

**YENİCE-GÖNEN FAY ZONU'NUN
NEOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ
VE
PALEOSİSMOLOJİSİ**

TUJJB-UDP04-02

FİNAL RAPORU

**Prof. Dr. Kadir DİRİK
Fatma BELİNDİR
Dr. Erman ÖZSAYIN
Alkor KUTLUAY**

Ocak 2008

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
EKLER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve kapsam	1
1.2. Çalışma Yöntemi	1
1.3. Tektonik konum	1
1.4. 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi Yüzey Kırığı	5
2. STRATİGRAFİ	7
2.1. Kazdağ Grubu	7
2.1.1. Tozlu Formasyonu	10
2.1.2. Sutuven Formasyonu	10
2.2. Kalabak Formasyonu	11
2.3. Karakaya Kompleksi	12
2.3.1. Karakaya Formasyonu	13
2.3.2. Çal Formasyonu	15
2.4. Hasanlar Formasyonu	17
2.5. Bayırköy Formasyonu	17
2.6. Bilecik Kireçtaşı	18
2.7. İncirli Formasyonu	19
2.8. Granodiyorit	20
2.9. Volkanik Kayaçlar	21
2.9.1. Hallaçlar Formasyonu	21
2.9.2. Andezit – Tüf	22
2.10. Neojen Gölsel Çökelleri	22
2.11. Bayramiç Formasyonu	23
2.12. Kuvaterner Çökelleri	24
3. YAPISAL JEOLJİ	25
3.1. Paleotektonik Yapılar	25

3.1.1.	Kıvrımlar	25
3.1.2.	Bindirme Fayları	25
3.2.	Neotektonik Yapılar	25
3.2.1.	Sıyırılma Fayı	25
3.2.2.	Doğrultu atımlı Faylar	26
3.3.	Kinematik Analizler	29
3.3.1.	Teorik alt yapı	29
3.3.2.	Çalışma alanındaki kinematik analizler	32
4.	PALEOSİSMOLOJİ	37
4.1.	Segmentasyon	37
4.2.	Hendek Çalışmaları	43
4.2.1.	Seyvan Hendeği	43
4.2.2.	Muratlar Hendeği	56
4.3.	Yaşlandırma Çalışmaları	66
4.3.1.	Seyvan Hendeği	66
4.3.2.	Muratlar Hendeği	70
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ	71
6.	DEĞİNİLEN BELGELER	74
	EKLER	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa	
1.1.	Doğu Akdeniz bölgesinin tektonik haritası. Kuzey Anadolu Fayı Anadolu bloğunun batıya hareketinde kuzey sınırı oluşturur (Barka, 1992).	2
1.2.	Marmara Denizi bölgesinde son 2000 yıldır olan depremlerin ($M_s \geq 6.8$) episantırları (Ambraseys, 2002) ve bu bölgedeki GPS vektörlerini (Straub vd., 1997) gösteren harita. 1953 Yenice-Gönen depremi episantırı Kandilli Rasathanesinden alınmıştır. . .	3
1.3.	1953 depremi yüzey kırığı boyunca oluşan ve Muratlar'ın KB'sındaki patika yolu öteleyen yarığın fotoğrafı (a), aynı yarığın el çizimi ile gösterimi (b) (Ketin ve Roesli 1953'ten alınmıştır). Aynı noktanın bugünkü görünümü (Bakış KD'ya). . . .	5
1.4.	Yenice-Gönen yolunu öteleyen 1953 depremi yüzey kırığı (a). Aynı noktanın bugünkü görünümü (b) (Bakış KD'ya).	6
1.5.	1953 depremi yüzey kırığını ve hava fotoğraflarından çizilen fay izlerini gösteren harita. 1953 depremi fay düzlemi çözümü (McKenzie, 1972) ve 1969 depremi fay düzlemi çözümü (Taymaz vd., 1991) harita üzerinde gösterilmiştir.	6
2.1.	Çalışma alanının genelleştirilmiş dikme kesiti (Bingöl vd., 1973; Okay vd., 1990, 1991; Gözler vd. 1984 ve Duru vd. 2004'ten yararlanılmıştır).	8
2.2.	Çalışma alanının jeoloji haritası (Bingöl vd., 1973; Ergül vd. 1990; Gözler vd., 1984; Duru vd., 2006'den değiştirilerek alınmıştır).	9
3.1.	(a) Kartezyen koordinat sistemi içindeki bir düzlem doğrultu kosinüsleri, l, m ve n olan kendi birim vektörleri ile temsil edilir (x, y ve z koordinat sistemi içindeki asal gerilme eksenlerine karşılık gelmektedir); (b) A düzleminin izdüşürülen A_1 , A_2 ve A_3 düzlemleri; (c) σ_x , σ_y ve σ_z 'nin A_1 , A_2 ve A_3 düzlemleri üzerinde indirgenmiş değerleri; (d) Gerilme elipsoyidi. (e) Düzleme dik ve paralel olarak etki eden σ 'lara ait makaslama gerilmesi olan (τ) ve normal gerilmesi olan (σ_n) bileşenleri; (f) Düzlemdeki kayma, maksimum makaslama gerilmesi olan τ_{max} 'a paralel olarak gelişir (Ramsey ve Lisle 2000; Çiftçi 2007'den alınmıştır).	30
3.2.	Analizlerde kullanılan kayma-düzlemi verilerinin elde edildiği istasyonların yerlerini gösteren 3D kabartma harita ve kayma-düzlemi verilerinin Schmidt alt küre ağı üzerindeki Stereografik çizimleri.	33
4.1.	1953 Yenice-Gönen depremi yüzey kırığı üzerindeki segmentasyon. 1953 depremi fay düzlemi çözümü (McKenzie, 1972) ve 1969 depremi fay düzlemi çözümü (Taymaz vd. 1991) harita üzerinde gösterilmiştir.	39
4.2.	Yenice segmenti üzerinde 1953 depremine ait yüzey kırığı izi.	40
4.3.	Seyvan-Karasu segmentinden ölçülen sağ yanallı ofsetler, (a) derenin doğu kenarından, (b), (c) ve (d) tarla sınırlarından alınmıştır	40
4.4.	Ofset ölçümlerinin alındığı lokasyonlar ve 1953 Yenice-Gönen depremi atım dağılımı.	41
4.5.	1953 Yenice-Gönen depremi kırık zonu boyunca kümülatif atım diyagramı.	42
4.6.	Seyvan Hendeği (SH) yerinin 1953 depremi yüzey kırığının 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerindeki konumunu.	43

4.7.	Seyvan hendeği yerinin hava fotoğrafi üzerindeki yeri (kırmızı renkli kutu). Oklar fayın izini göstermektedir	44
4.8.	Seyvan hendeği açma ve temizleme çalışmaları	44
4.9.	Seyvan hendeğinin yeri ve çevresinin detay topografik haritası.	45
4.10.	Seyvan hendeği ve çevresinin 3D görüntüsü	45
4.11.	Seyvan Hendeğine ait doğu (A) ve batı (B) duvarlarının birleştirilmiş fotoğrafları. . . .	47
4.12.	Seyvan hendeği doğu duvarının logu	48
4.13.	Seyvan hendeği batı duvarının logu	49
4.14.	19 metre uzunluğundaki Muratlar hendeğinin genel görünümü	56
4.15.	Muratlar Hendeği (MH) yerinin 1953 depremi yüzey kırılışının 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerindeki konumu.	57
4.16.	Muratlar hendeği yerinin hava fotoğrafi üzerindeki yeri (kırmızı renkli kutu). Oklar fayın izini göstermektedir.	57
4.17.	Muratlar hendeğinin yeri ve çevresinin detay topografik haritası.	58
4.18.	Muratlar hendeği ve çevresinin 3D görüntüsü	58
4.19.	Muratlar hendeği doğu ve batı duvarlarının birleştirilmiş fotoğrafları	60
4.20.	Muratlar hendeği batı duvarının logu	61
4.21.	Muratlar hendeği doğu duvarının logu	62
4.22.	Seyvan hendeğinde yaş alınan örneklerin doğu duvarındaki konumu ve yaş verileri . .	67
4.23.	Seyvan hendeğinde yaş alınan örneklerin batı duvarındaki konumu ve yaş verileri . . .	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No		Sayfa
3.1	İnceleme alanındaki 7 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri ve kinematik analizleri.	34
3.1	İnceleme alanındaki 7 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri ve kinematik analizleri (devam ediyor)	35
4.1	Fay Segmentlerinin Tipleri ve Onları Tanımlamada Kullanılan Karakteristik Özellikler (McCalpin, 1996).	37

EKLER DİZİNİ

Ek No		Sayfa
	EKLER	79
1	Beta Analytic Inc. C14 yaşlandırma raporları	80

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve kapsam

Proje kapsamı olarak belirlenen alan kuzeydoğuda Gönen doğusu ile güneybatıda Yenice'nin güneybatısına kadar uzanan Yenice-Göner Fay Zonu'dur. Tez konusu, Yenice-Göner fay zonunun neotektonik özelliklerinin ve paleosismolojisinin ortaya konmasıdır. Yenice-Göner fay zonu 18 Mart 1953'de büyüklüğü Ms 7.2 olan bir deprem meydana getirmiştir. Bu nedenle çalışma kapsamı içinde Yenice-Göner fay zonunu oluşturan 1953 depremine ait yüzey kırığı yeniden haritalanmış, Neotektonik dönemdeki aktivitesi incelenmiştir. Bu kapsamda 1953 depremine ait yüzey kırığının geometrisi, segmentasyonu ve atım dağılımı belirlenmiş, yüzey kırığı üzerinde belirlenen 2 lokasyonda 2 hendek açılarak yorumlanmış ve hendeklerden alınan numunelerin C14 yöntemi ile yaşlandırma yapılarak 1953 ve öncesi depremler hakkında detaylı bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır.

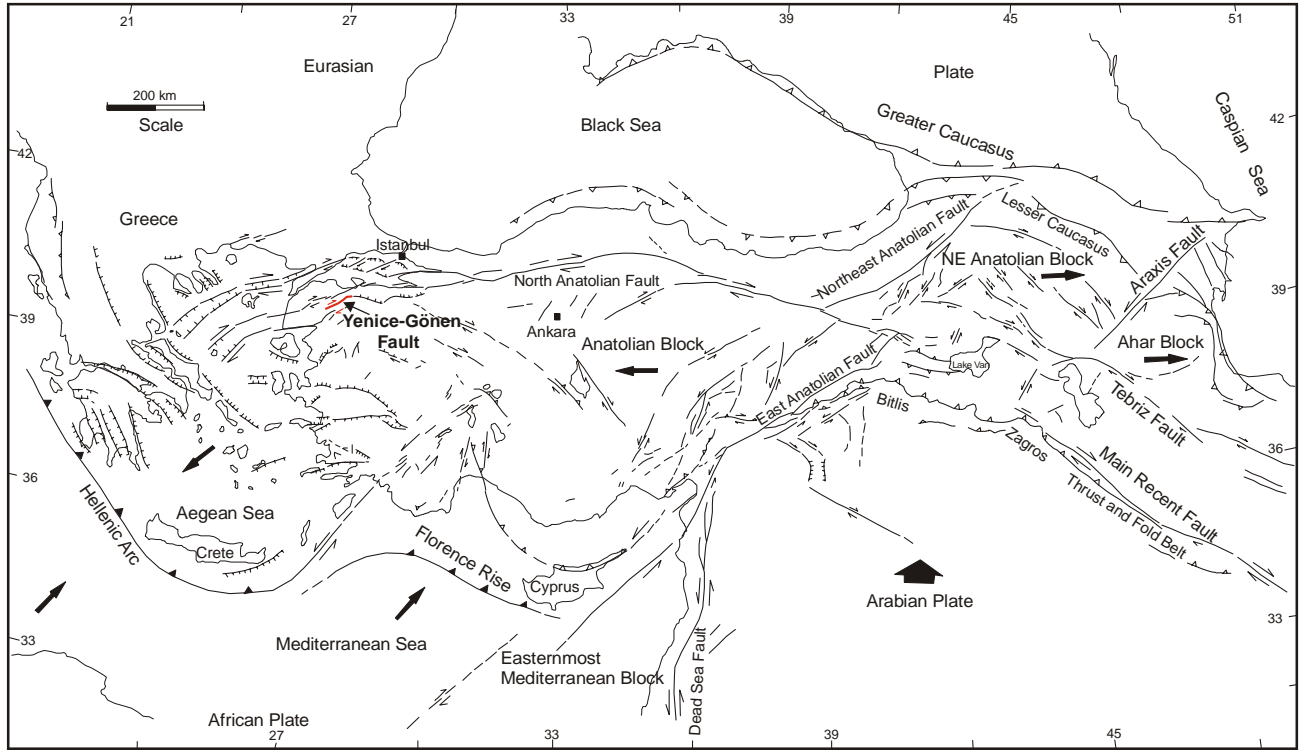
1.2. Çalışma Yöntemi

Bu çalışma kapsamında izlenen yöntemde öncelikle 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar, 1/10000, 1/15000 ve 1/35000 ölçekli hava fotoğrafları, uydu görüntüleri incelenmiştir. Bu çalışmalar sonrası 2003 yılı yazında ilk arazi çalışmalarına başlanmıştır. 2004 yılı yaz sezonunda da sürdürülen arazi çalışması 1953 depremiyle oluşan yüzey kırığını haritalaması üzerine yoğunlaştırılmıştır. Kırık zonu boyunca detay inceleme yapılmış, geometrisi ortaya konmaya çalışılmış ve üzerinde oluşan atımlar ölçülmüştür. Oluşturulan haritalar hendek lokasyonlarını belirlemek için temel oluşturulmuş ve belirlenen lokasyonlarda 2005 yılı Eylül ve Ekim aylarında hendek açma çalışmaları yapılmıştır. Bu hendeklerden alınan numuneler C14 yöntemi ile yaşlandırılarak elde edilen yaş bulgularına göre Yenice-Göner fay zonu üzerinde 1953 ve öncesi depremler hakkında bilgi elde edilerek aralarındaki periyod belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3. Tektonik konum

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) , belirgin sismik aktivitesi ve Doğu Akdeniz bölgesinin tektoniğinin önemi yüzünden dünyadaki kıtasal doğrultu atımlı fayların en önemlilerinden biridir (Şekil1.1) (McKenzie, 1972, 1978; Dewey ve Şengör, 1979; Lyberis, 1984; Barka, 1992). Sağ yanallı atımlı KAFS, yaklaşık 2000 km uzunluğundadır ve Karlıova üçlü kesişim noktasından Yunanistan'daki Corinth Rifti'ne kadar uzanır (Armijo vd. 1996,1999; McClusky vd. 2000; Armijo vd., 2002).

Marmara Denizi Bölgesi kabaca 39.5°K-41.5°K enlemleri ile 26°D-31°D boylamları ile sınırlandırılmıştır. KAFS 31°D boylamının doğusunda dar ve yerleşmiş bir

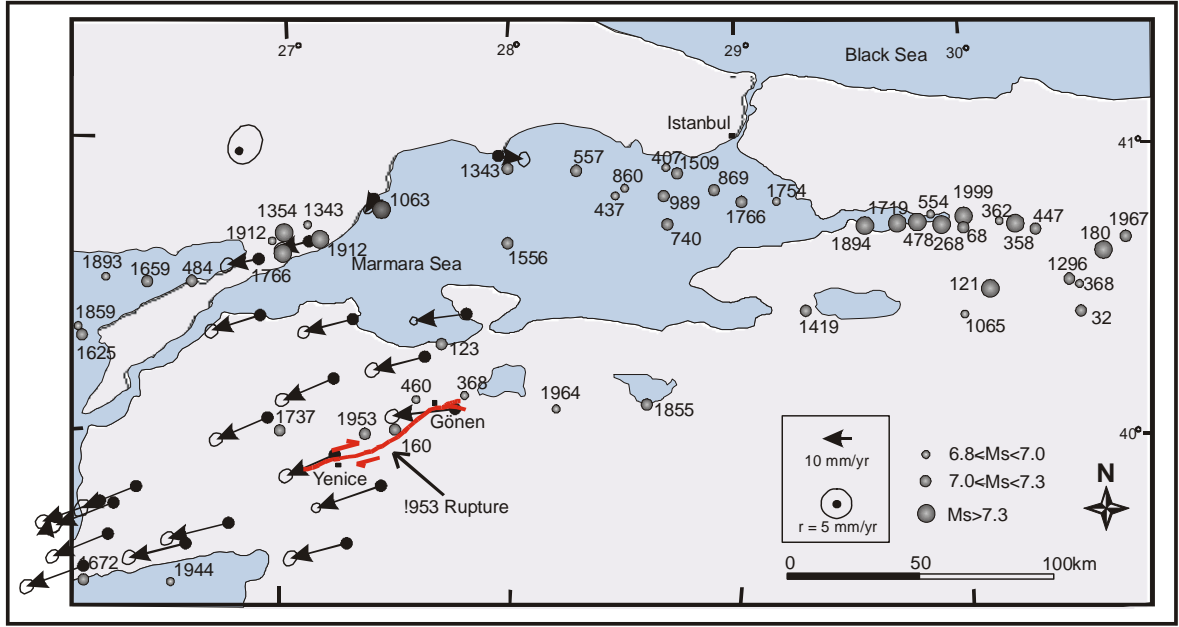


Şekil 1.1. Doğu Akdeniz bölgesinin tektonik haritası. Kuzey Anadolu Fayı Anadolu bloğunun batıya harektinde kuzey sınırı oluşturur (Barka, 1992).

karakter sunar. 31°D boylamının batısında KAFS Kuzeybatı Türkiyeyi ve Kuzey Ege Denizini kesen bir dizi paralel kollara ayırır (Şekil 1.1) (McKenzie, 1978; Dewey ve Şengör, 1979; Lyberis, 1984; Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992). KAFS bu bölgede doğrultu atım ve genişlemeli faylanmalarla oldukça karmaşık bir hale gelmiştir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992,1997; McClusky vd. 2000).

Marmara Denizi Bölgesinde güneydeki GPS (Global Positioning System) istasyonları batıya doğru ortalama hızın $22\pm 3\text{mm/yıl}$ olduğunu göstermektedir (Straub vd., 1997). 31.5°D ve 27.5°D arasındaki GPS hareket vektörleri doğudan batıya doğrudur. 27.5°D batısında GPS hareket vektörlerinin doğrultusunun BGB'ya değiştiği gözlenir (Şekil 1.2) (Straub vd., 1997). Kuzey Ege Denizi ve Corinth Rifti boyunca yerleştirilmiş istasyonlar hareketin Güney Ege'ye göre KD doğrultusunda olduğunu gösterir (McClusky vd., 2000). Görülen rotasyon KAFS ile kuzeyde sınırlandırılır ve genişlediği bölge Kuzey Ege Denizidir (Şekil 1.1). Ege yayı (Helen yayı) boyunca GPS ve SLR (Satellite Laser Ranging) sonuçları, deformasyonun günümüzdeki modelinde hareketin yaya doğru arttığını gösterir. Arabistan Plakası tarafından itilen ve Ege dalma-batma zonu boyunca Afrika Plakası ile çekme ile sürülen Anadolu'nun saat tersi yönünde rotasyonunu destekler (Jackson and McKenzie, 1988; Reilinger vd., 1997).

Marmara Denizi bölgesinde, 31°D boylamının batısında, KAFS 3 ayrı kola ayrılır. Doğu Marmara bölgesinde fay zonu başlangıçta iki kola ayrılır; kuzey kol Sapanca'yı geçer, İzmit Körfezine girer ve güney kol İznik gölüne doğru çalışır. 30°D boylamı yakınlarında



Şekil 1.2. Marmara Denizi bölgesinde son 2000 yıldır olan depremlerin ($M_s \geq 6.8$) episantırları (Ambraseys, 2002) ve bu bölgedeki GPS vektörlerini (Straub vd., 1997) gösteren harita. 1953 Yenice-Gönen depremi episantırını Kandilli Rasathanesinden alınmıştır

güney kol tekrar KAFS'nin orta ve güney kolu olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 1.1) (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992).

Kuzey Kol: KAFS'nin kuzey kolu Mudurnu Vadisinden Marmara Denizinin doğusuna kadar uzanır. Bu bölüm 1967 Mudurnu vadisi depremini ($M_s 7.1$) ve 1999 İzmit depremini ($M_s 7.4$) içerir. Kuzey kol Marmara Denizini geçer. Batı Marmara Denizinde (Tekirdağ havzasında) KAFS'nin bölgesel doğrultusu Ganos Büklümünde (Ganos Bendi) yaklaşık 18° sıkıştıran (restraining) karakterle değişir (Seeber vd., 2004). Kuzey kol, Gelibolu Yarımadası karşısında Ganos Fayı içerisinde batıya doğru Saros Körfezi içerisine gider. 1912 Ganos-Şarköy ($M_s 7.4$) depremi Ganos fayı üzerinde olmuştur.

Orta Kol: Orta kol Mudurnu Vadisi başında başlar, İznik Gölüne geçer ve Gemlik Körfezine devam eder. Gemlik ve Bandırma arasında deniz içerisindeki bölüm Marmara Denizinin sığ kısımlarındadır. Güney kol Bandırma koyundan güneybatıya devam eder ve sıkıştırmalı çift büklüm (restraining double bend) oluşturur. Sarıköy ve Aşağınova köyleri arasında devam eden fay keskin 20° sıkıştıran büklüm (restraining bend) gösteririr (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Orta kol Çan'dan Ezine'ye uzanır ve sıkıştıran çift büklüm oluşturur. Buradaki büklüm açısı 22° dir (Bingöl vd. 1973). Fay zonunun bu kolu Ege Denizi'nin güneybatısına kadar devam ettiği görülür (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988).

