)	Burdigaliyen-Pliyosen		Erzincan
Seymen (1973, 1975)	Orta Miyosen	50-85	
Öztürk (1976)	Üst Miyosen	80	Ladik-Destek
Barka and Hancock (1984)	Pliyosen-Pleyistosen	25	Çerkeş-Erbaa
Reches (1987)		20	Pamukova
Koçyiğit (1988, 1989, 1990)	Geç Pliyosen Pliyosen Pliyosen Pliyosen	22 35 37 32	Geyve-Mekece Suşehri Erzincan Yeniçağa-İsmetpaşa
Barka ve Gülen (1989)	Pliyosen	15-40	Erzincan
Huss (1992)		20-25	Abant Gölü
Şaroğlu (1988, 1995)	Geç Pliyosen	7.5-25	Yeniçağ-Eskipazar
Michel (1993)		25	Geyve-Mekece
Demirtaş (2000) (Bu çalışmada)	Geç Pliyosen-Alt Pleyistosen	8.5-25	Bolu Havzası

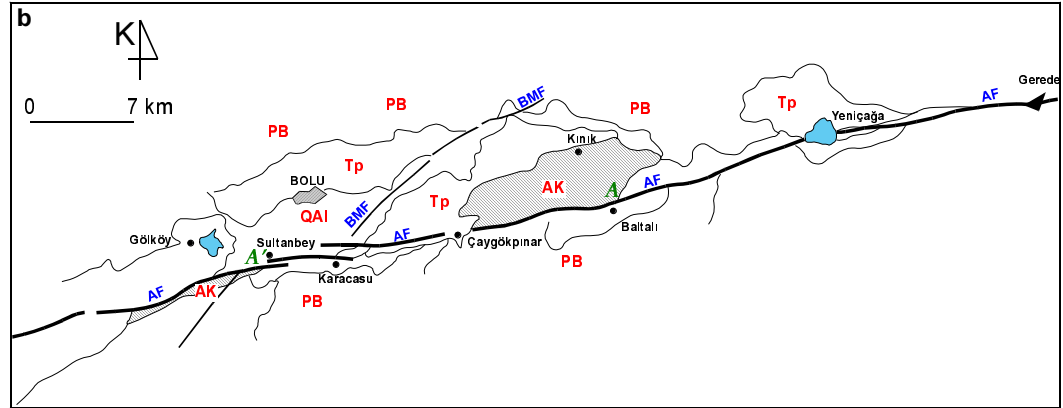
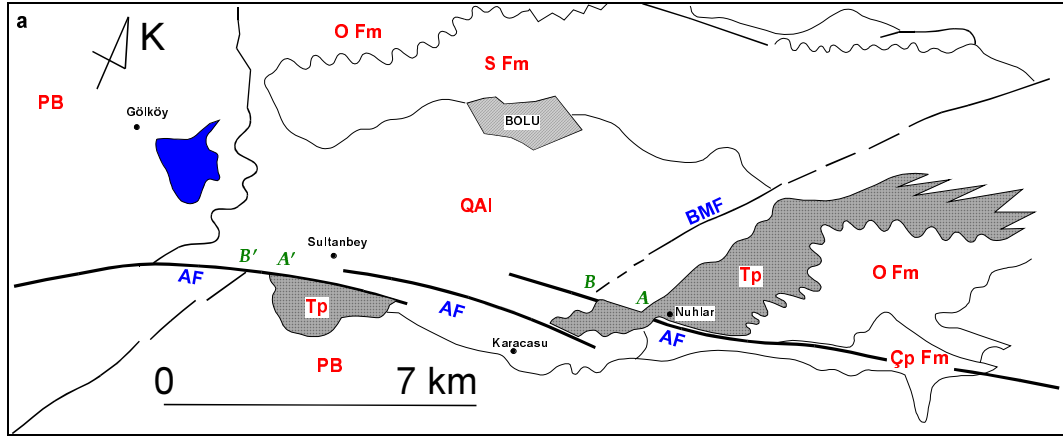
8.2. İnceleme Alanı

Şaroğlu (1988) bölgede geniş bir alanda yüzeyleyen Kızılcahamam volkanitlerinin (Koroğlu Masifi), KAFZ tarafından denetlenmediğini ve fayın Miyosen'den daha yaşlı olmadığını belirtmiştir. KAFZ'nun yaşı ve atımı hakkında Gerede ile Yeniçağa arasında toplanan veriler, fayın Kızılcahamam volkanitlerinden daha genç ve muhtemelen Üst Pliyosen yaşlı olduğunu göstermektedir. Fay, Eosen yaşlı volkanik birimleri sağ yanal olarak 25 km ötelmiştir.