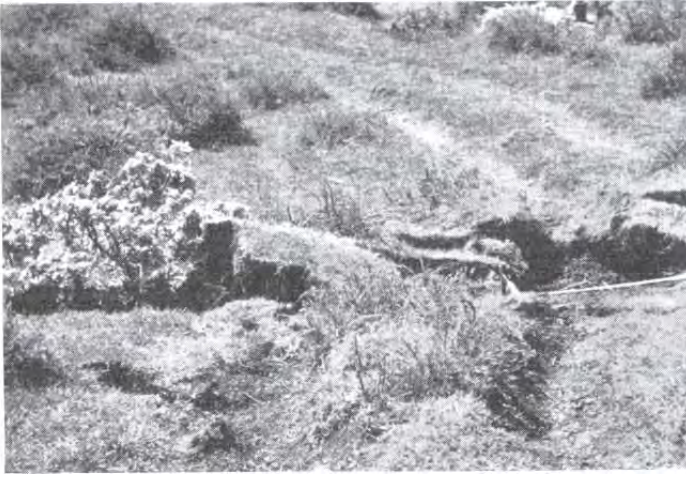
Güney Kol: KAFS'nin güney kolu Pamukova Ovasından KD-GB doğrultusunda uzanan fayla başlar (Koçyiğit, 1988). Kuzeyde yine KD-GB doğrultusunda uzanan bir diğer fayla birlikte Yenişehir pull-apart havzasını oluşturur (Barka-Kadinsky-Cade, 1988; Yalıtırak, 2002). Tarihsel periyod içerisinde MS 1065 ($M_s 6.8$) depremi Yenişehir fayı üzerinde olmuştur (Şekil 1.2) (Ambraseys, 2002). Devamında D-B doğrultusunda, normal faylanma

gösteren Bursa fayı gelir. Güney kol, bölgenin yüzey morfolojisinden açıkça tanımlanabilen, sağ yönlü doğrultu atım hareketiyle baskın olan KD-GB uzanımlı Uluabat Fayı ile devam eder (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Bu segmentler üzerinde olan son büyük depremler MS 1855’de şiddeti IX olan 2 olaydır (Sieberg, 1932; Ergin vd. , 1967; Karnık, 1971; Soysal vd., 1981). İlk olay (28 Şubat 1855) Uluabat fayı yakınlarında hasara neden olurken ikinci olay (11 Nisan 1855) Bursa fayı yakınlarında, çoğunlukla Bursa’nın kuzeyinde, geniş hasar yapmıştır (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Güney kol, KB-GD gidişli yüzey kırığı ile tanımlanan Manyas fayı ile devam eder. Manyas fayı KD-GB genişleme ile karakterize edilir ve Yenice-Gönen fay zonundan Uluabat fayını ayıran pull-apart havzanın güney sınırını oluşturur (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). 6 Ekim 1964 Manyas Depremi (Ms 6.6) KD-GB yönlü genişleme ile KB-GD doğrultulu eğim atım mekanizması vermektedir (McKenzie, 1972, 1978, Taymaz vd., 1991). Manyas ve Yenice-Gönen fayları arasındaki büküm açısı 40° dir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Yenice-Gönen fayı da 18 Mart 1953 (Ms 7.2), sağ yönlü doğrultu atımlı mekanizmayla oluşan depremle ilgilidir (McKenzie, 1972; Dewey, 1976). Tarihsel dönemde; MS 160 (Ms 7.1) ve 460 (Ms 6.9) depremlerinin episanırları Ambraseys (2002) verilerine dayanarak Yenice-Gönen fayı üzerine yerleşmektedir (Şekil 1.2). MS 368 depremi (Ms 6.8) episanırları Yenice-Gönen fayının kuzeydoğusunda sonlandığı noktaya düşmektedir (Şekil 1.2). Barka ve Kadinsky-Cade (1988)’in yaptıkları çalışmada Yenice-Gönen fayının 17° lik büküm açısıyla sıkıştırılan çift büküm özelliği gösterdiği belirtilmektedir. KAFS’nin güney kolu Pazarköy yakınlarında 8 km genişliğinde sıkıştırılan sığrama ile Yenice-Gönen fayından ayrılır ve Pazarköy’den Edremit’e kadar uzanır (Bingöl vd. 1973) ve 12° lik büküm açısıyla sıkıştırılan çift büküm oluşturur (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988). Güney kol Edremit koyununun kuzey kenarı boyunca devam eder. 6 Ekim 1944 Ms 6.8 depremi (Dewey, 1976) bu fayla ilgili olabilir (Barka ve Kadinsky-Cade).

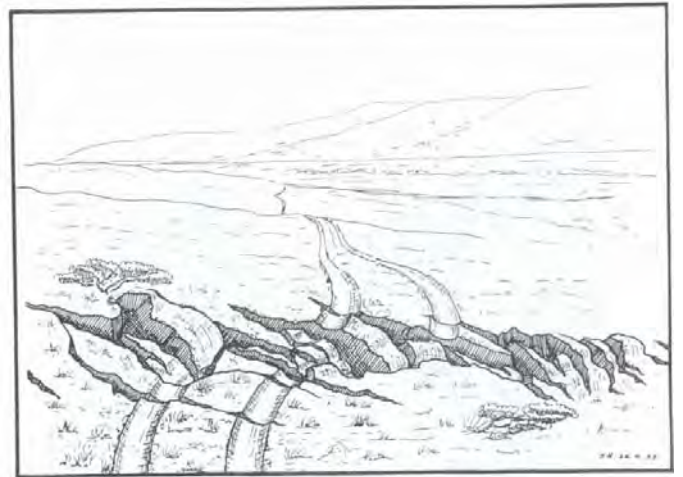
GPS verileri sağ yanal hareketin çoğunun KAFS’nin kuzey kolu boyunca yer aldığını gösterir (Straub, 1996). Schindler (1997) kuzey zon boyunca ortalama kabuk hareketinin son 3-4 my süresince 14 ile 20 mm/yıl arasında olduğunu belirtmektedir. Güney zon boyunca deformasyon hızı kuzey zondan çok daha azdır. Armijo ve diğerleri (1999)’ne göre geçmiş 5 my’da Gelibolu Yarımadasında ve Marmara Bölgesi karşısında KAFS’nin kuzey kolunda ortalama kayma hızı 14 mm/yıl ve Anadolu ile Avrasya arasındaki hız 17 mm/yıl’dır. KAFS’nin güney kolu yaklaşık 3mm/yıl makaslama hızına sahiptir (Straub, 1996). Ambraseys (2002), tarihsel ve aletsel kayıtları inceleyerek, KAFS’nin kuzey kolunun yüksek sismik aktiviteye sahip ve güney kolun ise daha az aktif olduğunu belirtmektedir. Güney kolun morfolojisi Geyve, Bursa, Gönen’den Ege Denizine kadar olan bölüm Geç Kuvaterner aktivitesini destekler (Barka, 1996) ve uzun dönemli sismisite ortalama makaslama hızının 3 mm/yıl olduğunu göstermektedir (Ambraseys, 2002) ve bu değer GPS ölçümleri ile uyumludur.

1.4. 18 Mart 1953 Yenice-Gönen Depremi Yüzey Kırığı

Yenice ile Gönen arasında görülen kırık zonu 18 Mart 1953'de Ms 7.2 olan sağ yönlü doğrultu atım karakteri gösteren depremle ilgilidir (McKenzie, 1972; Dewey, 1976). Bu deprem için önceden haritalanan yüzey kırığı (Ketin ve Roesli, 1953; Herece, 1985, 1990) 50 km uzunluğunda, Yenice'nin güneybatısından Gönen'in güneydoğusuna kadar uzanan, yer yer kuzey kenarın düştüğü düşey bileşen kazanmış sağ yanal yer değiştirme göstermektedir. Ketin ve Roesli (1953)'nin yaptıkları çalışmaya göre sağ yanal yatay yer değiştirme kültürel özellikteki yapılarda (asfalt ve stabilize yollarda) 1.5 ile 4.3 m arasındadır (Şekiller 1.3, 1.4).



(a)



(b)



(c)

Şekil 1.3. 1953 depremi yüzey kırığı boyunca oluşan ve Muratlar'ın KB'sındaki patika yolu öteleyen yarığın fotoğrafı (a), aynı yarığın el çizimi ile gösterimi (b) (Ketin ve Roesli 1953'ten alınmıştır). Aynı noktanın bugünkü görünümü (Bakış KD'ya).



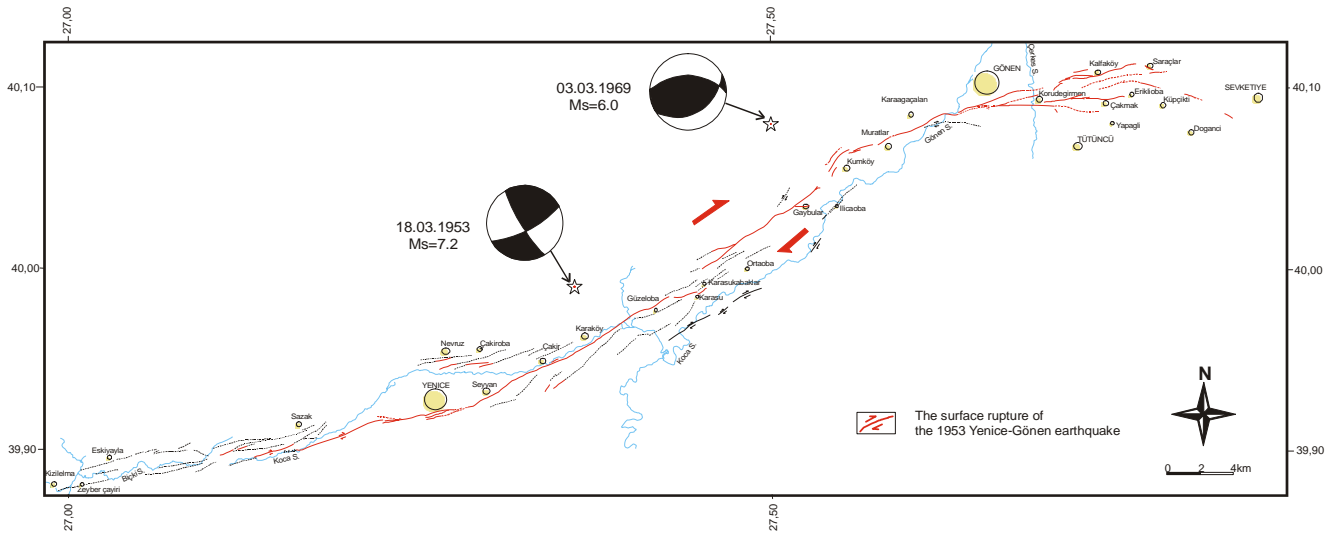
(a)



(b)

Şekil 1.4. Yenice-Gönen yolunu öteleyen 1953 depremi yüzey kırığı (a). Aynı noktanın bugünkü görünümü (b) (Bakış KD'ya).

Kandilli Rasathanesine göre 1953 depreminin episantırı 39.99°K ve 27.36°D olarak hesaplanmıştır. 10 km odak derinliğine sahip bu depremin episantırı Yenice'nin yaklaşık 12 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1.5). Odak mekanizması çözümleri fay düzlemi doğrultusu 059° olan sağ yanal doğrultu atım hareketini gösterir (Canitez ve Üçer, 1967; McKenzie, 1972). 1969 Gönen depreminin episantırı Ortaoba köyünün yaklaşık 9 km kuzeydoğusundadır (Şekil 1.3) ve Taymaz vd.. (1991) tarafından 40.08°K ve 27.50°D olarak hesaplanmıştır. Odak mekanizması çözümü yüksek açılı bindirme fayı vermektedir ve kabaca K-G yönlü kısalmayı gösterir (McKenzie, 1972; Taymaz vd., 1991). 3 Mart 1969 (Ms 6.0) depremi ile ilgili herhangi bir yüzey kırığı kayıt edilmemiştir.



Şekil 1.5. 1953 depremi yüzey kırığını ve hava fotoğraflarından çizilen fay izlerini gösteren harita. 1953 depremi fay düzlemi çözümü (McKenzie, 1972) ve 1969 depremi fay düzlemi çözümü (Taymaz vd., 1991) harita üzerinde gösterilmiştir.

2. STRATİGRAFİ

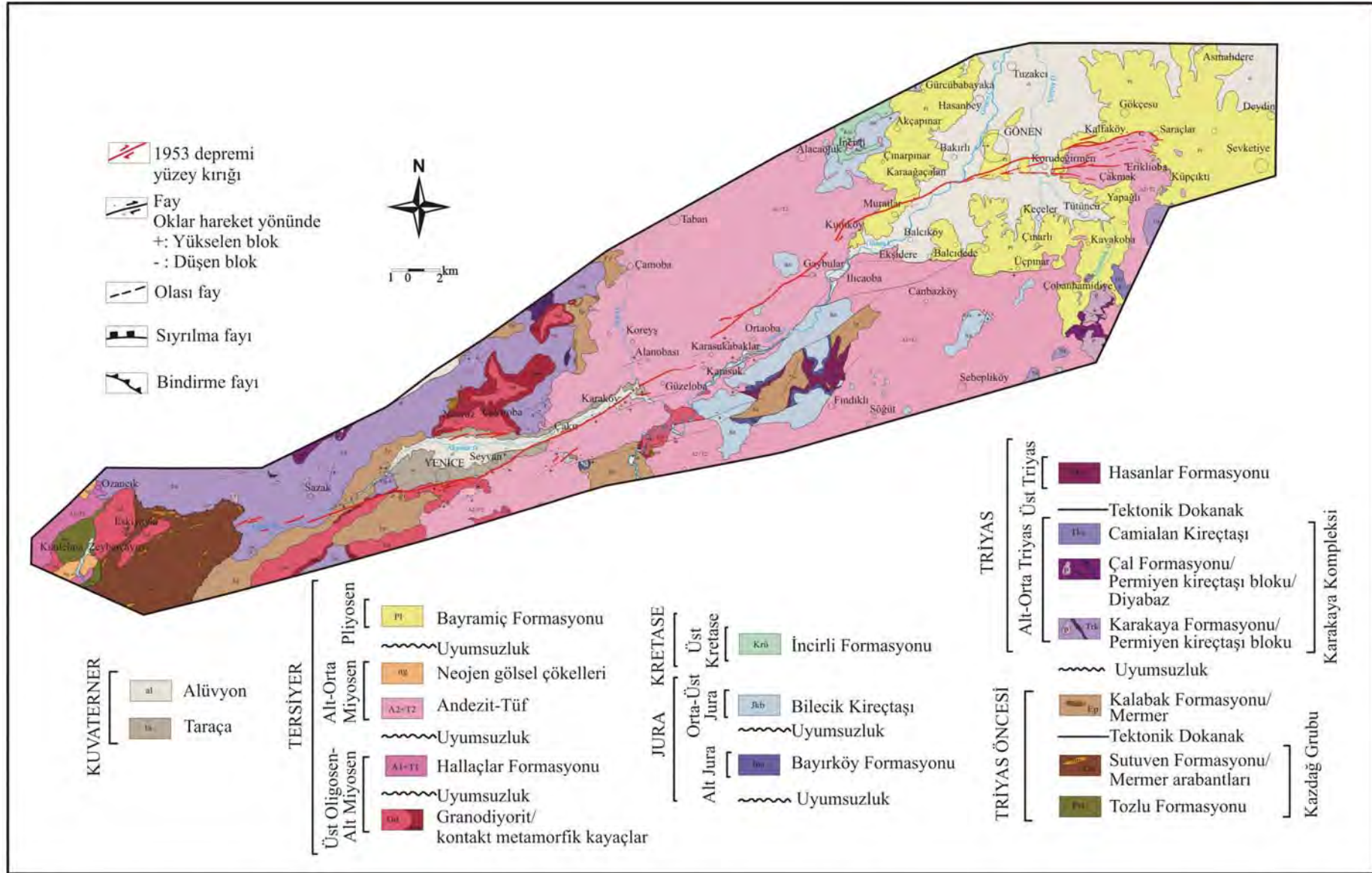
2.1. Kazdağ Grubu

Kazdağ'ın çekirdeğini oluşturan gnays, amfibolit ve mermerler Bingöl vd. (1973) tarafından Kazdağ Grubu olarak adlandırılmıştır. Kazdağ Grubu'nu oluşturan bu yüksek dereceli metamorfik kompleks genel olarak Kazdağ masifi adı altında da incelenmiştir (Okay ve Satır, 2000; Duru vd, 2004). Tektonik olarak Sakarya zonunda uzanan Kazdağ Grubu (Okay vd., 1990, 1991; Duru vd., 2004), Kuzeybatı Anadolu da en alt kabuk seviyesini oluşturur (Şekil 2.1, 2.2).

Kazdağ grubu üzerine ilk detaylı çalışma Bingöl (1968, 1969) ve Bingöl vd. (1973) tarafından yapılmıştır. Bu araştırmalarda metamorfik kayalar 3 birime ayrılmıştır. Metamorfik istifin en altında metadunit, metagabro ve amfibolitten oluşan Bazik ve Ultrabazik Seri (Tozlu formasyonu), bu seri üzerinde şist ve gnaysların bulunduğu Siliko-Alüminli seri (Bozağaç Tepesi formasyonu), en üstte ise mermerlerin yer aldığı Karbonatlı seri (Sarıköz Formasyonu) ayrılmıştır. Akyürek ve Soysal (1980)'ın yaptıkları çalışmada Kazdağ Grubu, alttan üste doğru yine Tozlu, Bozağaç Tepesi ve Sarıköz formasyonları adı altında incelenmiştir. Gözler vd. (1984)'nin yaptıkları çalışmada, alttan üste doğru granitik gnayslar, mermerler, amfibolitler, matadunit ve serpantinlerden oluşan, aynı tür metamorfizma (almandin-amfibolit fasiyesinde) gelişmiş birim Kazdağ Formasyonu adı altında incelenmiştir. Tabanı görülmediğinden dolayı yaklaşık kalınlığının 1000-1200 m olduğunu belirtmişlerdir.

Kazdağ Masifi, 55 km uzunluğunda ve 15 km genişliğinde, kıvrım eksenini KD-GB doğrultulu ve her iki yöne dalımlı bir antiklinoryum şeklindedir (Okay ve Satır, 2000; Duru vd., 2004). Duru vd. (2004)'nin yaptıkları çalışmada amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olan Kazdağ Grubu metamorfitlerini alttan üste doğru Fındıklı ve Tozlu formasyonları, Sarıköz mermeri ve Sutüven formasyonu olarak ayırtlamışlardır. Masifin güney kesimlerinde yüzeyleyen amfibollü gnays, mermer ve yer yer amfibolit ardalanmasında oluşan Fındıklı formasyonu içerisinde Altınoluk ve Babadağ mermer üyeleri tanımlanmıştır. Masifin orta kesimlerinde yer alan metadunit ve ortoamfibolit kapsayan metaofiyolitik kayalar Tozlu formasyonu, ofiyolitler üzerinde yer alan mermer seviyesi Sarıköz mermeri gnays, biyotit gnays, granit gnays ve yer yer migmatit içerikli seviyeler Sutüven formasyonu olarak tanımlanmıştır. Sutüven formasyonu içerisinde ayrıca ince mermer ile amfibolit seviye ve mercekleri vardır. Metamorfizma öncesi evrede muhtemelen tektono-stratigrafik olarak istiflenmiş olan bu formasyonların beraberce metamorfizma geçirmiş ve birlikte foliasyon kazandığı belirtilmiştir.

Çalışma alanımız içerisinde, Kazdağ Grubu metamorfitlerinden Tozlu ve Sutüven formasyonları yer almaktadır.



Şekil 2.2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Bingöl vd., 1973; Ergül vd. 1990; Gözler vd., 1984; Duru vd., 2006'den değiştirilerek alınmıştır).

2.1.1. Tozlu Formasyonu

İlk kez Bingöl ve diğerleri (1973) tarafından adlandırılan Tozlu formasyonu, metaofiyolitik kayalardan oluşmaktadır (Duru vd., 2004). Çalışma alanının en batısında Zeyberçayırı köyü dolaylarında gözlenen bu birim, çalışma alanı dışında Kazdağı'nın zirvelerinde yüzeylemektedir.

Bingöl vd. (1973)'nin yaptığı çalışmada Tozlu formasyonunun metaofiyolitleri Kazdağ Grubunun en alt birimi olarak yorumlanmıştır. Ayrıca Tozlu formasyonunu oluşturan üyelerin tek bir magmanın farklılaşmasından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Duru vd. (2004)'nin yaptığı çalışmada ise Tozlu formasyonu, Fındıklı formasyonun Babadağ mermerleri üzerinde uzandığını, muhtemelen metamorfizma öncesi bu birimlerin tektonik dokanaklı olabileceğini ve Sarıkız mermerleri tarafından üzerlenmiş olduğunu belirtirler.

Duru vd. (2004)'nin yaptığı çalışmaya göre Tozlu formasyonu genel olarak metadunit ve amfibolitlerden oluşmaktadır. Bu kayaç tipleri, birbirleriyle iç içe geçmiş halde bulunmakla birlikte, orta kısımda metadunitler baskın halde bulunurken formasyonun alt ve üst seviyelerinde amfibolitlerde belirgin bir artış tespit edilmiştir. Foliasyonlu amfibolitler ve metadunitlerde izoklinal kıvrımlar yaygındır. İri taneli amfibolitler genellikle kayaçtaki hornblend ve plajiyoklaz kristallerinin dağılımına bağlı olarak yönlü ve benekli dokuya sahiptir.

2.1.2. Sutuven Formasyonu

Kazdağ grubunun en üst seviyesinde bulunan gnayslar Duru vd. (2004) tarafından Sutuven formasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu birim, Bingöl (1968,1969)'un Slikoalüminli serisine, Bingöl vd. (1973)'nin Bozağaçtepe formasyonu olarak adlandırdığı gnayslara karşılık gelmektedir.

Kazdağı'nın kuzey ve doğusunda geniş alanlarda yüzeyleyen Sutuven formasyonu çalışma alanının batısında Eskiayla Köyü çevresinde yüzeylemiştir.

Duru ve diğerleri (2004)'nin yaptığı çalışmaya göre Sutuven formasyonu başlıca gri, koyu gri ve kahve renkli, iyi foliasyonlu kuvarso-feldispatik gnayslardan oluşmaktadır.

Formasyonun ana litolojisini oluşturan gnayslar içinde geniş alanlarda migmatitleşme gözlenmiş, ince mermer, amfibolit ve granitik gnays seviyeleri ve mercekleri tespit edilmiştir. Çalışma alanında yüzeyleyen bu birim içerisindeki ince mermer arabantları mercekler şeklinde ortaya çıkmıştır. Mermerler 1-20 m arası kalınlıkta, beyaz, masif, iri kristalli, yerel olarak laminalı seviyeler oluşturur (Okay vd. 1990,1991). Formasyonun kalınlığı Bingöl vd. (1973)'nin yaptığı çalışmada yaklaşık 100 m olduğu belirtilmiştir.

Kazdağ Grubu'nun toplam yapısal kalınlığı Okay vd. (1990,1991)'nin yaptığı çalışmada 10 km'nin üzerinde olduğu belirtilmiştir.

Geç Oligosen-Erken Miyosen yaşlı kalkalkalen granitoid intrüzyonunun Kazdağ Masifine yerleşmesiyle yüksek sıcaklık metamorfizmasına uğrayan bu birimin basınç ve sıcaklık (P-T) koşulları 5 ± 1 kbar ve 640 ± 50 C° olduğu belirtilmiştir (Okay ve Satır, 2000). Kazdağ gnayslarından muskovit ve biyotit Rb/Sr yöntemiyle 19 My ve 22 My yaş elde edilmiştir (Bingöl, 1968, 1969; Okay ve Satır, 2000). Kazdağ gnayslarından alınan zirkon yaşı, tek zirkon aşamalı Pb evaporasyon tekniği ile Orta Karbonifer (308 ± 16 My, Okay vd., 1996) yaşı vermektedir (Okay ve Satır, 2000). Duru vd. (2004) Kazdağ grubunun metamorfizmasını yaşlandırmak için alınan bu örneklerin Fındıklı ve Sutuvan formasyonlarından alındıklarını belirtmiştir. Bu izotopik veriler neticesinde yüksek derece metamorfizmasının, ilkinin Orta Karbonifer süresince ve sonrakinin Oligo-Miyosen de olmak üzere iki ayrı periyotta olduğu yorumlanmıştır (Okay ve Satır, 2000; Duru vd., 2004).

Duru vd. (2004) yaptıkları çalışmalar neticesinde Kazdağ grubu metamorfik kayaçların KD-GB uzanımlı bir antiklinoryum oluşturduğunu ve etrafındaki sedimanter, magmatik ve metamorfik kayaçlarla dokanağının genellikle sıyrıma (detachment) fayı karakterinde düşük açılı normal faylarla olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Biga Yarımadası'na girmesiyle Kazdağ Masifi kuzey ve güneyinden sağ yönlü doğrultu atımlı faylar arasında kalarak bir basınç sırtı şeklinde yükselerek bugünkü şeklini aldığı belirtilmiştir (Siyako vd., 1989; Okay ve Satır, 2000; Duru vd., 2004). Kazdağ metamorfik kayaçların klastikleri yalnızca Pliyosen çökeller içinde bulunduğundan dolayı Kazdağ'ın ortaya çıkışının Pliyosen'de başladığı belirtilmiştir (Siyako vd., 1989; Okay vd., 2000; Duru vd., 2004).

2.2. Kalabak Formasyonu

Düşük dereceli metamorfizma geçirmiş kayaçlardan oluşan bu birim; daha önce yapılan çalışmalarda “epidinometaformik yaşlı kayaçlar” (Kaoden 1957), “epimetamorfitler” (Akyürek ve Soysal 1980), “Kalabak metamorfik istifi” (Krushensky vd., 1980) , Nusretiye formasyonu (Gözler vd., 1984) adları altında incelenmiştir. Okay vd. (1990, 1991) Karakaya öncesi birimler içerisinde Kalabak formasyonu adı altında incelemişlerdir. Çalışma alanı içerisinde yer alan bu epimetamorfik Kalabak Formasyonu adı altında açıklanmıştır.

Duru vd. “Biga yarımadasının Ekonomi ve Çevre Jeolojisi” adlı MTA projesinde de “Kalabak Birimi” adıyla incelenen birim, altta Kazdağ grubu metamorfik kayaçlarıyla tektonik dokanaklı, üstte Karakaya kompleksi birimleri tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Yaptıkları çalışmada Kalabak birimi içerisinde Torhasan ve Sazak formasyonları ve Çamlık metagranodiyoriti olarak ayırtlanmış, üç alt birim altında incelemişlerdir (M. Duru, 2006, sözlü görüşme). Kalabak birimi içerisinde epiklastik kökenli

kayaçlar Torhasan formasyonu ve piroklastik kökenli kayaçlar ise Sazak formasyonu olarak ayırtlanmıştır (M. Duru, 2006, sözlü görüşme).

Bizim yaptığımız bu çalışmada haritalanan epimetamorfik kayaçlar Torhasan formasyonu ile denestirilebilir.

Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptıkları çalışmada Kalabak formasyonunun Geç Triyas öncesi ve Oligo-Miyosen Granodiyoritleri tarafından kesildiğini belirtmişlerdir. Bizim çalıştığımız alan içerisinde yer alan, epimetamorfik kayaçları kesen granodiyorit ise Oligo-Miyosen granodiyorittir (Okay vd., 1990, 1991; M. Duru, 2006, sözlü görüşme).

Kalabak formasyonu, ince taneli, sarımsı gri, gümüş grisi, koyu gri fillat; orta taneli, sarımsı gri, karakteristik bir bileşimsel bantlaşma gösteren kuvarso-feldispatik şist ve birkaç metre kalınlıkta seyrek ana seviyeler halinde görülen mermer ve yeşil metabazitten oluşur (Okay vd., 1990, 1991). Çalışma alanı içerisinde Kalabak formasyonu içinde yer alan mermerler, mermer üyeleri olarak haritada ayırtlanmıştır. Geniş bir yayılım gösteren bu birim Sazak köyü güneyi ve doğusunda, Çamoba köyü batısında, Fındıklı köyü batı ve kuzeybatısında yüzeylemektedir. Kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanım gösteren yeşil şist fasiyesindeki bu şistler çok kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler (Gözler vd., 1984). Birimdeki sık devrik kıvrımlanmalar nedeniyle kesin bir kalınlık verilemese de yaklaşık olarak 500-700 m. kalınlığında olduğu Gözler ve diğerleri (1984)'nin yaptığı çalışmada rapor edilmiştir. Metamorfizma nedeniyle kesin bir yaş verilemeyen bu birim için Triyas öncesi (Okay vd., 1990, 1991) olduğu belirtilmiştir.

Şistlerin granodiyoritler ile olan dokanaklarında kontakt metamorfik zonlar meydana gelmiştir. Buralarda skarn ve cevher zonları oluşmuştur (Gözler vd., 1984).

2.3. Karakaya Kompleksi

Kazdağı Grubu gnaysları üzerine uyumsuzlukla gelen, çok az metamorfik, içerisinde Permo-Karbonifer kireçtaşı blokları kapsayan spilitik bazalt, çamurtaşı, radyolarit, feldispatik kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve siltaşı aralanmasından oluşan bu birim ilk defa Biga Yarımadası'nda Bingöl vd. (1973) tarafından "Karakaya Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Akyürek ve Soysal (1980)'in yaptıkları çalışmada bu birim Karakaya Formasyonu adı altında incelenmiş, içerisindeki Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları, metaspilit-spilitik bazaltlar, gabro ve diyabazlar ayırtlanarak haritalanmıştır. Gözler vd. (1984)'nin yaptıkları çalışmada ise Triyas yaşındaki tüm birimler "Edremit Grubu" adı altında incelenmiş ve Çal formasyonu, Kaynarca formasyonu, Paşadağ kireçtaşı, Halılar formasyonu olarak ayırtlanmıştır.

Okay vd. (1990, 1991) tarafından Karakaya Kompleksi olarak adlandırılmış, Biga Yarımadası'nda Nilüfer Birimi Hodul Birimi, Orhanlar Grovakı ve Çal Birimi olmak üzere dört tektonostratigrafik birimden meydana geldiğini belirtmişlerdir. Okay vd. (1996)

Karakaya Kompleksi'nin Permo-Triyas yaşlı olduğunu ve yaklaşık 5 km kalınlığı olduğunu söylemişlerdir.

Bu çalışmada Karakaya Kompleksi, Karakaya Formasyonu ve Çal Formasyonu adı altında genel anlatılacaktır. Haritada Permiyen yaşlı kireçtaşı blokları, metaspilit ve spilitik bazaltlar, diyabazlar ayırtlanmıştır.

2.3.1. Karakaya Formasyonu

İlk defa Bingöl vd. (1973) tarafından "Karakaya formasyonu" olarak adlandırılmış birimin içerisinde Permo-Karbonifer kireçtaşı blokları kapsayan spilitik bazalt, çamurtaşı ve radyolaritler ile zaman zaman giriklik gösteren feldispatik kumtaşı, kuvarsit, konglomera ve silttaşı araldanmasından meydana geldiğini belirtmişlerdir. Karakaya Kompleksi içerisindeki ayırtlanmamış birimler Karakaya formasyonu adı altında toplanmıştır.

Karakaya formasyonu çalışma alanı içerisinde Sazak köyü dolayında, Yenice batısı ve kuzeyinde, Çamoba köyü batısında, Gönen GD'sunda geniş bir alanda yüzeylemiştir. Bölgede çok yaygın olan bu birim içinde Okay vd. (1990, 1991) tarafından dört tektonostratigrafik birim ayırtlanmıştır. Bunlardan spilitik, bazik volkanik ve piroklastik kayalardan oluşan Çal Birimi ayırtlanarak haritada gösterilmiş diğer Nilüfer ve Hodul birimleri ile Orhanlar Grovağı ayırt edilmemiştir. Çalıştığımız alan içerisinde Sazak dolay ve batısında yüzeyleyen, haritada Karakaya formasyonu olarak gösterilen birim Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptığı çalışmada Nilüfer Birimi ve Hodul Birimi ayırtlanarak haritalanmış ve yorumlanmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre, Nilüfer birimini Karakaya Kompleksinin en alt tektonik birimini oluşturan seyrek mermer ve fillat araldanmalı kalın metabazik kaya istifi olarak tanımlamışlardır. Nilüfer biriminin esas olarak yoğun bazaltik, piroklastik ve volkanik kayalardan ve araldanmalı neritik kireçtaşlarından oluştuğunu belirtmişlerdir. Kıtsal bir kaynaktan gelen malzeme azdır. Biga Yarımadası'nda Nilüfer biriminin büyük bir kesimi yeşil, koyu yeşili ince taneli, genellikle foliasyon gösteren, monoton yeşilist fasiyesinde metamorfizma geçirmiş metabazik kayalardan oluştuğunu belirtmişlerdir. Bu metabazik kayalara Yenice'nin güneybatısındaki Sazak köyüne atfen Sazak metatüfleri adını vermişlerdir. Metabaziklerde yer yer tabakalanma izlenmesi ve metabazikler arasında yer yer yeşil, gri volkanojenik şeylerin bulunması istifin genellikle ıraksak denizaltı tüflerinden oluştuğunu gösterir (Okay vd. 1990, 1991). Araştırmacılar ayrıca metatüfler içinde seyrek olarak gözlenen pempe Ti-ojit kalıntılarının istifin hiç olmazsa bir kesiminin alkale özelliğinin göstergesi olduğunu belirtmişlerdir. Metatüfler içinde, diğer Karakaya birimlerinden farklı olarak karbonat olistolitleri yer almaz, ancak grafitik fillat, kalkışist ve mermerden oluşan birkaç ince (< 50 m) metasedimanter seviye bulunur.

Okay vd. (1990, 1991) yeşilist fasiyesinde bir bölgesel metamorfizma geçirmiş olan Nilüfer biriminin, muhtemelen Geç Tersiyer yaşta normal bir fay olan, dik eğimli bir tektonik

dokanakla Kazdağ Grubu üzerinde yer aldığını, birimin Karakaya Kompleksinin diğer birimleriyle olan Tersiyer öncesi dokanaklarının niteliğini anlamının Geç Tersiyer yaştaki doğrultu atımlı faylanma nedeniyle güç olduğunu belirtmişlerdir.

Nilüfer birimi içinde fosil bulunamamış ancak bölgesel tektonik yorumlar sonucu Triyas yaşı öngörülmüştür (Okay vd., 1990, 1991).

Karakaya kompleksi içinde en yaygın birim olan Hodul Birimi, başlıca beyaz, açık gri Üst Triyas arkoz ve ardalanmalı koyu gri, siyah şeyl ve silttaşlarından oluşur ve bu klastikler içinde spilit ve rekristalize kireçtaşı tektonik blokları bulunur (Okay vd., 1990).

Çalışma alanı içerisinde, Sazak köyü dolayında Nilüfer birimi ve onun Sazak metatüfleri ile Hodul birimi yer almakta, ancak ayırtlanmamıştır. Karakaya formasyonu içerisindeki Permiyen kireçtaşı bloklarının bulunduğu kısımların Hodul Birimi içinde yorumlanması yapılan önceki çalışmalar ışığında daha doğru olacaktır. Okay vd. (1990, 1991) yaptıkları çalışmada Yenice ile Biga arasında Hodul birimini ayrıntılı incelemiş ve yaptıkları bu çalışmada Hodul biriminin bu bölgede, arkozik kumtaşı ve ardalanmalı siyah şeylerden oluştuğu, dereceli tabakalanma, slamp, kayma yapıları gibi türbidit istif özellikleri gösterdiğini belirtmişlerdir. Bu kalın türbiditik kumtaşı istifinde iki metreye kadar kalınlıkta arkozik kumtaşı tabakalarından oluşan yakınsak ve birkaç santimetre kalınlıkta kumtaşı-şeyl tabakalarının ardalanmasından oluşan iraksak türbidit kesimleri mevcuttur (Okay vd., 1990).

Okay vd. (1990, 1991) Yenice ve Biga arasında Hodul birimini ayrıntılı incelemiştir. Bu çalışmaya göre, Hodul birimi Yenice ve batısında kuvvetlice tektonize olmuş ve çok sayıda makaslama zonları içermiştir. Yenice'nin hemen batısında gözlenen Karakaya formasyonu da böyle bir makaslama zonu içerisinde kalmıştır. Ayrıca bu bölgede Hodul birimi içerisinde birkaç yüz metreden daha büyük boyda, ince taneli, yeşil spilitik bazik volkanit tektonik blokları yer alır. Bu spilit blokları muhtemelen Hodul biriminin bu bölgedeki temelinin parçalarını temsil etmektedir. Hodul birimin arkozik kumtaşları arasında çok seyrek ardalanmalar halinde koyu renkli, kalın tabakalı rekristalize kireçtaşları ve ince tabakalı çörtler bulunur. Arkozik kumtaşları arasında boyları 1 ile 40 cm arasında değişen kireçtaşı, şeyl, kumtaşı ve kuvars çakılları kapsayan tane akıntıları yer alır. Böyle bir tane akıntısından alınan kireçtaşı numuneleri muhtemelen Geç Permiyen Foraminiferi Lunucammina sp. kapsamaktadır (Okay vd., 1990, 1991).

Okay vd. (1990)'nin Karakaya Kompleksi içinde tanımladığı Orhanlar Grovağı; genellikle grovaplardan oluşan, kalın, monoton klastik bir istif olup Biga Yarımadası'nda geniş bölgelerde mostra verdiği belirtilmiştir. Araştırmacıların yaptığı bu çalışmada Orhanlar Grovağı'nın büyük bir kesimi (> %80) sarımsı yeşil, sarımsı kahverengi, kahverengi, çok parçalanmış, çok seyrek tabakalanma gösteren ayrılmış grovaplardan oluştuğu belirtilir. Grovaplarda mavimsi gri şeyl, silttaşı ve çok seyrek olarak konglomera seviyeleri vardır.

Orhanlar Grovağı'nın karakteristik bir özelliğı, ince tabakalı, siyah çört ve beyaz silisli şeyl ardalanmasından oluşan birkaç metre kalınlıkta seyrek seviyelerin grovaklar içerisinde yer almasıdır. Bu tip çört seviyeler Darıalan köyü kuzeyinde araştırıcılar tarafından gözlenmiştir. Orhanlar Grovağı içinde ayrıca genellikle boyları 0,3 m ile 2 m arasında değişen, siyah, Alt Karbonifer kireçtaşı olistolitleri yer alır. Araştırıcılar tarafından alınan numunelerde Endothyraeaea'ca zengin bir Erken Karbonifer faunası tayin edilmiştir. Ayrıca Biga Yarımadası dışında, Bursa'nın güneybatısında, Orhanlar Grovağı içinde Üst Permiyen kireçtaşı olistolitleri tespit edilmiştir (Okay vd., 1990, 1991). Orhanlar Grovağı'nda tabakalanmanın izlenememesi yüzünden kalınlığı tespit edilememiş, ancak topoğrafyadan Orhanlar Grovağı'nın en az birkaç yüz metre olmak üzere 1000 metrenin üzerinde bir kalınlığının olduğu belirtilmiştir.

Okay vd. (1990, 1991) yaptığı çalışmada Geç Tersiyer (Oligo-Miyosen) yaşta olan bir granodiyorit, Orhanlar Grovağını kesmiş ve grovaklar içinde geniş bir dokanak metamorfizma zonu yarattığı belirtilmiştir. Bizim çalıştığımız alandaki özellikle Yenice dolayında granodiyoritler ile Karakaya formasyonun dokanaklarında dokanak metamorfizma zonunun gelişmiş olması buralarda Orhanlar Grovağı'nın da ayırtlanmamış Karakaya Grubu içinde olduğunu göstermektedir.

Orhanlar Grovağı'nın makaslama zonlarının yaygın olmasına karşın kıvrımlanma ve foliasyon gelişiminin gözlenmemesi bu birimin bölgesel metamorfizmadan etkilenmediğini göstermektedir (Okay vd., 1990, 1991).

Haritada ayırtlanmayan Karakaya Kompleksinin bu birimleri (Nilüfer, Hodul birimi ve Orhanlar Grovağı) Karakaya formasyonu adı altında toplanmıştır. Karakaya formasyonu içerisinde tüm bu birimler Jura yaşta Bayırköy formasyonunun kumtaşı ve şeyleri ile uyumsuzlukla örtülmektedir.

2.3.2. Çal Formasyonu

İlk defa Blanc (1965, 1969) tarafından "Çal Köy Serisi" olarak tanımlanan birim, Bingöl vd. (1973)'nin yaptığı çalışmada Karakaya formasyonu içerisindeki spilitik bazaltlara, Akyürek ve Soysal (1980) de metaspilit, spilitik bazalt olarak ayırtlanmış, Gözler vd. (1984) ise Edremit Grubu içinde Çal Formasyonu ve Okay vd. (1990, 1991) da Çal Birimi olarak tanımlanmıştır. Bu birim bu çalışmada Gözler vd. (1984)'nde olduğu gibi Çal Formasyonu adı altında açıklanacaktır.

Çal Formasyonu genellikle mor-kırmızı-kahve ve koyu yeşil renklere spilit, spilit bazalt ve bunların tüfleri, diyabaz, çamurtaşı, radyolarit ve çörtlerden oluşmaktadır (Gözler vd., 1984). Çal Formasyonu Karakaya Formasyonu ile girik halde ve eş zamanlıdır (Akyürek ve Soysal, 1980; Gözler vd. 1984).

Çal Formasyonu içerisinde Üst Permiyen kireçtaşı bloklu olistostromlar ve diyabazlar yer yer ayrı olarak haritalanmıştır. Çal Formasyonu çalışma alanında Yenice- Nevruz kuzeyinde ve Gönen güneydoğusunda yüzeylenmektedir.

Diyabazlar koyu yeşilimsi renkli, sıkı dokulu ve bazen de ayrılmış olarak bulunurlar (Gözler vd. 1984). Diyabazlar Çal Formasyonu içinde olduğu gibi Karakaya formasyonu içerisinde de geniş alanlar kaplarlar.

Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptıkları çalışmada Çal formasyonunun en tipik ve ayırtman özelliğinin, boyları birkaç santimetreden bir kilometreye kadar değişen ve bazik volkanik veya daha seyrek olarak klastik bir hamur içinde yer alan Üst Permiyen kireçtaşı çakıl ve olistolitlerini kapsaması olarak belirtilmiştir. Bu çalışmaya göre, kireçtaşı olistolitleri Hodul birimindeki eşdeğerlerinden daha ufak ve daha incedir. Ayrıca Çal formasyonun olistostromları Hodul biriminin olistostromlarından, kapsadıkları bol spilitik bazaltik volkanik kayalarla kolayca ayırtlanabilir. Olistostromlar bir ile birkaç metre arası kalınlıkta, volkanit veya daha seyrek olarak kumtaşı hamuru içinde bolca Üst Permiyen kireçtaşı ve spilit kaya parçaları kapsayan düzensiz seviyeler oluşturur. Olistostromlar arasında koyu yeşil spilitik tüf, piroklastik ve bazik lav akıntıları yer alır.

Olistolitler hemen hemen tek bir cins kayadan; beyaz, kalın tabakalı/masif, foraminifer, mercan, brakiyopod, gastropod, ostrakod ve ekinid kapsayan Üst Permiyen kireçtaşlarından oluşur ve çok sayıda olistolitden alınan numuneler Geç Permiyen faunası vermiştir (Okay vd. 1990, 1991).

Çal formasyonunun muhtemelen en üst kesimini Orta Triyas yaştaki Camialan kireçtaşı oluşturur ve üzerine uyumsuzlukla Bayırköy formasyonunun taban konglomeraları gelir (Okay vd., 1990,1991). Çal formasyonunun kayalarında bölgesel metamorfizma ve foliasyon olmadığı ve birimin Triyas deformasyonunda Karakaya Kompleksi içinde en az etkilenmiş alan olduğu belirtilmektedir (Okay vd., 1990, 1991) .

Camialan Kireçtaşı

Çal birimi içinde birkaç kilometreye kadar büyüklükteki tektonik bloklar oluşturan Orta Triyas kireçtaşları Okay vd. (1990, 1991) tarafından Camialan kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Daha önceki çalışmalarda Bingöl vd. (1973), Akyürek ve Soysal, (1980) de Çınarcık kireçtaşı Gözler vd. (1984) Paşadağ kireçtaşı olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanı içerisinde Gönen güneydoğusunda Çal formasyonu ile beraber görülmektedir.

Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptıkları çalışmaya göre yaklaşık 100 m kalınlığındaki bu birimin tabanında muhtemelen Sikitiyen yaşta, sarımsı pembe marn ve siltaşları yüzeyler. Bu klastikler üste doğru pembe, gri, yer yer çört mercekli, ince tabakalı mikritik kireçtaşlarının üzerine ise en az 50 m kalınlığında, kalın tabakalı/ masif, gri, kısmen rekrystalize mollusk, alg ve ekinoderm fosilli Aniziye kireçtaşları gelir. İstifin Aniziye kireçtaşlarının altındaki

kesiminde yaş verebilecek fosil bulunamamıştır (Okay vd. 1990). Gözler vd. (1984)'nin yaptığı çalışmada da tabanda (geçiş zonunda) fosil bulunamamış, daha üst seviyelerden aldıkları örneklerdeki fosillerden Orta-Geç Triyas yaşı elde etmişlerdir.

Gözler vd. (1984) yaptıkları çalışmada Camialan kireçtaşı ile Çal formasyonun dereceli geçiş yaptığı rapor edilmiştir. Okay vd. (1990, 1991) çalışmasında Camialan kireçtaşının Çal formasyonun split ve olistostromların üzerinde tektonik olarak yer aldığını, bazı bölgelerde ise Çal formasyonu içinde gömülmüş durumda olduğunu belirtmişlerdir.