Tokay (1973) KAFZ'nun Miyosen-Pliyosen sınırında veya Türkiye'deki son orojenik hareketlerin olduğu Erken Pliyosen'de oluşmuş olması gerektiğini savunmaktadır. Araştırmacı, Geç Pliyosen sırasında tansiyonel kuvvetlerin hakim olduğunu vurgulamaktadır.

Koçyiğit (1990) KAFZ'nun Gerede-Bolu segmentinin İsmetpaşa-Yeniçağa bölümü boyunca, güneyde Üst Miyosen yaşlı volkanikler ile kuzeyde Lütésiyan yaşlı volkanoklastik serinin yanyana geldiğini belirtmiştir. Araştırmacı, KAFZ'nun bu bölümünde Pliyosen yaşlı olduğunu ve Üst Miyosen yaşlı volkaniklerin dokunaklarının 32 km sağ yönlü olarak ötelendiğini ifade etmiştir.

Şaroğlu vd. (1995) inceleme alanında, KAFZ'nun etkisine bağlı olmadan gelişmiş birimlerin en gencinin Alt Eosen-Alt Lütesiyen yaşlı Taşlık ve Orta Eosen yaşlı Akçagil formasyonları olduklarını belirtmektedirler. Araştırmacılar, Alt Pliyosen yaşlı Akçaşehir formasyonuna ait birimlerdeki çökelme sırasındaki tektonik yapıların Erken Pliyosen yaşlı olduğunu ve bölgede neotektonik dönemin Erken Pliyosen'de başlamış olması gerektiğini vurgulamaktadırlar.



Şekil 8.1. a) Gerede segmentinin batı kesiminde, bu çalışmada, alt seki çökelleri (A-A' = 8.5 km; B-B' = Bolu Mengen Fayı; Alt Pleyistosen), b) Arkotdağı Karmaşığı'na ait dokunaklar (A-A' = 25 km) kullanarak saptanmış sağ yönlü yatay atım miktarları. PB: Paleotektonik Birimler, Tp: Pliyosen (alt seki çökelleri), Qal: Kuvaterner yaşlı birimler, O Fm.: Ocuklar Formasyonu, Çp Fm. : Çaygökpınar Formasyonu, S Fm. : Soku Formasyonu, BMF: Bolu-Mengen Fayı, AF: Ana Fay (KAFZ).

Platzman vd. (1994) bölgedeki aynı yapısal sisteme ait olduğu varsayılan volkanitlerde 7.5 +/-0.2 milyon yıl radyometrik yaşı elde ederek, bölgede neotektonik dönemin Orta-Üst Miyosen'de başlayabileceğini belirtmişlerdir.

Şaroğlu vd. (1995) çalışma alanının dışında, hemen doğusunda, KAFZ'nun Alt Pliyosen yaşlı Akçaşehir formasyonunu keserek ötelediğini ve KAFZ'nun bu formasyondan daha genç olması gerektiğini vurgulamışlardır. Araştırmacılar, çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşlarından oluşan karasal istifin, hem kuzey hem de güneydeki birimleri açılı uyumsuzlukla örtüğünü bildirmektedirler. Aynı araştırmacılar, inceleme alanı dışında, llgaz formasyonu (Pliyosen ?) ile üstteki genç birimler arasında bir uyumsuzluğun bulunduğunu ve KAFZ'nun bu formasyondan sonra oluşmuş olabileceğini belirtmektedir. Araştırmacılar, KAFZ'nun yaşının Geç Pliyosen, toplam atımın 30 km ve yıllık kayma hızının ortalama 1 cm'ye olduğunu ileri sürmüştür.