2.4. Hasanlar Formasyonu

İlk Neumayer (1887) tarafından Balya bölgesinde incelenen bu birim daha sonra fosilli olmasından dolayı pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bingöl ve diğerleri (1973) tarafından Hasanlar formasyonu, Gözler vd. (1984) tarafından Halılar formasyonu adı altında incelenen bu birimi Okay vd. (1990,1991) Hodul biriminin bir bölümü olarak incelemişlerdir. Bu çalışmada Bingöl vd. (1973)'nin yaptığı çalışmadaki adlama kullanılarak birim Hasanlar formasyonu adı altında incelenmiştir. Hasanlar formasyonu ince tabakalı kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomera ardalanmasından meydana gelmiştir. Yapılan çalışmalarda (Bingöl vd. 1973; Gözler vd., 1984 ve Okay vd. 1990) birim içerisindeki silttaşları ve kilttaşlarının bol Halobia'lı olduğu belirtilmiştir.

Çalışma alanında sadece Fındıklı köyü kuzeyinde gözlenmektedir.

Okay vd. (1990, 1991) yaptığı çalışmada bu istifin tabanında bolca Halobia'lı şeyller, üste doğru orta tabakalı sarımsı kahverenkli, fosilleşmiş bitki kırıntılı brakiyopod, lamelli brans ve ammonit kapsayan kumtaşı ve silttaşlarına geçer. Bittner (1891) ve Aygen (1956) bu kumtaşlarından Geç Triyas yaşta bir fauna tanımlamıştır. Yaklaşık 100 m kalınlıkta bu kumtaşı-silttaşı istifinin üzerine birkaç metre kalınlıkta iyi yuvarlanmış, kötü boylanmış, 1 ile 10 cm arası büyüklükte Üst Permiyen kireçtaşı ve kuvars çakılları kapsayan bir konglomera seviyesi gelir (Okay vd. 1990). Gözler vd. (1984)'nin yaptığı çalışmada bu birimin yaklaşık 250-300 m olduğu belirtilmiştir.

Hasanlar formasyonu Karakaya formasyonu üzerinde bulunduğu ancak dokanak özelliğinin belirlenemediği rapor edilmiştir (Gözler vd., 1984). Üst dokanak ise Bayırköy formasyonu tarafından uyumsuzlukla üzerlenmektedir (Okay vd., 1990,1991).

2.5. Bayırköy Formasyonu

Biga Yarımadası'nda, Bingöl vd. (1973) tarafından "Terzialan kumtaşı" olarak adlandırılmış ve Bilecik dolaylarındaki "Bayırköy kumtaşlarına" karşılık geldiği belirtilmiştir. Bursa-Bilecik yöresinde pek çok araştırmacı tarafından Bayırköy formasyonu olarak adlandırılan bu

birim Biga Yarımadası'nda da Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptığı çalışmada "Bayırköy Formasyonu" adı altında incelenmiştir.

Bayırköy formasyonu sarımsı-kahve renkli kumtaşı, silttaşı, marn ve konglomeralardan oluşur ve uyumsuzlukla Karakaya Kompleksi birimleri ve Hasanlar formasyonu üzerinde yer alır (Okay vd. 1990, 1991).

Çalışma alanı içerisinde, Yenice doğusu, Fındıklı köyü kuzey ve batısında gözlenmektedir.

Okay vd. (1990, 1991) yaptıkları çalışmada, Bayırköy formasyonunun kalınlığının çok değişken olduğunu, kısa mesafelerde birkaç metreden 500 m'ye kadar değişebildiğini belirtmekte, Bingöl ve diğerleri (1973) yaptıkları çalışmada en az 150 m kalınlığında olduğunu belirtmişlerdir. Bayırköy formasyonu üzerine muhtemel bir paralel uyumsuzlukla Bilecik kireçtaşı gelir (Okay vd. 1990, 1991).

Okay vd. (1990, 1991) Biga Yarımadası'nda Bayırköy formasyonunda bulunan Bositra bronni'ye göre birime Üst Liyas yaşı vermiştir.

2.6. Bilecik Kireçtaşı

Biga Yarımadası'nda kireçtaşlarından oluşan bu birim Bingöl vd. (1973) tarafından Alancık formasyonu olarak adlandırılmış ve bu formasyonun Bilecik dolayında tanımlanan Bilecik Kireçtaşına karşılık geldiğini belirtmişlerdir. Gözler vd. (1984) tarafından Dereköy formasyonu olarak adlandırılan birim Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptığı çalışmada Bilecik Kireçtaşı adı altında tanımlanmıştır. Birim genel olarak gri,bej renkli, orta/kalın tabakalı kireçtaşlarından oluşur. Genellikle Bayırköy formasyonu üzerinde paralel bir uyumsuzlukla yer alır.

Çalışma alanı içerisinde, Gönen güneybatısında Üçpınar köyü güneyinde, Fındıklı köyü kuzeyinde ve batısında, Çınarpınar köyü batısında, Yenice doğusunda Ortaoba ve Karasukabaklar köyü güneyinde yüzeylenmektedir.

Akyürek ve Soysal (1980)'ın yaptıkları çalışmada altta kumlu, killi seviyelerde başlayan kireçtaşı üste doğru silis bant ve yumruları içerdiğini, en üst seviyelerinde ise kireçtaşları içinde bu silis bant ve yumrularının olmadığını belirtmişlerdir.

Okay vd. (1990, 1991)'nin yaptığı çalışmaya göre, Yenice ile çalışma sahası dışında kalan Havran bölgesinde Bilecik kireçtaşının tabanında birkaç metre kalınlıkta, yumrulu, açık pembe, krem renkte ammonitico rosso fasiyesinde bir kireçtaşı seviyesi bulunur. Bol ammonit fosili içermesi yumrulu görünümünü kazandıran en önemli etkidir. Bilecik kireçtaşı'nın tabanının yaşı bu ammonitico rosso kireçtaşı seviyesi sayesinde iyi bilinmektedir. Blanc (1969) Yenice kuzeyinde çalışma alanımız dışında kalan Yaykın köyü çevresinde bu seviyeden topladığı ammonitlere Bathoniyen-Oksfordiyen (Geç Dogger-Erken Malm) yaşı

vermiştir. Okay vd. (1990, 1991)'ne göre çalışma alanımız dışında daha güneyde Kalkım batısındaki Bilecik kireçtaşı'nın tabanından toplanan ammonitler Kalloviyen-Oksfordiyen yaş aralığındadır ve Bilecik kireçtaşlarından alınan numunelere göre Geç Jura yaşı verilmiştir.

Gözler vd. (1984) de yaptığı çalışmada Bilecik kireçtaşından tanımladıkları fosillere göre Orta-Üst Jura, Alt Kretase yaşı elde etmişlerdir.

Birim genelde Tersiyer'de üstten aşındırıldığı için, birimin tavanı çoğunlukla aşınma yüzeyi şeklindedir ve kalınlığı değişmektedir. Gözler vd. (1984) birimin yaklaşık 200-300 m kalınlıkta olduğunu belirtmişlerdir. Okay vd. (1990, 1991) Biga Yarımadası'nda Bilecik kireçtaşının yaklaşık 800 m kalınlıkta olduğunu belirtmişlerdir.

Gözler vd. (1984)'nin yaptığı çalışmada Bilecik kireçtaşının üst dokanağı İncirli köyü ile Gönen güneyinde İncirli formasyonu ile dereceli geçişli olduğu ve bu birimin ayrıca Tersiyer yaşlı volkanit ve çökellerle uyumsuz örtüldüğü belirtilmiştir.

2.7. İncirli Formasyonu

Gözler vd. (1984) tarafından İncirli formasyonu olarak adlandırılan ve kıltaşı, killi kireçtaşı, kireçtaşı aralanmasından oluşan bu birim tabanındaki Bilecik kireçtaşlarıyla geçişli ve Tersiyer yaşlı volkanitler ile örtülü olarak tanımlanmıştır. Akyürek ve Soysal (1980) Üst Kretase yaşlı Pilavtepe formasyonu, Okay vd. (1990, 1991) Vezirhan formasyonu adları altında incelemişlerdir. Gözler ve diğerleri (1984) yaptıkları çalışmada bu birimin Orta Sakarya da Altınlı (1973) tarafından adlanan Vezirhan formasyonu ile aynı olduğunu belirtmiştir. Çalışma alanı içerisinde İncirli köyü dolayında gözlemlendiği için İncirli formasyonu adı altında incelemişlerdir.

Çalışma alanı içinde İncirli formasyonu, İncirli köyü dolayında ve Gönen güneyinde dar bir alanda haritalanmıştır.

İncirli formasyonu beyaz, krem sarımsı yeşilimsi renklerde, ince-orta tabakalı kıltaşları ile kıltaşları içerisindeki beyaz ve kırmızımsı kireçtaşı budinleri ve bunların üzerine gelen orta/kalın tabakalı –masif görünümlü killi kireçtaşı ve kireçtaşlarından oluşur (Gözler vd., 1984).

Gözler vd. (1984) yaptıkları çalışmada İncirli formasyonunun alt dokanağının Bilecik kireçtaşlarıyla geçişli olduğunu üst dokanağının ise aşınma yüzeyi şeklinde olup Tersiyer yaşlı volkanitlerle örtülü olduğunu ve aşınmadan dolayı İncirli formasyonun gerçek kalınlığının verilemediğini, yaklaşık 100-150 m dolayında olduğunu belirtmişlerdir.

Okay vd. (1990,1991) yaptıkları çalışmada da Biga yarımadasının değişik kesimlerinden aldığı örneklerde radyolarya ve Apsiyen- Maastrihtiyen zaman aralığı için karakteristik olan Hedbergella sp. saptamışlardır.

Gözler vd. (1984) İncirli formasyonunda tanımlanan, *Proeglobotruncana* sp., *Globigerinidae* (*Hedbergella* ve *Ticirela*) fosillerine göre Senomaniyen-Turoniyen yaşında olduğunu belirtmişlerdir.

2.8. Granodiyorit

Biga Yarımadası'nda genellikle kalkalkalen, granodiyoritik bileşimli sığ sokulumlar bölgeye yerleşmiştir (Siyako vd., 1989). Çalışma alanı içerisinde Yenice, Nevruz, Çakıroba, Eskiayla köyleri çevresinde ve Sazak köyü güneyine yerleşmiş olan granodiyoritler, Sutuven, Karakaya ve Kalabak formasyonlarını kesmiş ve bunlarla olan dokanaklarında yüksek sıcaklık metamorfizmasına uğramışlardır ve bu dokanak metamorfik kayalar (kmk) kısmen haritada ayrı olarak gösterilmiştir. Genellikle açık renkli olan granodiyoritler, bol çatlaklı ve eklemlidir. Granodiyoritler sık sık aplit damarları ile kesilmiştir.

Bingöl vd. (1973) granodiyoritlerin Triyas ve öncesi formasyonları kestiğini belirtmiş ancak bunlar için özel bir isim kullanmamıştır. Akyürek ve Soysal (1980) yaptıkları çalışmada bu granodiyoritlerin daha güneyde yer alan Kozak granodiyoritleri ile aynı olduğunu belirtmişlerdir.

Biga Yarımadası'nda yerleşen granodiyoritler izotopik yaşına, jeokimyasına ve minerolojik bileşimlerine göre farklı adlar altında incelenmişlerdir. Siyako vd. (1989) yaş izotopik olarak saptananları Eybek (23-31 My, en Geç Oligosen – en Erken Miyosen, Krushensky, 1976; Ayan, 1979), Kestanbol (28 My, en Geç Oligosen, Fytikas vd., 1976), Ilıca- Şamlı (20-23 My, en Erken Miyosen, Ataman, 1975; Bingöl vd., 1982) ve Nevruz-Çakıroba (24 My, en Geç Oligosen, Anıl vd., 1989) granodiyoritleri olarak ayırmışlardır. Birkle ve Satır (1995) Biga yarımadasında Kestanbol ve Karaköy intrüzyonları olmak üzere iki Tersiyer sokulumu tanımlamıştır. Bunlardan Karaköy intrüzyonu Bayramiç doğusunda Kazdağı ve çevresindeki intrüzyonları kapsar ve Biga yarımadasında en büyük granitoid intrüzyonlarını sunar. Çalışma alanımız içindeki granodiyoritleride içine alan Karaköy intrüzyonu monzodiyoritik- granitik bileşime sahiptir, Jeokimyasal verileri kalkalkalen bileşiminde olduğunu gösterir (Birkle ve Satır, 1995). Rb/Sr yöntemiyle ölçülen biyotit soğuma yaşı 25 ± 0.3 My dır (Birkle ve Satır, 1995). Okay ve Satır (2000), Kazdağı ve çevresine yerleşmiş bu granitoidi Evciler plütону adı altında incelemiş ve KD – GB doğrultusunda Kazdağ Domuna paralel uzandığını belirtmişlerdir. Evciler Plütону'nun minerolojik bileşiminin monzodiyoritden kuvarsdiyorite granodiyorite doğru dizildiğini belirtmişlerdir. En sonda yer alan granodiyorit Evciler Plütону'nun %70 'den fazlasını oluşturan baskın oluşumdur (Öngen, 1978, 1994; Genç, 1998). Okay ve Satır (2000) Evciler Plütону'nda Kazdağ Masifini kestiği yerden alınan örnekler Rb/Sr yöntemiyle biyotit soğuma yaşının yaklaşık 21 My vermiştir. Kazdağ Masifinden Rb/Sr biyotit soğuma yaşları 18-20 My olarak alınmıştır. Metamorfik kayalardan çıkan sonuçlar, Evciler Plütону'nun sokulumu, hızlı soğuma oranı varsayıldığında intrüzyonun yaşı çoğunlukla yaklaşık 24 My'dır ve bu

yüksek sıcaklık metamorfizmasının yaşından ayırt edilemeyebilir. (Okay ve Satır 2000). Birkle ve Satır (1995) Evciler Granitoidinin (Karaköy İntrüzyonu) yaşının 25 ± 0.3 My olduğunun belirtir. Bu durumda çalışma alanı içerisinde Eskiyaıyla köyü Kazdağ metamorfik kayaçlarını kesen KD-GB doğrultusuna yerleşmiş granodiyoritler, Nevruz, Çakıroba ve Yenice de görülen granodiyoritler yaklaşık 24 My yaşındadır. Bu bölgedeki granitoidik kalkalkalen plütonların K/Ar ve Rb/Sr yaşları 25 My ile 20 My arasında yoğunlaşmıştır ve en Geç Oligosen- Erken Miyosen yaşı vermektedirler (Okay ve Satır 2000).

2.9. Volkanik Kayaçlar

Biga Yarımadası'nda Erken-Orta Miyosende yoğun bir kalkalkalen volkanizma gelişmiştir. Bu volkanik kayaçlar, jeokimyasal olarak bölgedeki granitoidlerin eş değeri olan volkanitlerdir (Genç, 1998). Neojen kalkalkalen volkanik kayaçlar andezit, trakiandezit-dasit, lav akışları, laharlar, ignimbiritler ve tüfler sırasıyla oluşur ve bölgede oldukça yaygındırlar (Yılmaz, 1990; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Karacık ve Yılmaz, 1998; Okay ve Satır, 2000). Bu volkanik kayaçlarda Birkle ve Satır (1995)'ın yaptığı çalışmada, 21 ve 16 My yaş arasında (Borsi vd.,1972) dasitik-şoşonitik volkanik kayaçların olduğu, bunların bölgedeki intrüzyonları örttüğü ve sürecin alkali bileşimin artmasıyla devam ettiği belirtilmiştir. Saf alkalin bileşimine doğru olan bu son aşamada Geç Miyosen (9.7 My) yaşındaki alkali olivin bazalt oluşumlarının görüldüğü belirtilmiştir.

Kazdağ Masifinin etrafındaki volkanik kayaçlar K/Ar yöntemiyle 23 My ile 17 My arasında yaş vermektedir (Borsi vd., 1972; Krushensky vd.,1976; Siyako vd., 1989; Okay ve Satır, 2000).

Çalışma alanı içerisinde yer alan Miyosen volkanitleri önceki detaylı jeoloji haritalama çalışmalarına (Bingöl vd., 1973; Akyürek ve Soysal, 1980; Ercan vd., 1984) dayanılarak Hallaçlar formasyonu ve Andezit-Tüf olmak üzere iki alt birime ayırılarak incelenmiştir.

2.9.1. Hallaçlar Formasyonu

Genellikle yeşil renkli, andezit, tüf ve aglomeralardan oluşan birim Bingöl vd. (1973) ve Akyürek ve Soysal (1980)'ın yaptıkları çalışmada Andezit- Tüf başlığı altında incelenmiş haritalamada A1+T1 simgesi kullanılmıştır. Krushensky (1976) tarafından andezit ve tüfler "Hallaçlar formasyonu" olarak adlandırılmış ve bu formasyonun andezit ve dasitler, tüfler ve silisleşmiş tüflerden oluştuğu belirtilmiştir (Ercan vd., 1984).

Hallaçlar formasyonu çalışma alanının en batısında Kazdağ Grubu gnayslarını diskordansla örter. Altındaki tüm eski birimlerin üzerine diskordansla gelen Hallaçlar formasyonunu üst sınırı yine üzerine diskordansla gelen Neojen görsel çökeltileri ile belirlenir ve kalınlığı yaklaşık 500 m civarındadır (Ercan vd.,1984).

Jeokimyasal analizler ile kalkalkalen bileşiminde olduğu tespit edilmiş Hallaçlar formasyonunun lavlarından K/Ar yöntemi ile 23.6 ± 0.6 My yaş elde edilmiştir (Krushensky, 1976).

Berggren vd. (1985)'nin çalışmasında Oligosen-Miyosen zamanının yaş sınırı 23,7 My olarak verilmiştir. Bu durumda Hallaçlar formasyonu en geç Oligosen- Erken Miyosen yaş sınırındadır.

2.9.2. Andezit – Tüf

Genellikle ignimbrit, riyolit, riyodasit, andezit, tüf ,silisleşmiş tüf ve aglomeralardan oluşan birim Bingöl vd. (1973) ve Akyürek ve Soysal (1980) tarafından yapılan çalışmalarda Andezit-Tüf başlığı altında incelenmiş ve haritalamada A2+T2 simgesi kullanılmıştır. Akyürek ve Soysal (1980) bu birimin daha güneyde bulunan Yuntdağı volkanitleri ile eşdeğer olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanı içerisinde andezit ve tüfler Gönen, Gaybular, Ortaoba, Karaköy ve Seyvan dolaylarında oldukça geniş bir alanı örter.

Ercan vd. (1984) Yuntdağı volkanitlerinin daha çok alkali yer yer şoşonitik bileşimde olduğunu belirtmişlerdir. Ergül vd. (1980) çalışma alanındaki bu birimi Andezit başlığı altında tanımlamış ve genellikle pembemsi morumsu, pembemsi boz renkte, düzensiz kırıklı, köşeli kırılmalı akma yapısı nadiren gözlenen birimde yer yer iri feldispatlar ve mikaların izlediğini belirtmiştir. Çalışma alanı içerisinde aglomeralar 1 cm-100 cm arasında değişen bloklar içermekte ve tüf- aglomera- andezit birliği birbirine girik halde gözlenmektedir (Ergül vd. 1980). Bu volkanitlerin kalınlığı yaklaşık 550 metredir (Ercan vd. 1984).

Erken- Orta Miyosende ve olasılıkla Geç Miyosen başlarında olan bu kalkalkalen volkanizma ile beraber karasal birimler de çökelmiştir (Siyako vd., 1989). Andezit ve tüfler, Neojen gölsel çökelleri ile düşey ve yanal geçişlidir ve eş zamanlı oluşmuştur (Bingöl vd.1973; Ergül vd., 1984; Ercan vd.,1984; Siyako vd., 1989; Birkle ve Satır, 1995, Okay ve Satır, 2000)). Çalışma alanı güneyinde, Andezit ve Tüflerin eşdeğeri olan Yuntdağı volkanitlerinde K/Ar yöntemiyle 18.5 My ile 16.7 My arasında yaşlar elde edilmiştir (Borsi vd., 1972; Benda vd., 1974). Birkle ve Satır (1995) yaptıkları çalışmada Miyosen volkanik kayaçlarının 21 My ile 16 My yaş aralığında olduklarını belirtmişlerdir. Erken –Orta Miyosen yaşına tekabül etmektedir.

2.10. Neojen Gölsel Çökelleri

Miyosen volkanizmasının sonlarına doğru çökelen bu birim, siltaşı, marn, konglomera ve kömür seviyeli gölsel kireçtaşlarından oluşur (Bingöl vd. 1973). Ergül vd. (1984)'nin yaptığı çalışmada Neojen birimleri altında Miyosen ve Pliyosen çökelleri ayırtlanmadan incelenmiş,

Akyürek ve Soysal (1980)'in çalışmasında, Miyosen ve Pliyosen çökellerinin ayırtılmadan incelenen bölümü Göl sedimentleri (n) ve killi kireçtaşı (ng) adları altında incelenmiştir. Bizim çalıştığımız alanda Neojen gölsel çökeller “ng” simgesiyle gösterilmiştir. Akyürek ve Soysal (1980), Çan ve dolayındaki kömürlü seviyelerin bulunduğu “Çan formasyonu” (Siyako vd., 1980) ve Soma dolayındaki linyit yataklarının yer aldığı “Soma formasyonu’nun (Akyürek ve Soysal, 1978) bu birim içinde yer aldığını ve bunlarla eşdeğer olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışma alanının en batısında çok dar alanlarda gözlenmektedir. Siltaşı, tüfit, marn ve killi kireçtaşından oluşan bu birim beyaz, sarı, boz, gri renkte, ince- orta- kalın tabakalanmalı olup özellikle killi ve karbonatlı tabakalarda yer yer laminalanmalıdır (Akyürek ve Soysal, 1980; Ercan vd.,1984). Genellikle yatay ve yataya yakın tabakalanmalı olup, dar havzalarda sıkışma nedeniyle yatık hatta devrik kıvrımlara rastlanır (Akyürek ve Soysal, 1980).

Neojen gölsel çökelleri bazı yerlerde Tersiyer öncesi temelin, bazı yerlerde Hallaçlar formasyonunun üzerine diskordansla gelir (Ercan vd. 1984). Andezit ve tüfler ile girik yer yerde üstünde olan bu birim ve Bayramiç formasyonu tarafından uyumsuzlukla örtülür. Yaklaşık 300 m kalınlığındadır (Ercan vd., 1984).

Çalıştığımız alanda Neojen gölsel çökelleri adı altında tanımladığımız bu birim Çan formasyonu ile deneştirilmiştir. Çan formasyonu içerisindeki kömür seviyelerinden alınan örneklerin palinolojik incelemesi, bunların Benda ve Meulenkamp (1979) tarafından önerilen Eskihisar sporomof topluluğuna çok benzediğini ve Geç Burdigaliyen –Erken Serravaliyen yaş aralığı (Erken – Orta Miyosen) için karakteristik olduğunu göstermiştir (Ediger, 1988). Çan formasyonu ile deneştirilen Küçükkuş formasyonu (Siyako vd., 1988) gölsel türbidit çökellerinden oluşmuştur ve şeylerden alınan sporlar gölsel çökel için Erken – Orta Miyosen yaşı verir (İnci, 1984).

2.11. Bayramiç Formasyonu

Biga Yarımadası’nda kendinden önceki tüm birimler üzerine diskordansla gelen çakıltaşı, kumtaşı ve şeylden oluşan fluviyal sedimanlar ile gölsel karbonatlardan oluşan birimler Bayramiç formasyonu olarak tanımlanmıştır (Siyako vd. 1989).

Çalışma alanının özellikle doğu kesimlerinde gözlenen bu birim, Gönen ve Şevketiye arasında, Üçpınar köyü dolayında, Karaağaçalan – Muratlar köyleri arasında oldukça geniş yayılım sunar.

Gözler vd. (1984)'nin yaptığı çalışmada Pliyosen çökelleri adı altında incelenen bu birim, değişik boyuttaki konglomera, kumtaşı, kiltası, marn, killi kireçtaşından oluşur. Genellikle sarımsı, kirli sarı, beyaz, kirli beyaz renklerde geniş alanda izlenir. Gözler vd. (1984)'nin yaptığı çalışmaya göre konglomeraların boyutları oldukça farklı yer yer çok büyük

bloklardan oluşmaktadır. Kumtaşları ise sarımsı, kirli sarı, gri renklerde tabakalanma sunmazlar. Marnlar ve kireçtaşları çok ince bir kalınlık sunarlar. Ara seviyelerde yer yer jips seviyelerinide rastlanır.

Bayramiç formasyonunun yaklaşık kalınlığı 200- 300 m kadardır (Gözler vd., 1984; Siyako vd. 1989).

Gözler vd. (1984) kireçtaşlarından alınan örneklerdeki *Campylaea* cf. *bolivari* (Gomez), *Opercula*, *Pseudomnicola* sp. fosillerine göre birimin Pliyosen yaşında, Siyako vd. (1989) ise Pliyo- Kuvaterner yaşında olduğu belirtmişlerdir.

2.12. Kuvaterner Çökelleri

Çalışma alanındaki kayalara ait kum, çakıl ve blokların az tutturulmuş veya tutturulmamış çökelleri, taraça (ta) ve alüvyonlar (al) şeklinde bölgenin en genç oluşumlarıdır. Taraçaların yaklaşık 120 m yükseklikte bulunmaları, bölgenin genç tektonik hareketlerle yükseldiğinin en tipik belirtisidir (Gözler vd., 1973). Çalışma alanında genelde dere çökellerinden oluşan alüvyonlar, Manyas gölüne yakın kesimlerde taşkın ovası görünümündedir. Birim 2 ile 20 m arasında kalınlık sunar (Ergül vd., 1980).

3. YAPISAL JEOLJİ

Çalışma alanındaki yapılar, Paleotektonik ve Neotektonik yapılar olarak iki grupta incelenmiştir.

3.1. Paleotektonik Yapılar

3.1.1. Kıvrımlar

Çalışma alanı içerisinde, Fındıklı köyü ile Gönen Çayı arasında KD-GB uzanımlı bir antiklinal oluşmuştur. Kıvrım eksenini, Triyas öncesi kayalardan Kalabak formasyonu içerisinde geçen antiklinalin kanatlarında sırasıyla Üst Triyas yaşlı Hasanlar formasyonu, Alt Jura yaşlı Bayırköy formasyonu ve en kenarda Orta-Üst Jura yaşlı Bilecik kireçtaşı yer almaktadır. Kıvrım eksenini $K20^{\circ}$ - 30° D doğrultusundadır. Antiklinalin kanatlarındaki eğim, özellikle Jura yaşlı birimlerde 30° - 40° arasındadır.

3.1.2. Bindirme Fayları

Çalışma alanının en güneybatı ucunda, Zeyberçayırı güney doğusunda dar bir alanda gözlenen bindirme fayı Triyas öncesi Kazdağ Grubu'nun Tozlu formasyonu ile Sütüven formasyonunun dokanağında gelişmiştir. Kazdağ Grubu içerisinde altta bulunan Tozlu formasyonunun metaofiyolitik kayaları, üstte yer alan Sütüven formasyonunun gnaysları üzerine bindirme fayı ile gelmiştir.

3.2. Neotektonik Yapılar

3.2.1. Sıyırılma Fayı

Kazdağ Grubu metamorfik kayaların KD-GB uzanımlı bir antiklinoryum oluşturduğu ve etrafındaki sedimanter, magmatik ve metamorfik kayalarla dokanağının genellikle sıyırılma (detachment) fayı karakterinde düşük açılı normal faylarla olduğu belirtilmiştir (Okay ve Satır, 2000; Duru vd. 2004). Ayrıca kuzey Anadolu Fayı'nın Biga Yarımadası'na girmesiyle Kazdağ Masifi kuzey ve güneyinden sağ yönlü doğrultu atımlı faylar arasında kalarak, bir basınç sırtı şeklinde yükselerek bugünkü şeklini aldığı belirtilmiştir (Siyako vd. 1989; Okay ve Satır, 2000; Duru vd. 2004). Kazdağ metamorfik kayaların klastikleri yalnızca Pliyosen çökelleri içinde bulunduğundan dolayı Kazdağ litolojilerinin yüzeylenmesinin Pliyosen'de başladığı belirtilmiştir (Siyako vd. 1989; Okay ve Satır, 2000; Duru vd. 2004).

Çalışma alanının batısında, Kazdağ Grubu'nun Sütüven formasyonu gnayslarının Kalabak ve Karakaya formasyonlarıyla dokanağında haritalanan sıyırılma fayı, kuzeybatısında Evciler fayı ile sınırlandırılmıştır. Çalışma alanı dışında kalan alanlarda net olarak gözlenen

sıyırılma yüzeyleri (Duru vd. 2006 (baskıda)) çalışma alanı içerisinde net değildir ve bu alandaki dokanak olası sıyırılma fayı olarak değerlendirilmiştir.

3.2.2. Doğrultu Atımlı Faylar

Çalışma alanı içerisinde, özellikle Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Biga Yarımadasındaki etkisiyle KD-GB doğrultulu sağ yanal atımlı faylar oluşmuştur. Çalışma alanındaki doğrultu atımlı faylar bu bölümde, batıdan doğuya doğru anlatılacaktır.

Çalışma alanının batısında yer alan, Kazdağ sıyırılma fayını kuzeybatıda sınırlayan, KD-GB gidişli, sağ yönlü doğrultu atımlı fay Duru vd. (2006, baskıda)'nin yaptığı çalışmada Evciler fayının kuzeydoğudaki devamı olarak gösterilmiştir. Çalışma alanı içerisinde, Eskiayla köyünden geçen, Kazdağ'ın basınç sırtını kuzeybatıdan sınırlayan bu fay Siyako vd. (1989)'nin yaptığı çalışmada Toluklar-Eskiayla fayı olarak adlandırılmıştır. Çalışma alanı içerisinde Evciler fayı $K45^{\circ}-55^{\circ}D$ doğrultusundadır ve kuzeydoğudan güneybatıya sırasıyla Karakaya formasyonu içerisinde, Kazdağ Grubu'ndan Sütüven formasyonunun gnaysları ile granodiyorit dokanağından, Tozlu formasyonunun metaofiyolitik kayaları ile Neojen gölsel çökelleri dokanağından ve en güneybatıda Neojen gölsel çökelleri içinden giderek çalışma alanından çıkar.

Sazak doğu-güneydoğusunda, Yenice-Gönen fayının kuzeyinde bu faya paralel uzanan iki fay gelişmiştir. Bunlardan Yenice-Gönen fayının hemen kuzeyindeki fay yaklaşık 3km uzunluğunda ve $K70^{\circ}D$ doğrultusundadır. Kalabak ve Karakaya formasyonlarını kesen bu fay yer yer güney bloğun yükseldiği sağ yanal atımlı bir faydır. Bu fayın hemen kuzeyindeki yaklaşık 5 km uzunluğundaki $K70^{\circ}D$ doğrultusundaki diğer fay da Kalabak ve Karakaya formasyonlarını kesmiş, alüvyon içerisindeki uzantısı olası olarak çizilmiştir. Bu fay da sağ yanal atımlı, güney bloğun yükselip, kuzey bloğun çöktüğü oblik fay karakterindedir. Kalabak ve Karakaya formasyonlarının dokanaklarında, fayda sağ yanal atımda yer değiştirme miktarı yaklaşık 75 metre, Karakaya ile alüvyon dokanağında ise yer değiştirme yaklaşık 50 metredir.

Yenice güneyinde, Yenice-Gönen fayına çapraz gelen iki fay gözlenmektedir. Batıdaki fay yaklaşık 2 km uzunluğunda $K55^{\circ}B$ doğrultusundadır. KB-GD gidişli bu fayda güneybatı blok yükselmiş kuzeydoğusunda kalan blok çökmüştür. Granodiyoritleri, gnaysları ve andezit-tüfleri etkileyen bu fayda granodiyoritle gnays dokanağında 125m sağ yönlü yerdeğiştirme yaparken granodiyorit ile andezit dokanağında 325m sağ yönlü yerdeğiştirme yapmıştır. Doğudaki yaklaşık $K75^{\circ}B$ doğrultulu fayda da yine güneybatı blok yükselmiş, granodiyorit ve andezit-tüfleri kesmiştir. Ayrıca Yenice güneyinde, andezitler içinden giden KD-GB gidişli yaklaşık 1.5km uzunluğunda güney bloğun yükseldiği bir fay gelişmiştir.

Çakır güneyinde, Yenice-Gönen fayının güneyinde $K70^{\circ}-80^{\circ}B$ doğrultusunda, güneybatı bloğun yükseldiği normal faylanma gelişmiştir. KB-GD doğrultulu bu fay, Yenice-Gönen depreminde de büyük bir bölümünün kırıldığı saptanan KD-GB doğrultulu sağ yönlü

doğrultu atımlı normal bileşenli bir fay tarafından kesilmiş ve KB-GD doğrultulu fayda yaklaşık 75 m sağ yönlü yer değiştirme yapmıştır. KD-GB doğrultulu bu fay yaklaşık 5km uzunluğunda, K50°-60°D doğrultusundadır. Güneydoğu bloğu yükselen bu fay boyunca Jura kireçtaşlarında (Bilecik kireçtaşı) yaklaşık 100 m sağ yönlü yer değiştirme olmuştur. Bu fayın güneydoğusunda, KB-GD gidişli fay güneyde tekrar kesilmiş ve sonlanmıştır. Burada KD-GB doğrultusunda gelişen bu fay yaklaşık 12 km uzunluğundadır. Bayırköy formasyonu, Bilecik kireçtaşı ve Kalabak formasyonunu kesip bu birimleri andezitlerle karşı karşıya getirmiş, yine Kalabak formasyonu içinden, granodiyoritleri, andezitleri ve Bilecik kireçtaşlarını keserek devam etmiştir. K75°-80°D doğrultulu fay boyunca sağ yönlü yer değiştirme miktarı Kalabak formasyonunda yaklaşık 500m, granodiyoritte ise yaklaşık 110m'dir. Ayrıca, granodiyoriti ve Kalabak formasyonlarını Koca çay kenarında K15°-20°D doğrultusunda kesen normal fayı da kesmiş ve burada yaklaşık 420-430m sağ yönlü yer değiştirme yapmıştır. KD-GB doğrultulu bu 12 km uzunluğundaki fay boyunca yine güney blok yükselmiş, kuzey düşmüştür ve sağ yönlü oblik fay karakterindedir. Bu fayın doğu ucunda doğrultusu K60°D'dur ve bu fay tarafından doğu kenarda kesişen K70°-80°D doğrultulu fay yaklaşık 5km uzunluğundadır. Bilecik kireçtaşları ile Kalabak, Hasanlar ve Bayırköy formasyonlarını karşı karşıya getirmiştir ve fay boyunca güney blokta yer yer yükselmeler olmuştur. Bu fayların kuzeyinde K60°-65°B doğrultusunda yaklaşık 2,5km uzunluğunda sol yanal atımlı bir fay vardır. Hasanlar formasyonunu, Bilecik kireçtaşlarını ve andezitleri kesen fay boyunca sol yönlü yer değiştirme miktarı Bilecik kireçtaşlarında yaklaşık 1km kadardır. Güneybatı bloğunda da yükselme olan bu fay sol yönlü oblik fay karakterindedir. Bu fay hemen güneyinde K65°-80°D doğrultu, yaklaşık 6km uzunluğundaki, granodiyoritleri, andezitleri ve Bilecik kireçtaşlarını kesen fayla kesişmiş ve sonlanmıştır.

Fındıklı'nın hemen batısından geçen K30°-35°D doğrultulu fay yaklaşık 5km uzunluğundadır. Bu fay boyunca Bilecik kireçtaşları, Bayırköy formasyonu, andezit-tüflerle karşı karşıya gelmiş, Hasanlar formasyonu ve andezit-tüfleri keserek kuzeydoğuda sonlanmıştır. Fayın batı bloğunda yer yer yükselmeler, doğu tarafında düşmeler vardır.

Karasukabaklar ve Alanobası köyleri yakınlarında andezit-tüfler içinde KD-GB doğrultulu iki fay vardır. Her iki fay birbirine en-echelon şekilde gelişmiştir. Her ikisi de K60°-70°D doğrultu, yaklaşık 2,5km uzunluğundadır. Kuzey blokları yükselmiş güney blokları düşmüştür. Morfolojik olarak sağ yanal atımlı oblik faylardır.

Gönen çayı boyunca KD-GB uzanımlı faylar gelişmiştir. Karasu dolayında, Gönen çayı kuzeyinden giden fay K55°-60°D doğrultulu yaklaşık 3.5-4km uzunluğundadır. Bu fay, andezitler ve Gönen Çayı çökellerini kesmiş, kuzey yükselmiş güney çökmüştür. Gönen Çayı'nın güneyinden giden KD-GB gidişli olan bir diğer fay ise yaklaşık 5-6km uzunluğundadır. K55°-60°D doğrultulu bu fay andezitler içinden ve Gönen Çayı çökellerinden, andezit ve Bilecik kireçtaşlarının akarsu çökelleri ile olan dokanağından gider. Bilecik kireçtaşlarında sağ yönlü yer değiştirme miktarı 400-600m arasındadır. Bu fay

boyunca sağ yönlü doğrultu atım oldukça belirgin gelişmiştir. Fay boyunca sırtlar ötelenmiş, derelerin önüne sırtların uç kısımları gelmiştir. Ayrıca güney blok yükselmiş, kuzey blokta ise belirgin bir düşme olmuştur. Fay boyunca asılı vadiler gelişmiştir. Hemen hemen bu fayın kuzeydoğuya devamında yine yaklaşık 5-5.5 km uzunluğunda K40-45D doğrultusunda devam eden faylanma ile Bilecik kireçtaşı ve andezitler karşı karşıya gelmiş, andezitler içinden ve Ilıcaoba köyünde andezitler ile akarsu çökellerinin dokanağından gitmiştir. Yer yer güneydoğu bloğun yükseldiği, kuzeybatı bloğun düştüğü bu fay sağ yönlü doğrultu atım bileşeni fazla olan bir faydır. Yine Gönen Çayını kesen bu fayla derede sağ yönde sapmalar olmuştur. Sağ yönlü oblik fay karakterindedir.

Gönen Çayının güneydoğusunda Bilecik kireçtaşlarını Kalabak ve Bayırköy formasyonlarıyla karşı karşıya getiren ve andezitleri kesen K40°-50°D doğrultulu fay yaklaşık 8-9km uzunluğundadır. Morfolojik olarak sağ yönlü doğrultu atımlı bu fay boyunca güney blokta düşmeler olmuştur. Bu fayı kesen ya da bu fayla çakışan kuzeydeki fay K60°-80°D doğrultulu ve yaklaşık 10-12km uzunluğundadır. Batıda Bilecik kireçtaşlarıyla andezit dokanağından geçen fay daha çok andezitler içinden giderek kuzeydoğu ucunda andezitlerle Pliyosen çökelleri dokanağından giderek Pliyosen çökellerini kesmiştir. Morfolojik olarak sağ yönlü doğrultu atımlı bu fay boyuca güney blok yükselmiş oblik bir karakter sunmaktadır. Bu fay Gönen Çayını da kesmiş burada büyük bir atım oluşturmuştur. Ancak çay mendereslenerek aktığından atım net olarak belirlenememiş yaklaşık 220-230 m arasında denilebilir.

Ekşidere ve Balcıdede köylerinin güneyinde uzanan yaklaşık 6km uzunluğundaki fay D-B doğrultusunda uzanmaktadır. Bu fay andezitler içinden, andezitle Kuvaterner çökelleri dokanağından ve andezitle Pliyosen çökelleri dokanağından geçmiştir. Yer yer olası çizilen fay boyunca güney blok yükselmiş, kuzey çökmüştür. Üçpınar köyü güneyinde de yine yaklaşık 6km uzunluğunda D-B doğrultusunda gelişen fay andezitler içinden, Pliyosen çökellerinden ve andezitle Pliyosen çökelleri dokanağından gitmiştir. Buradaki faylanmada da güney blok yükselmiş kuzey blok düşmüştür. Bu her iki fay Gönen havzasını güneyden sınırlayan faylardır.

Gönen'de Pliyosen çökellerini ve Kuvaterner çökellerini kesen K-G (K8°D) doğrultulu, doğu bloğun yükseldiği yaklaşık 2.5-3 km uzunluğunda bir fay gelişmiştir. Gönen kaplıcaları bu fay üzerinde çıkmaktadır. Gönen kuzeyinde ise yaklaşık 2 km uzunluğunda Kuvaterner ve Pliyosen çökellerini kesen yaklaşık K40°D doğrultulu bir faydır ve güney taraf yükselmiştir.

3.3. Kinematik Analizler

3.3.1. Teorik alt yapı

Faylar kırılğan ortamlarda tektonik gerilmelere bağlı olarak gelişen yapılardır. Ana gerilme doğrultuları σ_1 , σ_2 ve σ_3 olarak tanımlanan tektonik gerilmelerin kestirimi, deformasyonun doğasının anlaşılması bakımından önemlidir. Uzun zamandır fay düzlemlerinin yönelimi ile asal gerilme eksenleri arasında bir ilişki olduğu bilinmektedir (Anderson 1951). Gerilim eksenlerinin yönelimi ile ilgili düzenlemeler fayın taban bloğuna göre tavan bloğunun birim vektörel hareketi göz önünde bulundurularak yapılmıştır (Wallace 1951; Bott 1959).

Tersleme (inverse) probleminin çözümlenmesinde birkaç yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları Carey ve Brunier (1974), Angelier (1984), Etchecopar vd. (1981), Armijo vd. (1982), Angelier (1990 ve 1994), ve Yamaji (2000) tarafından geliştirilmiştir. Tersleme problemlerinin çözümü birkaç önemli kabul gerektirmektedir (Ramsey ve Lisle 2000):

1. Eğer uygulanan gerilim yeterince büyükse, yeni bir fayın oluşumu ya da var olan bir fay düzlemi üzerinde yeni bir hareket gelişmektedir. Her iki durumda da, kaymanın en fazla makasla gerilimi oluşturan düzlem üzerinde gerçekleştiği (Wallace-Bott hipotezi Wallace, 1951; Bott, 1959),
2. Faylanmanın gerçekleştiği kayaç kütlesinin homojen olduğu,
3. Her fay düzlemi üzerinde meydana gelen kaymanın bir diğer faydakinden bağımsız olduğu ve komşu faydaki kayma doğrultularının birbirlerini etkilemediği kabul edilmektedir.

Gerilim dönüşümünün teorik alt yapısı Angelier (1994) ile Ramsey ve Lisle (2000) tarafından ayrıntılı olarak tartışılmış olup, burada verilen bilgiler bu iki referansa dayanılarak yapılmıştır.

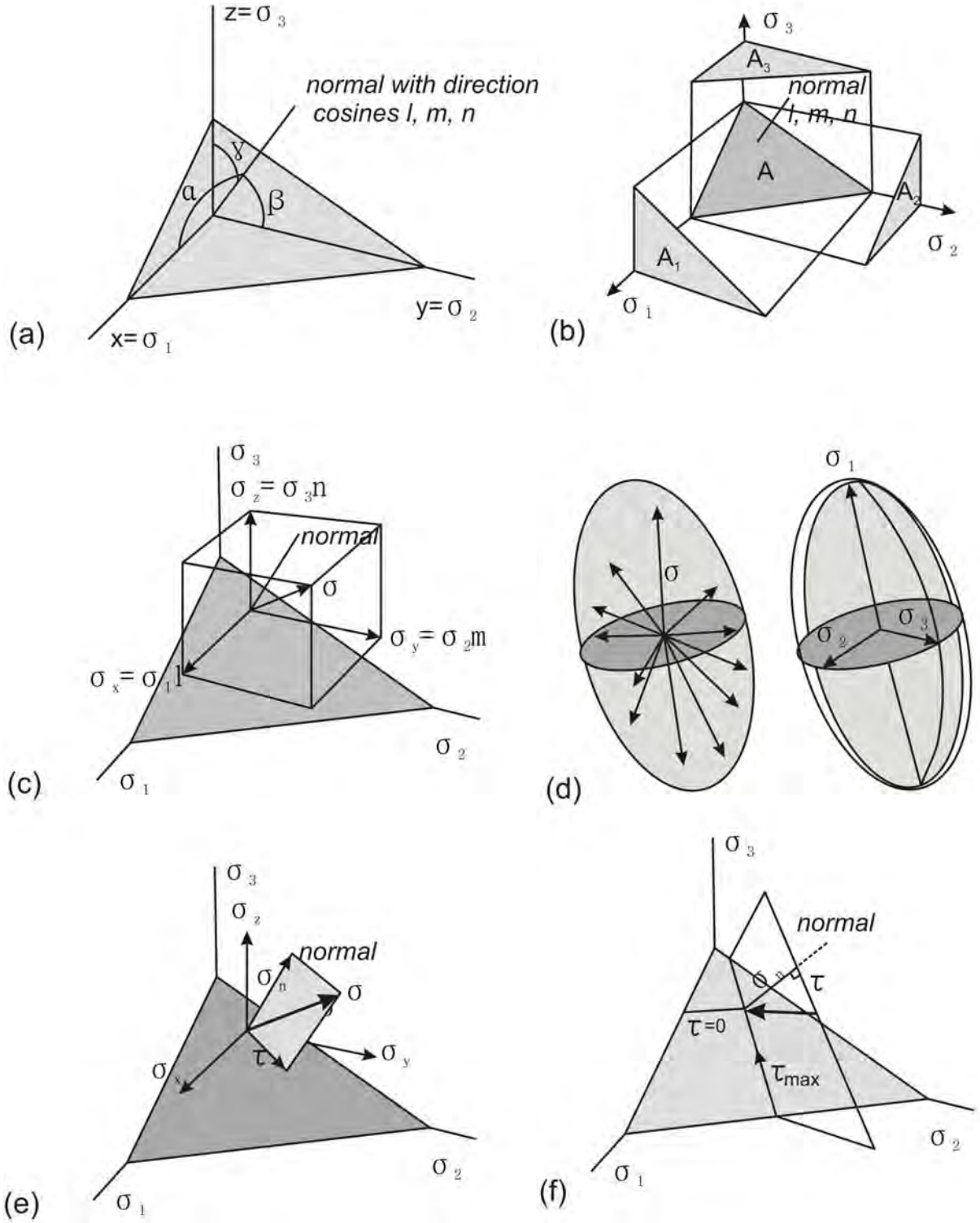
Birbirine dik ve σ_1 , σ_2 ve σ_3 asal gerilme eksenlerine karşılık gelen x, y ve z koordinat eksenleri içine yerleştirilmiş bir düzlem olduğunu düşünelim (Şekil 3.1a). Düzlemin yönelimi düzleme dik olan normal vektörün her asal gerilme eksenine ile yaptığı üç açı ile (α , β , γ) tanımlansın. Bu açıların kosinüsü (cos) düzlemin normalinin kosinüsleri olan l, m ve n olarak gösterilebilir.

$$l = \cos \alpha ; m = \cos \beta ; n = \cos \gamma$$

Uzaydaki herhangi bir çizginin yönelimi aşağıdaki denklemlerle tanımlanabilir.

$$l^2 + m^2 + n^2 = 1$$

Düzlemin üzerine etki eden gerilim vektörü 'nın bileşenleri σ_x , σ_y ve σ_z olarak birbirine dik olan eksenlere ayrılabilir (Bu bileşenlerden x'in doğrultusu σ_1 'in, y'nin doğrultusu σ_2 'in ve z'nin doğrultusu σ_3 'ün doğrultusuna paraleldir).