İnceleme alanında, fay boyunca morfolojik yapılarda metreden kilometre boyutuna kadar değişen sağ yönlü ötelenmeler gözlenmiştir. Bu çalışmada, İnceleme alanında KAFZ boyunca yüzeyleyen birimlerin fayın her iki tarafında birbirinin karşılığı olduğu düşünülen dokunaklar karşılaştırılarak atım miktarı ortaya çıkarılmıştır. Bu çalışmada, Bolu civarında, Pliyo-Kuvaterner yaşlı (?) alt-seki çökellerinin 8.5 km ve Arkotdağı Karmaşığında ait birimlerin ise 25 km civarında sağ yönde ötelendiği gözlenmiştir (Şekil 8.1a ve b).

Bu çalışmada, paleosismolojik veriler yorumlanarak KAFZ'nun yaşı, atımı ve kayma hızı konusunda bazı önemli sonuçlar ortaya konulmuştur. Bilindiği üzere, Gerede segmentinde en son 1944 depremi ($M_s = 7.3$) olmuştur. Bu depremden bir önceki benzer büyüklükteki deprem, 1668 yılında meydana gelmiştir (Ambraseys and Finkel 1988). Bu iki deprem arasında geçen süre:

$$\begin{aligned} 1944 - 1668 &= 276 \text{ yıl} \\ 1944 \text{ depremindeki en büyük sağ yönlü yatay atım miktarı} &= 350 \text{ cm} \\ 276 \text{ yılda} &\Rightarrow 350 \text{ cm atım gelişmişse;} \\ \text{yıllık kayma hızı} &= 350 / 276 = 1.27 \text{ cm/yıl elde edilir.} \end{aligned}$$

Bu çalışmada, Pliyo-Kuvaterner (?) yaşlı olarak kabul edilmiş alt seki çökellerinin 8.5 km ötelendiği saptanmıştır.

1.27 cm/yıl kayma hızı gösteren bu segmentte 8.5 km'lik atım ne kadar bir zamanda meydana gelebilir?: benzer yolu izleyerek;

$$\begin{array}{r} 1 \text{ yılda} \quad 1.27 \text{ cm ise} \\ x \text{ yıl} \quad 850 \text{ 000 cm} \\ \hline 850 \text{ 000} / 1.27 = 670.000 \text{ yıl bulunur.} \end{array}$$

Bu sonuç, alt seki çökellerindeki atımın 670.000 yıllık (Alt Pleyistosen) bir sürede olacağını ortaya koyar.

Bu çalışmada, Arkotdağı Karmaşığına ait birimlerin 25 km sağ yanal olarak ötelendiği gözlenmiştir. Bölgedeki toplam atım miktarı, bazı araştırmacılar (Koçyiğit 1989, Koçyiğit 1990, Michel 1993, Şaroğlu vd. 1995) tarafından da 30 km civarında saptanmıştır. Benzer şekilde:

$$25 \text{ km} = 2.500.000 \text{ cm} / 1.27 = 1.968.503 \text{ yıl}$$

$$30 \text{ km} = 3.000.000 \text{ cm} / 1.27 = 2.362.205 \text{ yıl}$$

Dolayısıyla bu sonuçlar KAFZ'nun Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen sırasında oluşmuş olacağını ortaya koymaktadır. Bu bulgular, yukarıda elde edilen sonuçlarla iyi bir uyumluluk sergilemektedir.

Deniz seviyesinden yüksekliği 790 m olan Üçtepeler basınç sırtının taban ve tavanı arasında 50 m civarında yükseklik farkı bulunur. Tepe üst seviyelerinde 20 m kalınlıkta Kuvaterner yaşlı akarsu çakılları yer alır. Bu durum, burada fayın en azından 70 metrelik bir düşey atım oluşturduğuna işaret eder. Öte yandan 1944 depremi, bu tepede 50 cm düşey atım meydana getirmiştir. Gerede segmentinde 1944 gibi depremlerin yinelenme aralıklarının en az 200 yıl en uzun 779 yıl ve ortalama 422 yıl olduğundan sözedilmişti. Bu yinelenme aralıklarına göre 70 metrelik atım, 28 000 yıl (2.5 mm/yıl) ya da 109 000 yılda (0.6 mm/yıl) veya 59 000 yılda (1.2 mm/yıl) oluşabilir. Bu sonuca göre; basınç sırtının Üst Pleyistosen başlarında meydana gelmiş olabileceği anlaşılmaktadır.

Diğer yandan, 1939-1967 arasında, 28 yıllık sürede 6 büyük deprem, KAFZ'nun Erzincan-Sapanca gölü arasında kalan 960 km'lik kesimini kırmış ve fay boyunca yaklaşık 14 metrelik sağ yönlü yatay atıma neden olmuştur (Ketin 1969, Ambraseys 1970). Bu durumda, 28 yılda 14 metrelik yatay atım, 50 cm/yıl gibi oldukça büyük bir kayma hızına karşılık gelir. Bu örnek, eğer KAFZ'nun tüm uzunluğu dikkate alınarak fay boyunca toplam atım ve kayma hızı hesaplanırsa, büyük hatalara neden olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle fayın tümü değil de her bir segmentin atımı ve kayma hızı ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Diğer taraftan bu sonuç, KAFZ'nun farklı segmentlerinin de farklı zamanlarda oluştuğunu ve bu nedenle farklı atım ve kayma hızları gösterebileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 8.2, KAFZ'nun 0.5 cm ile 1.3 cm arasında değişen farklı kayma hızlarına sahip farklı segmentleri olabileceğini göstermektedir. Fayın bazı uzun segmentlerinin kilitlemesi, bazı segmentlerinin kripi göstermesi de bu görüşü desteklemektedir. Dolayısıyla KAFZ, başlangıçta bir bütün olarak değil de parça parça oluşmuş olmalıdır. Şaroğlu vd. (1995) Geç Miyosen'de başlayan neotektonik dönemin ilk evresinde yörede KAFZ muhtemelen makaslama zonu şeklinde ilksel yapıda olduğunu belirtmişlerdir. Fayın toplam atımının artmasıyla birbirinden bağımsız farklı yaşta olan segmentler, zamanla birleşme eğilimi göstereceklerdir. Bu süreç günümüzde de halen devam etmektedir.

Çizelge 8.2. KAFZ'nun farklı segmentleri ile ilgili sayısal bilgiler

Son Deprem	Kırık Uzunluğu (km)	En büyük Yatay Atım (cm)	Önceki Deprem	Zaman Farkı yıl	Atım Miktarı cm	Kayma Hızı cm/yıl	Segment
1894							Adapazarı-Izmit
1912							Saros
1939	340	370	1667	272	370	1.36	Erzincan
1942	40	175	1667	275	175	0.64	Erbaa-Niksar
1943	280	150	1667	276	150	0.54	Ladik-Tosya
1944	180	350	1668	276	350	1.26	Gerede
1953					430		Yenice-Gönen
1957	40	160			160		Mudurnu Vadisi
1964							Manyas
1967	80	190			190		Mudurnu Vadisi
Toplam	960	13.95					

Diğer taraftan, fayın bazı segmentleri kilitleyip bazı segmentleri krip gösterdiği için, fay boyunca yapılan GPS ölçümlerinde de kayma hızı küçük ya da büyük çıkabilmektedir. Dolayısıyla GPS ölçümleri, fay üzerindeki bir deprem serisinden önce ya da sonrası ölçülmesine göre büyük değişiklikler gösterecektir. Örneğin, 1992-1994 yılları arasında KAFZ'nun batı kesimi boyunca yapılan GPS ölçümleri, Anadolu levhasının Avrasya levhasına göre 2.4 cm/ yıl bir hızla batıya kaydığını göstermiştir (Straub and Kahle 1994). GPS ölçümleri ile elde edilen deformasyon verileri, bölgede D-B yönlü sağ yanal hareket (ortalama=0.06 ppm/yıl, maksimum=0.13 ppm/yıl) ve KD-GB yönlü bir genişleme (ortalama=0.06ppm/yıl, maksimum=0.21 ppm/yıl) olduğunu göstermiştir. Mudurnu Vadisi'nin batısında yapılan GPS ölçüm sonuçları, K84D ana kesme hareket doğrultusu ve 15 mm/yıl kayma hızı ortaya koymuştur. Kratzi (1993) bölgedeki olmuş çok sayıda depremin moment tensörünü çözmüş ve K86D ana kesme doğrultusu ile 1.6 cm/yıl kayma hızı hesaplamıştır.