Şekil 3.1. (a) Kartezyen koordinat sistemi içindeki bir düzlem doğrultu kosinüsleri, l , m ve n olan kendi birim vektörleri ile temsil edilir (x , y ve z koordinat sistemi içindeki asal gerilme eksenlerine karşılık gelmektedir); (b) A düzleminin izdüşürülen A_1 , A_2 ve A_3 düzlemleri; (c) σ_x , σ_y ve σ_z 'nin A_1 , A_2 ve A_3 düzlemleri üzerinde indirgenmiş değerleri; (d) Gerilme elipsoidi. (e) Düzleme dik ve paralel olarak etki eden σ 'lara ait makaslama gerilmesi olan (τ) ve normal gerilmesi olan (σ_n) bileşenleri; (f) Düzlemdeki kayma, maksimum makaslama gerilmesi olan τ_{max} 'a paralel olarak gelişir (Ramsey ve Lisle 2000; Çiftçi 2007' den alınmıştır).

σ_x , σ_y ve σ_z 'nin büyüklükleri σ_x asal gerilme eksenlerine dik A_1 , A_2 ve A_3 düzlemlerindeki büyüklüklerine karşılık gelsin (Şekil 3.1b ve c).

$$\sigma_x = \sigma_1 (A_1/A) = \sigma_{11} = \sigma_1 (A_1/A) = \sigma_1 l$$

$$\sigma_y = \sigma_2 (A_2/A) = \sigma_2 m$$

$$\sigma_z = \sigma_3 (A_3/A) = \sigma_3 n$$

Pisagor teoremine göre gerilim vektörünün büyüklüğü;

$$\sigma = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2)^{1/2} = (\sigma_1^2 l^2 + \sigma_2^2 m^2 + \sigma_3^2 n^2)^{1/2}$$

ve asal gerilimin σ 'nın kosinüsleri l_σ , m_σ ve n_σ ;

$$l_\sigma = \sigma_x/\sigma ; m_\sigma = \sigma_y/\sigma ; n_\sigma = \sigma_z/\sigma$$

olur. Bu nedenle yönelimi olan her düzlemin kendine ait bir gerilim vektörü vardır. Dolayısıyla, kartezyen koordinat sisteminde, x, y ve z'nin σ_1 , σ_2 ve σ_3 'e karşılık geldiği düzlem üzerine etkiyen her gerilim vektörünün bitim noktası gerilme elipsoyidi adı verilen bir elipsoyid üzerinde yer alır (Bkz. Şekil 3.1d). Bu elipsoyid aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$x^2/\sigma_1^2 + y^2/\sigma_2^2 + z^2/\sigma_3^2 = 1$$

Her düzleme etkiyen gerilme vektörü (1) Düzleme dik olan normal gerilme bileşeni ve (2) düzleme paralel olan makaslama gerilmesi bileşeni olmak üzere ikiye ayrılabilir (Bkz. Şekil 3.1e). Normal gerilme bileşeni σ_n ; σ_x , σ_y ve σ_z 'nin kümülatif toplamına eşittir.

$$\sigma_n = \sigma_x l + \sigma_y m + \sigma_z n = \sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2$$

Şekil 4.34e'de verilen makaslama gerilmesinin büyüklüğü Pisagor teoreminden şu şekilde bulunabilir.

$$\tau^2 = \sigma^2 - \sigma_n^2 = \sigma_1^2 l^2 + \sigma_2^2 m^2 + \sigma_3^2 n^2 - (\sigma_1 l^2 + \sigma_2 m^2 + \sigma_3 n^2)^2$$

Bu formül şu şekilde basitleştirilebilir.

$$\tau^2 = (\sigma_1 - \sigma_2)^2 l^2 m^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 m^2 n^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 n^2 l^2$$

Bu denklem bir düzlem üzerine etkiyen makaslama gerilmelerinin büyüklüklerini kontrol eden etkenleri göstermektedir. Asal gerilmeler arasındaki büyüklük farkı, oluşan makaslama gerilmesini kontrol eden en önemli faktördür. Hidrostatik gerilmeler altında ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$) düzlem üzerinde gerilme oluşmamaktadır.

Fay düzlemi üzerinde kaymayı sağlayan en önemli unsurun makaslama gerilmesi olması nedeniyle doğrultusunun bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultu düzlemin üzerinde s 'in izdüşümüdür (Bkz. Şekil 3.1f). Düzlemde, üzerinde hiç makaslama gerilmesi olmayan ($\tau = 0$) bir çizgi düşünelim. Bu çizgi hem gerilme vektörü σ 'ya hem de düzlemin normaline dik

olsun. Bu; doğrultu oranları (l_1, m_1, n_1) ve (l_2, m_2, n_2) bilinen çizgilere dik bir doğrultu oranı olduğunu şu denklemlerle gösterilir:

$$(m_1n_2 - n_1m_2, -n_1l_2 - l_1n_2, l_1m_2 - m_1l_2)$$

Asal gerilme σ 'nın doğrultu oranları $(\sigma_1l, \sigma_2m, \sigma_3n)$ ve düzlemin normali (l, m, n) ise $(\tau = 0)$ çizgisinin doğrultu oranı:

$$(mn(\sigma_2 - \sigma_3), ln(\sigma_3 - \sigma_1), ml(\sigma_1 - \sigma_2))$$

olarak bulunur. Eğer gerilme şekil oranı olan $\Phi = (\sigma_2 - \sigma_3)/(\sigma_1 - \sigma_3)$ kullanılır ve her tarafı $(\sigma_1 - \sigma_3)$ 'e bölersek $\tau = 0$ çizgisinin doğrultu oranı:

$$mn\Phi, -nl, lm(1 - \Phi)$$

haline dönüşür. Maksimum makaslama gerilmesinin doğrultusu hem $\tau = 0$ çizgisine hem de düzlemin normaline dik olması gerektiğinden, doğrultu oranı şu şekilde elde edilir:

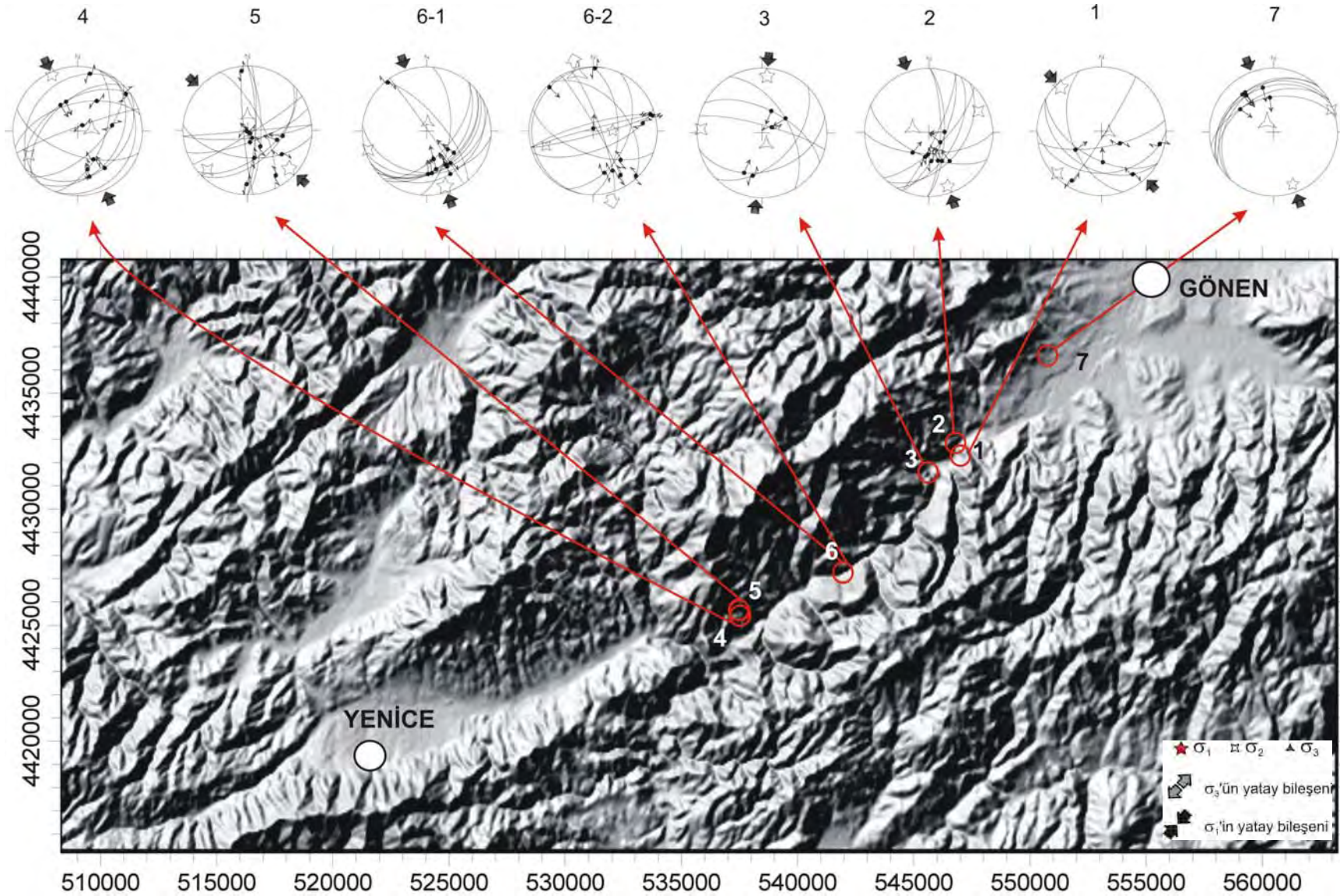
$$l(m^2\Phi - m^2 - n^2), m(l^2 - l^2\Phi - n^2\Phi), n(m^2\Phi + l^2)$$

Bu denklem kinematik analizlerin emeli olarak kabul edilir. Bir düzlem üzerindeki makaslama gerilmesinin doğrultusu, asal gerilmelerin yönelimi olan l, m ve n ile gerilim oranı olan Φ oranı ile temsil edilir.

Bu oran asal gerilmelerin büyüklükleri farklarının birbirlerine oranı olarak tanımlanabilir. ($\Phi = \sigma_2 - \sigma_3 / \sigma_1 - \sigma_3$). Bu değer 0 ile 1 arasında değişir ve deformasyon elipsoidinin geometrisini gösterir (Angelier 1994). Phi değeri =0'a yaklaştıkça σ_2 ve σ_3 'ün büyüklükleri de birbirlerine yaklaşmaktadır. Bu gibi tektonik rejimlerde deformasyon esnasında σ_2 ve σ_3 eksenleri yerdeğiştirebilir ve farklı doğrultularda faylanmalar gözlenebilir. Φ oranı 1'e yaklaştıkça σ_3 'ün büyüklüğü diğer eksenlerden uzaklaşacak ve tek eksenli bir genişleme söz konusu olacaktır (Angelier 1994; Çiftçi 2007'den).

3.3.2. Çalışma alanındaki kinematik analizler

1953 Yenice-Gönen depremini üreten fay zonunun neotektonik özelliklerini ortaya koymak için yapılan çalışmaların en önemlilerinden biri de kinematik analizlerdir. Kinematik analizler fay düzlemlerinin belirgin olarak gözlemlendiği Gönen-Yenice arasındaki yol boyu gözlenen taze yol yarmalarında yürütülmüştür. Kayma düzlemlerinden elde edilen veriler Angelier'nin "direct inversion" metodu ile işlenmiştir. Bu amaçla 7 istasyondan veri toplanmıştır. Tüm verilerin Schmidt alt küre ağı üzerindeki stereografik çizimleri Şekil 3.2'de, veriler ise Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Analizlerde kullanılan kayma-düzlemi verilerinin elde edildiği istasyonların yerlerini gösteren 3D kabartma harita ve kayma-düzlemi verilerinin Schmidt alt küre ağı üzerindeki Stereografik çizimleri.

Çizelge 3.1. İnceleme alanındaki 7 istasyondan ölçülen fay düzlemi verileri ve kinematik analizi

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
1	1	120	40G	30G	Ters	$\sigma_1 = 181^\circ / 19^\circ$ $\sigma_2 = 281^\circ / 27^\circ$ $\sigma_3 = 060^\circ / 56^\circ$	0.652
	2	80	70G	70D	Ters		
	3	90	35G	15D	Sağ yanal		
	4	160	50G	80G	Ters		
	5	32	85D	12G	Sol yanal		
	6	120	55G	70G	Ters		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
2	1	115	60G	65D	Ters	$\sigma_1 = 161^\circ / 12^\circ$ $\sigma_2 = 067^\circ / 17^\circ$ $\sigma_3 = 285^\circ / 69^\circ$	0.659
	2	24	70D	58G	Ters		
	3	90	63G	70B	Ters		
	4	30	55G	68G	Ters		
	5	45	70G	70G	Ters		
	6	25	80D	60G	Ters		
	7	1	70D	89K	Ters		
	8	40	45G	80G	Ters		
	9	1	75D	78G	Ters		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
3	1	105	80K	80D	Ters	$\sigma_1 = 024^\circ / 16^\circ$ $\sigma_2 = 114^\circ / 1^\circ$ $\sigma_3 = 207^\circ / 74^\circ$	0.612
	2	117	60K	88K	Ters		
	3	45	50G	45G	Ters		
	4	75	40G	58B	Ters		
	5	150	55K	89K	Ters		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
4	1	20	55D	50G	Ters	$\sigma_1 = 335^\circ / 5^\circ$ $\sigma_2 = 244^\circ / 17^\circ$ $\sigma_3 = 082^\circ / 72^\circ$	0.684
	2	75	55K	58D	Ters		
	3	55	50K	89K	Ters		
	4	70	85K	82K	Ters		
	5	45	52K	75K	Ters		
	6	55	30G	89K	Ters		
	7	18	12D	35K	Ters		
	8	110	60G	60G	Ters		
	9	45	60G	55D	Ters		
	10	35	25K	25K	Ters		
	11	35	35G	55G	Ters		

Çizelge 3.1. (devam ediyor)

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
5	1	180	80D	55G	Sol yanal	$\sigma_1 = 132^\circ / 13^\circ$ $\sigma_2 = 226^\circ / 14^\circ$ $\sigma_3 = 360^\circ / 71^\circ$	0.465
	2	175	85B	8K	Sol yanal		
	3	180	73D	70G	Ters		
	4	4	80D	18G	Sol yanal		
	5	155	70D	20G	Sol yanal		
	6	85	89G	89B	Ters		
	7	70	88G	88G	Ters		
	8	95	45D	45D	Ters		
	9	50	70D	70D	Ters		
	10	58	89K	89K	Ters		
	11	85	85D	85D	Ters		
	12	45	65D	65D	Ters		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
6 (1)	1	145	88K	38D	Sağ yanal	$\sigma_1 = 161^\circ / 10^\circ$ $\sigma_2 = 252^\circ / 5^\circ$ $\sigma_3 = 007^\circ / 78^\circ$	0.392
	2	42	58D	70G	Ters		
	3	5	60D	70G	Ters		
	4	140	70K	4K	Sağ yanal		
	5	60	25G	89G	Ters		
	6	55	37G	86G	Ters		
	7	70	35G	75G	Ters		
	8	50	42G	70G	Ters		
	9	50	40G	82G	Ters		
	10	40	45G	89K	Ters		
	11	95	35G	80D	Ters		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
6(2)	1	75	87K	89D	Normal	$\sigma_1 = 089^\circ / 65^\circ$ $\sigma_2 = 252^\circ / 24^\circ$ $\sigma_3 = 345^\circ / 6^\circ$	0.975
	2	110	60G	45D	Normal		
	3	160	80D	32G	Sağ yanal		
	4	75	80K	8D	Sol yanal		
	5	150	85K	20G	Sol yanal		
	6	140	45K	5G	Sol yanal		
	7	25	45D	50G	Normal		
	8	180	58D	3K	Sol yanal		
	9	10	5B	55K	Ters		
	10	70	65G	25D	Sağ yanal		
	11	75	85G	5D	Sol yanal		

İstasyon	No	Doğrultu (°K)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma (°)	Tür	Asal gerilme eksenleri	Ø
7	1	77	45K	85D	Ters	$\sigma_1 = 160^\circ / 14^\circ$ $\sigma_2 = 069^\circ / 3^\circ$ $\sigma_3 = 327^\circ / 75^\circ$	0.822
	2	60	25K	85G	Ters		
	3	42	30K	80K	Ters		
	4	60	40K	70G	Ters		
	5	65	30K	80K	Ters		
	6	45	25K	85K	Ters		

Şekil 3.2’de de görüldüğü gibi fay zonunu etkileyen sıkışma kuvvetlerinin doğrultusu KKB-GGD ile KB-GD arasında değişmektedir. Arazide ölçülen fayların önemli bir kısmının ters fay ve kısmen doğrultu bileşenine sahip ters fay özellikleri göstermesi, genel karakteri sağ yanal olarak bilinen fay sisteminin bu bölümünün transpresyonel özellik gösterdiğinin kanıtıdır.

Asal gerilim dağılımlarında $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ilişkisi bulunmaktadır. Buna bağlı olarak “inverse direction” metoduyla elde edilen düzlem çözümlerinde bu duruma bağlı olarak ortaya çıkan ϕ değeri 0.5 civarında hesaplanmaktadır. Ancak fayların büklüm ve/veya atlama yaptığı noktalarda gerilim dağılımları beklenen değerlerden farklılık göstermekte, bu durum da σ_2 ve σ_3 değerlerinin birbirlerine çok yaklaşmasına yol açmaktadır. Bu bölgelerde gelişen yapılar, ana sistemin beklenen özelliklerinden farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu gibi değişimler ϕ değeri ile kontrol edilebilmektedir. ϕ değerinin “1” e yaklaşması, σ_2 ve σ_3 ’ün büyüklüklerinin birbirine yakın olması, bu eksenlerin deformasyon esnasında yer değiştirebiliyor olması ve σ_1 ’in düşey olduğu konumlarda farklı doğrultularda normal fayların gelişebileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Bu durum, çalışma bölgesindeki 6-2 nolu istasyonda ortaya çıkmaktadır. Tüm sistemin yaklaşık KB-GD doğrultulu sıkışma rejiminin belirteçlerini sunarken, sadece bu istasyondan elde edilen sonucun KKB-GGD açılmayı göstermesinin sebebi bu olmalıdır.

4. PALEOSİSMOLOJİ

4.1. Segmentasyon

Fay segmentasyonu deprem kırığının başlangıç ve sonlanmasını kontrol eder ve deprem oluşum mekanizmasının anlaşılmasını sağlar. Fayların birkaç metreden onlarca kilometre uzunlukta çeşitli ölçeklerde segmentlere ayrılabilceği konusunda genel bir görüş vardır (Schwartz ve Sibson, 1989). Fay segmenti terimi fayın bölümleri için genel bir terim olarak kullanılabilir. Fay segmentlerini tanımlamada kullanılan karakteristik özellikler oldukça önemlidir. Statik kriterler (yapısal, jeolojik ve geometrik kanıtlar) ile tanımlanan fay segmentleri genellikle onları birbirinden ayıran uzamsal süreksizliklerle tanımlanır (McCalpin, 1996). Fay segmentleri ile ilgili yapılan sınıflama Çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge-4.1. Fay Segmentlerinin Tipleri ve Onları Tanımlamada Kullanılan Karakteristik Özellikler (McCalpin, 1996).

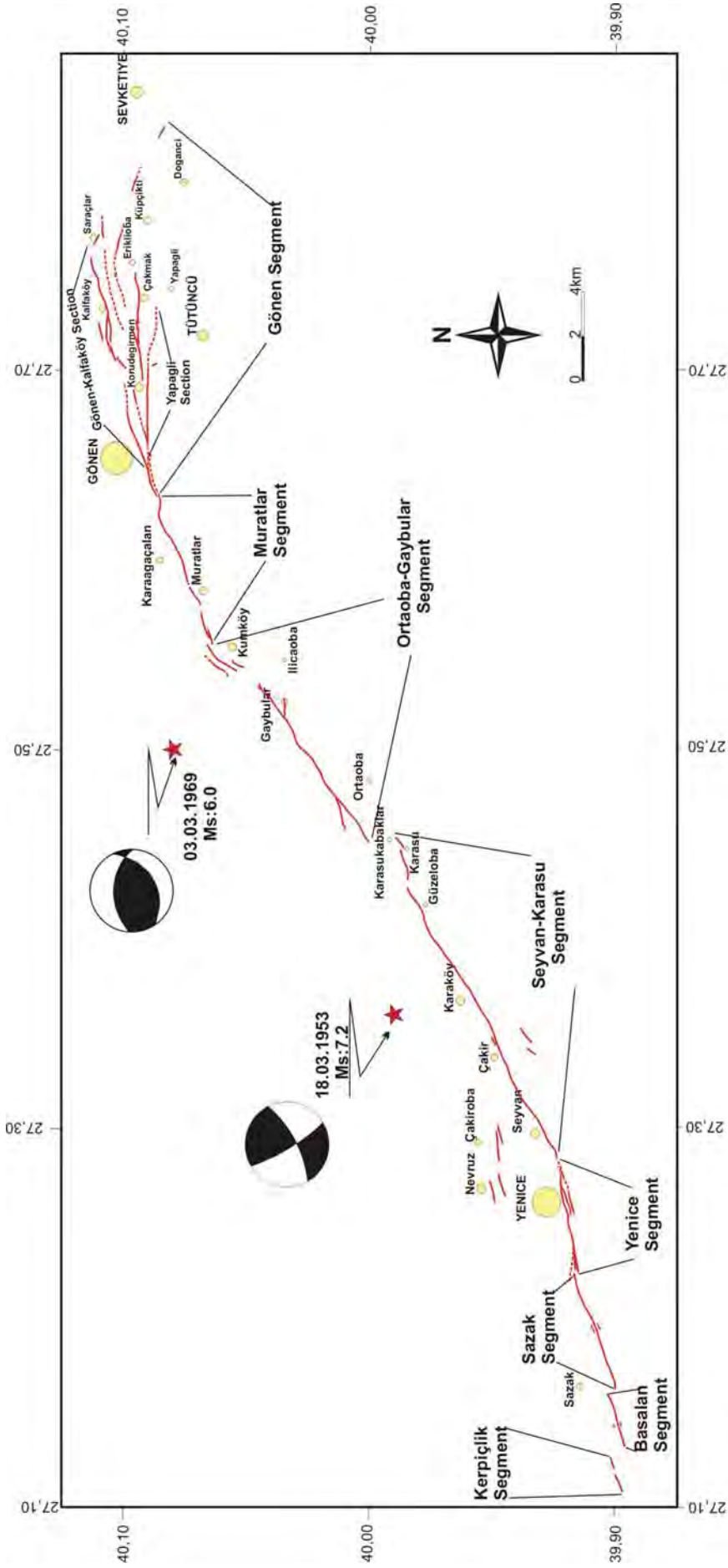
Segment Tipi	Segmenti tanımlamada kullanılan özellikler	Deprem segmenti olma olasılığı
1. Deprem	Tarihsel depremlerle kırılma sınırları	Tanımlama % 100
2. Davranışsal (Behavioral)	1. İyi tarihlendirilmiş paleodepremler tarafından tanımlanan kırık sınırları 2. Segmentin kayma hızındaki değişim, tekrarlanma aralığı, yer değiştirmenin duyarlılığı, kilitlenmiş davranışın karşısında krip, fay karmaşıklığı ile sınırlandırılması	Yüksek Orta (%26)
3. Yapısal	Segment fayın dallanması, diğer faylar ve kıvrımlarla kesişmesi ve çapraz yapılarla sınırlandırılır.	Orta-Yüksek (%31)
4. Jeolojik	1. Kuvaterner havzalar veya volkanik alanlarla sınırlandırılması 2. Tek temelle sınırlandırılması 3. Jeofizik anomaliler ile sınırlandırılması 4. Jeomorfolojik belirteçlerle sınırlandırılması, sahanın önündeki morfoloji, tepe yükseltileri gibi.	Değişken (%39) Az sayıdaki gözlemlerle doğruluğu şüphelidir.
5. Geometrik	Segmentler fayın doğrultusundaki değişim, sıçramalar, fay ayrılmaları (separation), faylanmadaki boşluklarla tanımlanır	Orta-Düşük (%18)

Son yıllarda yapılan segmentasyon çalışmaları geometrik süreksizliklerine göre yapılmaktadır. Büyüklüğü 7 veya daha büyük olan depremler, fayın doğrultusundaki değişim, sıçramalar, faylanmadaki ayrılmalar veya boşluklarla tanımlanan birçok geometrik segment, veya fayın dallanması, diğer faylar ve kıvrımlarla kesişmesi veya çapraz yapılarla sınırlandırılan yapısal segmentler içeren kırıklara sahiptir (dePolo vd., 1989).

Yapılan bu sınıflamalar doğrultusunda, 1953 depremine ait yüzey kırığı üzerindeki detaylı haritalama sonucu Yenice-Gönen fay zonunun 8 geometrik segmentten oluştuğu görülür. Bunlar batıdan doğuya Kerpiçlik, Başalan, Sazak, Yenice, Seyvan-Karasu, Ortaoba-Gaybular, Muratlar ve Gönen segmentleridir (Şekil 4.1). Bu segmentlerin uzunlukları 2 ile 16 km arasında değişir ve sırasıyla 780 m genişliğinde serbestleşen sıçrama, 550 m genişliğinde serbestleşen sıçrama havzası (Sazak havzası), 19° açı ile sıkıştırıcı büklüm, fayın doğrultusundaki değişim, 1.25 km genişlikte sıkıştırıcı sıçrama, 17° açı ile sıkıştırıcı büklüm ve fayın kollara ayrılması gibi özelliklerle birbirlerinden ayrılırlar (Şekil 4.1).

Kerpiçlik segmenti (KS) yaklaşık K60°D doğrultusunda ve 2 km uzunluğundadır. 1953 depremi kırık zonunun batı ucunu oluşturur. KS üzerinde açılma çatlakları gözlenmiştir. Segment üzerinde belirgin yanal ve düşey hareket yoktur. K70°D doğrultusunda, 2.5 km uzunluğunda Başalan segmenti (BS) Sazak havzasının kuzeybatı kenarını sınırlar. BS üzerinde dere yataklarında sağ yanal sapmalar gözlenir. 5.5 km uzunluğunda, K70°D doğrultusunda Sazak segmenti (SS), Sazak havzasının güneydoğu kenarını oluşturur. SS boyunca dere yatakları ve sırtlarda gözlenen büyük ölçekteki sağ yanal sapmalar uzun dönemli bir yer değiştirmenin varlığını gösterir. DKD-BGB uzanımlı Yenice segmenti (YS), yaklaşık 5 km uzunluğundadır ve Yenice havzasını güneyden sınırlar. YS üzerinde yüzey kırığının izi (Şekil 4.2) ve açık yarıklar gözlenmiştir. Bu segment üzerindeki hareket normal bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterindedir. YS üzerinde 88 ile 495 cm arasında sağ yanal atım ve 50 ile 170 cm arasında düşey atım ölçülmüştür. Toplam uzunluğu yaklaşık 16 km olan Seyvan-Karasu segmenti SKS K60°D uzanımlıdır. SKS sağ yanal doğrultu atım karakterindedir. Bu segment boyunca 65 ile 420 cm arasında değişen sağ yanal atım ölçümleri alınmıştır (Şekil 4.3). Ortaoba-Gaybular segmenti (OGS) K55°D doğrultusunda ve 12 km uzunluğundadır. OGS bindirme bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterindedir. Kırık zonu boyunca ölçülen sağ yanal atım değerleri 110 ile 390 cm arasındadır. K70°D uzanımlı Muratlar segmenti (MS) yaklaşık 7.5 km uzunluğundadır. Bu segment ters fay bileşenli sağ yönlü doğrultu atımlı hareket gösterir. MS boyunca ölçülen sağ yanal atım değerleri 80 ile 340 cm arasında değişir. Gönen segmenti (GS) Gönen nehrinin güneydoğu köşesinden başlar ve kollara ayrılma özelliği ile Muratlar segmentinden ayrılır. Bu kollar; Gönen-Kalfaköy kolu (section), Korudeğirmen-Çakmak kolu (section) ve Yapağlı kolu (section) olmak üzere ayırt edilmiştir. Gönen Kalfaköy kolu yaklaşık 11 km uzunluğundadır ve yaklaşık K70°D doğrultuludur.

Bu kolda ölçülen en küçük sağ yanal atım değeri 470 cm'dir. Korudeğirmen-Çakmak kolu Gönen'in güneydoğusunda Yapağlı kolundan ayrılır. Yaklaşık K70°D doğrultusunda ve toplam uzunluğu yaklaşık 14 km olan Korudeğirmen-Çakmak kolu Korudeğirmen yakınlarında 500 m genişliğin de sağa sıçrama yapar ve sonra tekrar kollara ayrılarak Şevketiye'nin güneybatısına kadar K75°B doğrultusunda kesikli bir zon halinde devam ederek son bulur. Bu kol boyunca dere yataklarından ölçülen sağ yanal atım değerleri 80 ile



Şekil 1. 1953 Yenice-Gönen depremi yüzey kırığı üzerindeki segmentasyon. 1953 depremi fay düzlemi çözümü (McKenzie, 1972) ve 1969 depremi fay düzlemi çözümü (Taymaz ve diğerleri, 1991) harita üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Yenice segmenti üzerinde 1953 depremine ait yüzey kırığı izi.



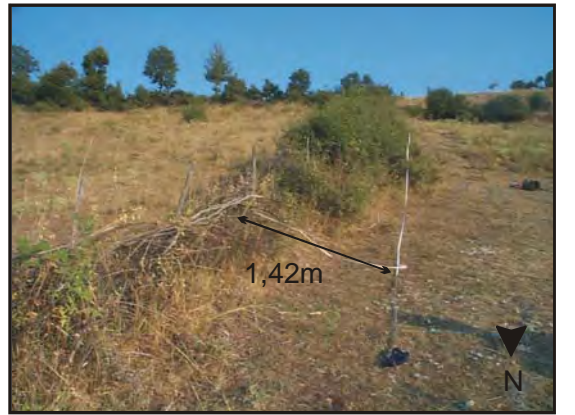
(a)



(b)



(c)



(d)

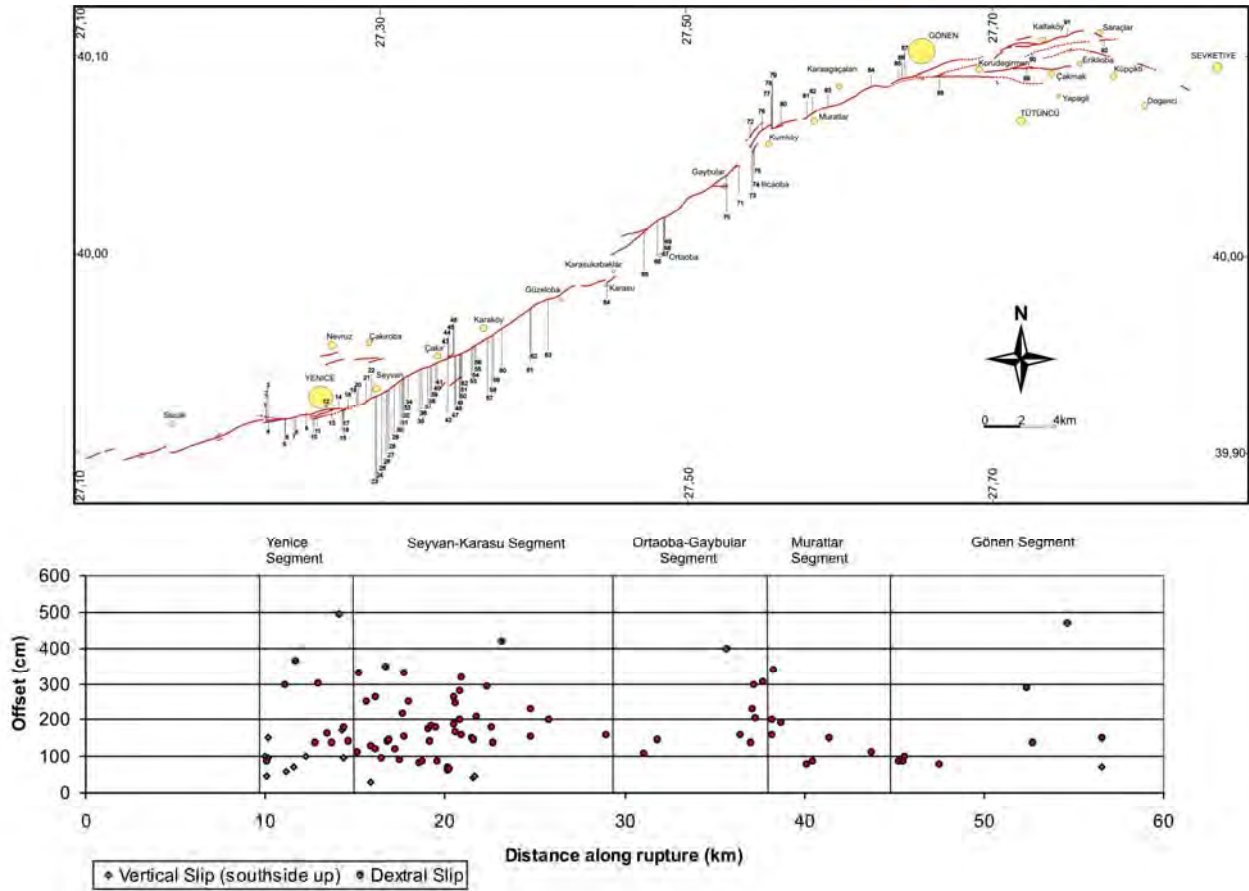
Şekil 4.3. Seyvan-Karasu segmentinden ölçülen sağ yanal ofsetler, (a) derenin doğu kenarından, (b), (c) ve (d) tarla sınırlarından alınmıştır

290 cm arasında değişmektedir. Yapağlı kolu ise yaklaşık 7.5 km uzunluğunda ve başlangıçta yaklaşık D-B doğrultusundadır ve son 2.5 km de K75°B doğrultusundadır. Korudeğirmen'in güneydoğusunda gözlen fay düzlemi kuzey tarafın yükseldiği ters fay bileşeni sunmaktadır.

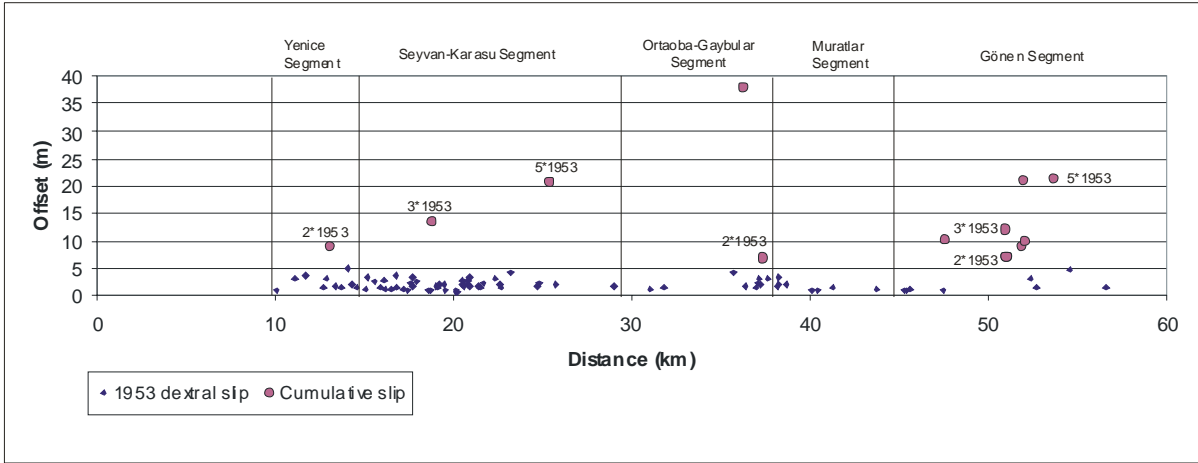
1953 Yenice-Gönen depremine ait toplam 92 adet ölçümden 80 adetinde sağ yanal atım değeri ölçülmüştür ve bu değerler 65 cm ile 495 cm arasında değişmektedir. Yenice segmentinde güney tarafta yükselme görülmüş ve düşey bileşen değerleri 48 ile 175 cm arasında değişmektedir. Seyvan-Karasu segmentinde sadece 3 lokasyonda güney tarafın yükseldiği düşey bileşen ölçülmüş ve değerler 30 ile 45 cm arasında değişir. Ortaoba-Gaybular segmentinde ise Ortaoba dolayında kuzey tarafın yaklaşık 110cm yükseldiği düşey bileşen görülmüştür. 1953 depremine ait ölçülen bu atım değerlerinde özellikle sağ yanal atım değerleri baskın alınarak kırık zonu boyunca atım dağılımı yapılmıştır (Şekil 4.4).

Kümülatif sağ yanal atım değerleri ise; Yenice segmentinde 9m, Seyvan Karasu segmentinde 13.30 m ve 30 m, Ortaoba-Gaybular segmentinde 6.8m ve 38m, Gönen segmentinin kollarından Gönen-Kalfaköy kolunda ise 7m ile 21.5 m arasında değişen 8 ölçüm alınmıştır. Bu değerlere göre kümülatif atım dağılımı yapılmıştır (Şekil 4.5)

MS 160 (Ms 7.1), 368 (Ms 6.8) ve 460 (Ms 6.9) depremlerini episantırları sırasıyla Ortaoba-Gaybular, Gönen ve Muratlar segmentlerinin üzerine yerleşmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Ofset ölçümlerinin alındığı lokasyonlar ve 1953 Yenice-Gönen depremi atım dağılımı.



Şekil 4.5. 1953 Yenice-Gönen depremi kırık zonu boyunca kümülatif atım diyagramı.

Segmentasyon çalışmaları sonucunda elde edilen sonuçlar

18 Mart 1953 depremi (Ms 7.2) batıda Sazak köyü güneybatısından doğuda Gönen doğusuna kadar yaklaşık 60 km uzunluğunda yüzey kırığı oluşturmuştur.

Kırık zonu 8 geometrik segmentten oluşmuştur. Bunlar, batıdan doğuya, Kerpiçlik, Başalan, Sazak, Yenice, Seyvan-Karasu, Ortaoba-Gaybular, Muratlar ve Gönen segmentleridir. Bu segmentlerin uzunlukları 2 ile 16 km arasında değişir. Bu segmentler sırasıyla 780 m genişliğinde sağa serbestleşen sıçrama, 550 m genişliğinde sağa serbestleşen sıçrama havzası, 19° açı ile sıkıştıran büküm, fayın yönündeki değişim, 1.25 km sıkıştıran sıçrama, 17° açı ile sıkıştıran büküm ve fayın kollara ayrılması gibi kriterlerle birbirlerinden ayrılmışlardır.

Yüzey kırığı üzerinde hala korunmuş olan açık yarıklar ve çatlaklar, köstebek yapıları (mole track) ve lokal olarak düşey sarplıklar gözlenmiştir.

GPS çalışmaları (Straub vd., 1997; McClusky vd., 2000) Marmara Bölgesinde KAF'nın kayma hızının yaklaşık 23 mm/yıl ve güney kolda 3 mm/yıl olduğunu gösterir. 31.5°D ve 27.5°D boylamları arasında GPS hareket vektörleri D-B doğrultusunda iken 27.5°D batısında BGB'ya doğru doğrultusunun değiştiği gözlenir (Straub vd., 1997). KAFS'nin bölgesel doğrultusu 27.5°D batısında sıkıştıran (restraining) karakterle değişmektedir. Yenice-Gönen fay zonunda oluşan sıkıştıran büküm geometrisi de bunun bir parçasıdır.

1953 kırığı üzerinde ölçülen sağ yanal ofsetler 65cm ile 495 cm arasında değişir. Kümülatif yer değiştirme miktarları ise 6.8 m ile 38 m arasındadır. Yüzey kırığı üzerinde ölçülen 1953 depremine ait ofset miktarları, kümülatif değerler ve ayrıca Yenice-Gönen fay zonu üzerine düşen tarihsel depremler bu zon üzerinde en az 3 depremin varlığını göstermektedir.

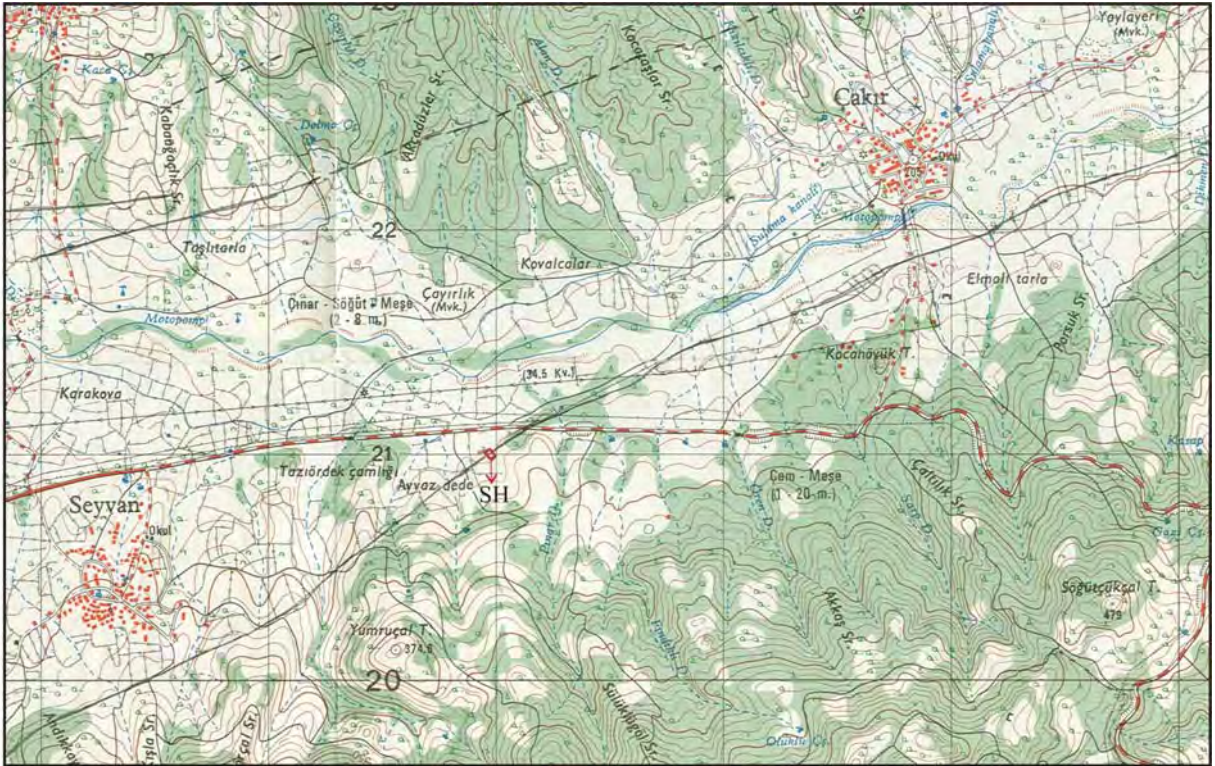
4.2. Hendek Çalışmaları

Bir fay sarplığı üzerinde hendek açılması, yüzey kırığı meydana getirmiş bir diri fayın araştırılması için kullanılan en yaygın yöntemlerden birisidir. Hendek çalışmaları geçmiş yüzey faylanması oluşturmuş depremlerin tanımlanması üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu depremlerin her yerde tanınma olasılıkları aynı değildir. Bu yüzden hendek yerlerinin seçimi çok dikkatli bir şekilde yapılmalıdır. Bu amaç için iki şartın yerine getirilmesi gereklidir;

1. Bu yerlerde fay sarplıklarının yeri birkaç metre hassasiyetle saptanmalı ve
2. Bu yerlerin jeomorfolojik konumları, geçmiş depremlerin jeolojik kayıtlarının gömülmesi ile korunmasını sağlayacak uygun sedimentasyonun gelişmesi gereklidir (Demirtaş, 1997).

4.2.1. Seyvan Hendeği

1953 Yenice-Gönen depremine ait yüzey kırığı üzerinde açılması planlanan hendeklerin yer seçimi yapılırken öncelikle hava fotoğrafları incelenmiş, hendek açılacak yerlerin tespiti yapılmıştır (Şekiller 4.6, 4.7). Bu lokasyonlar arazide kontrol edilerek yüzey kırığının tespit edildiği yerlerde ve yaşlandırılabilir sedimanların korunmasını sağlayabilecek alanlar olmasına dikkat edilmiştir. Seyvan hendeği, Seyvan köyünün yaklaşık 2 km kuzeydoğusunda, faya dik olarak 12m uzunluğunda, 3m genişliğinde ve 2.5m derinliğinde açılmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.6. Seyvan Hendeği (SH) yerinin 1953 depremi yüzey kırığının 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerindeki konumunu

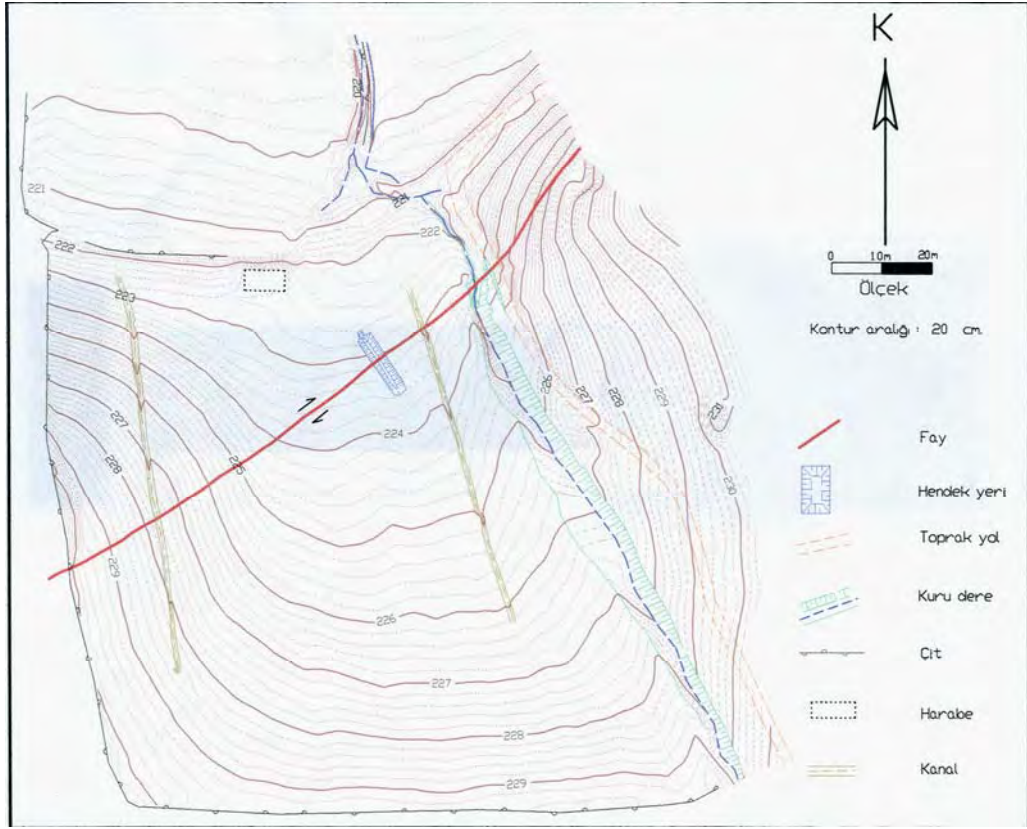


Şekil 4.7. Seyvan hendeği yerinin hava fotoğrafı üzerindeki yeri (kırmızı renkli kutu). Oklar fayın izini göstermektedir

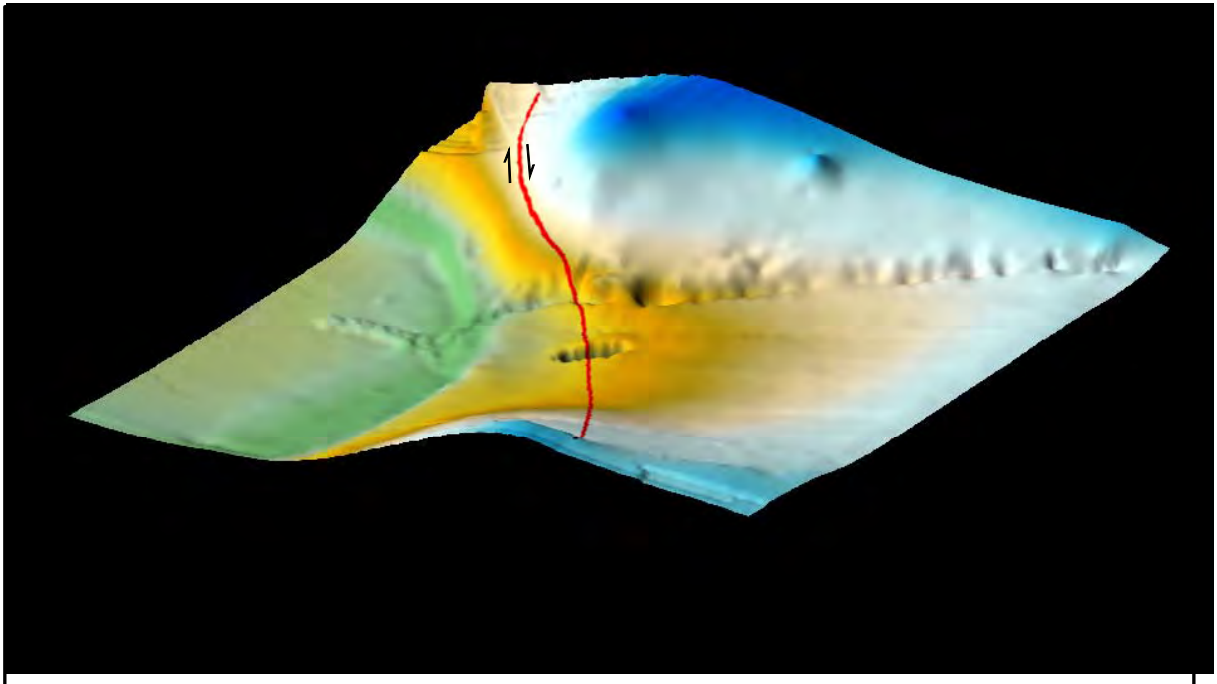


Şekil 4.8. Seyvan hendeği açma ve temizleme çalışmaları

Detay topoğrafik haritalama için toplanan veriler Netcad çizim programına aktarılarak hendek dolayının detay topoğrafik haritaları oluşturulmuştur. Seyvan hendeğinde 1777 ölçüm noktası kullanılarak 20300 m² lik alanda detay topoğrafik haritalama yapılmıştır (Şekiller 4.9, 4.10).



Şekil 4.9. Seyvan hendeğinin yeri ve çevresinin detay topoğrafik haritası.



Şekil 4.10. Seyvan hendeği ve çevresinin 3D görüntüsü

Seyvan Hendeğinde görülen birimler

Seyvan Hendeği duvarlarına ait birleştirilmiş fotoğraflar Şekil 4.11, duvarlara ait loglama çalışmaları ise Şekil 4.12 ve 4.13'te gösterilmiştir. Hendeğe görülen birimler ise aşağıda açıklanmıştır.

A: İçinde küçük çakıl parçaları bulunan güncel toprak A birimi olarak tanımlanmıştır. Toprak, son zamanlarda hayvanların otlaması için boş bırakılmasına rağmen aradan geçen 50 yıl sonrası üst kısımları tahrip olmuş ve 1953 depremi izi üst kısımlarda gözlenememiştir. Güncel toprak seviyesinin kalınlığı 10 cm ile 20 cm arasında değişmektedir.

B: Hendeğe fayın güney tarafında birim grimsi kahve renklidir. Bol miktarda beyazımsı tonlarda küçük çakıllar içerir. İçerisinde yer alan çakıl seviyelerinde tabakalanma gelişimi vardır. Doğu ve batı duvar karşılaştırıldığında B birimi doğu duvarın alt kısımlarında çakıllı seviyelerle dikkati çekmekte batı duvarda ise belirgin olan bu çakıllı seviye gözlenmemektedir. B birimi merceksel bir yapı oluşturmaktadır. Küçük kömür ve kiremit parçalarının da bulunduğu bu birim arazide killi silt olarak tanımlanmıştır.

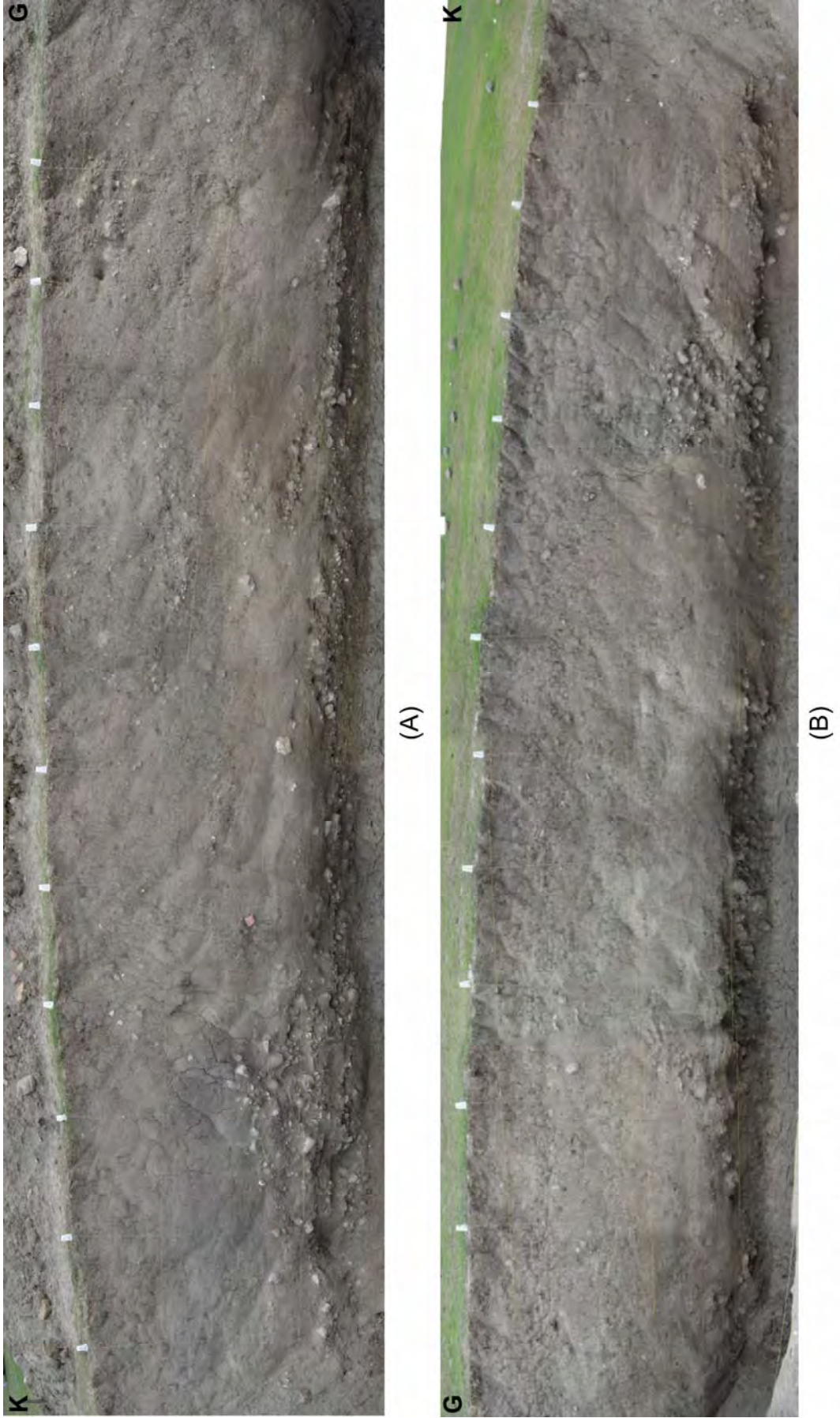
Hendeğe fayın kuzey tarafında B birimi gri-koyu gri renktedir. Birim içerisinde kiremit ve kemik parçaları gözlenmiştir. Ufak çakıllar üst kısımlarda düzensiz de olsa ardalanma gelişimi göstermiştir. Birim bu kesimde de killi silt olarak tanımlanmıştır. Fayın kuzeyinde B biriminin alt kısımları gri renkli, irili ufaklı çakıllardan oluşur. Faylanmanın olduğu kesimde, çakılların birikimi faylanma sonucu gelişen koluvial kamayı oluşturur. Bu koluvial birim içerisinde kemik parçaları da gözlenmiştir.

B birimi fayın kuzey tarafında yaklaşık 140-150 cm kalınlık sunarken güney tarafta 40-80 cm arasında kalınlık görülmektedir.

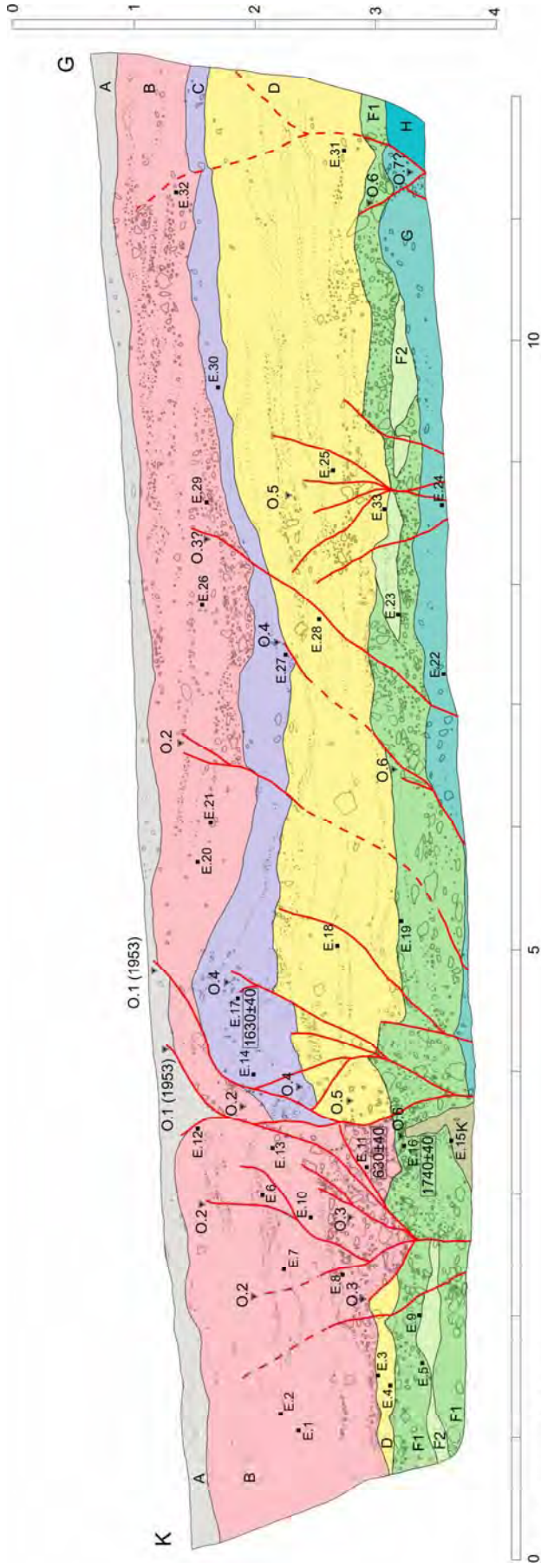
C: C birimi yalnızca fayın güney tarafında gözlenmiş kuzey tarafta ayırt edilememiştir. Grimsi açık kahve renkli, içerisine ufak çakıllar serpilmiş gibi duran bu birim içinde küçük kiremit parçaları da bulunmaktadır. C biriminin kil içeriği B birimine göre daha az, kum içeriği daha fazladır. B birimi içerisinde kum oranının arttığı kısımlar da gözlenmiştir ancak net bir şekilde ayırt edilememiştir.

Bu birim killi kumlu silt olarak ayırt edilmiştir. Birimin kalınlığı batı duvarda 35-50 cm arasında iken doğu duvarda kalınlığı inceler ve 20-25 cm arasında değişir. Faylanmanın olduğu kesimlerde, özellikle doğu duvarda yaklaşık 100-110 cm bir kalınlık görülür. C biriminin de yanal devamında merceksel bir yapı gösterdiği görülür.

D: Fayın her iki tarafında da gözlenen D birimi sarımsı kahve renklidir. Faylanmanın kuzeyinde, doğu duvarda yaklaşık 15 cm kalınlıkta, batı duvarda ise yaklaşık 50 cm kalınlıkta merceksel bir yapı sunarken ana faylanmanın güneyinde ise yaklaşık 70 ile 120 cm arasında



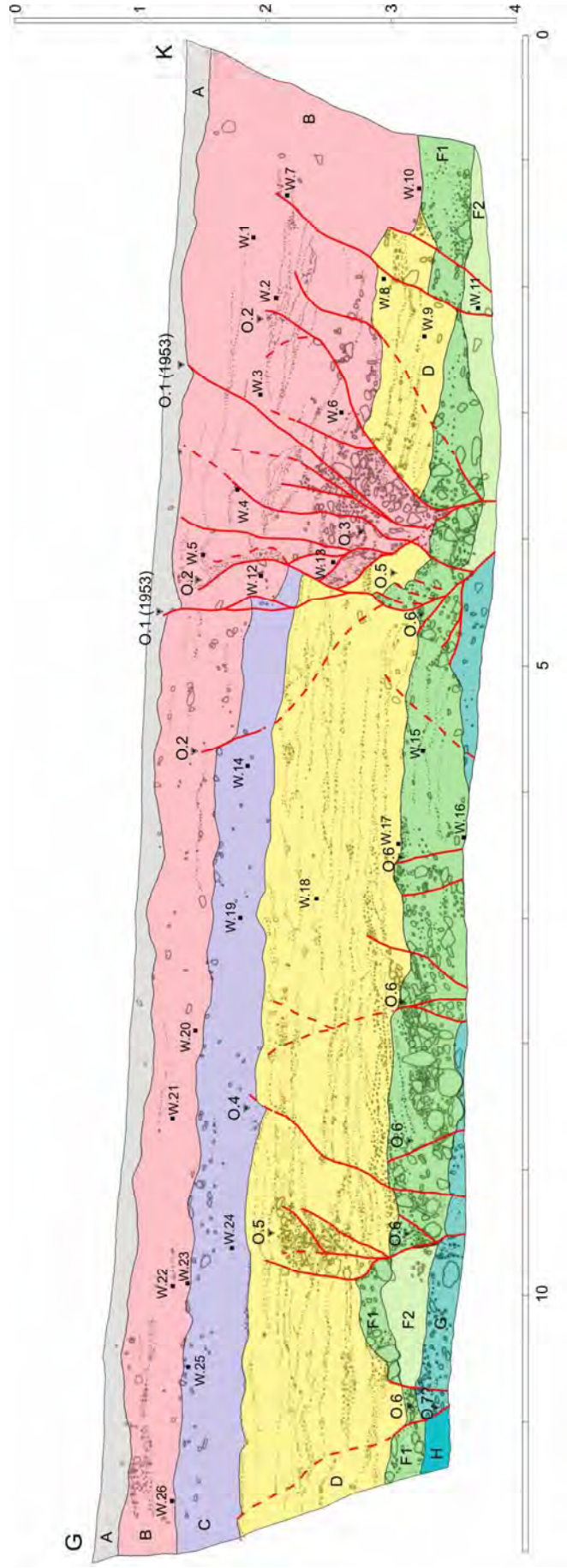
Şekil 4.11. Seyvan Hendeğine ait doğu (A) ve batı (B) duvarlarının birleştirilmiş fotoğrafları.



AÇIKLAMALAR

- A güncel toprak
- B gri, kahve renkli, irili ufaklı çakılların olduğu killi silt
- C grimsi açık kahve renkli killi, kumlu silt
- D sarımsı kahve renkli çakıl ardalı kaba ve ince kum
- F1 yeşilimsi gri renkli, irili ufaklı çakıllardan oluşan killi kum
- F2 yeşilimsi gri renkli kum bantları
- K kum dayk
- G yeşil renkli çakıllı kum
- H mavimsi yeşil renkli kil
- E.1 örnek lokasyonu ve C14 yaşı
- O.1-1 olay düzlemleri

Şekil 4.12. Seyvan hendeği doğu duvarının logu



AÇIKLAMALAR

- A güncel toprak
- B gri, kahve renkli, irili ufaklı çakılların olduğu killi silt
- C grimsi açık kahve renkli killi, kumlu silt
- D sarımsı kahve renkli çakıl ardalanmalı kaba ve ince kum
- F1 yeşilimsi gri renkli, irili ufaklı çakıllardan oluşan killi kum
- F2 yeşilimsi gri renkli kum bantları
- G yeşil renkli çakıllı kum
- H mavimsi yeşil renkli kil
- W.1 örnek lokasyonu
- O.1* olay düzlemleri

Şekil 4.13. Seyvan hendeği batı duvarının logu

kalınlık gösterir. Birim içinde ufak çakılların araldanması görülür. Alt kısımlarında daha kaba çakıllar vardır. Çakılların arasında küçük kiremit parçaları gözlenmiştir. D birimi kaba ve ince kumlardan oluşur.

F: F birimi yeşilimsi gri renktedir. İrili ufaklı çakıllar içeren birimin içerisinde yer yer kum bantları yer almaktadır. Birim içerisinde yer alan çakılların bağlayıcısı killi kumdur. Kum bantları ince kumdan oluşmaktadır. Özellikle fayın kuzeyinde birim içerisinde ufak kömür ve kiremit parçaları daha yoğun görülmüştür. F biriminde çakılların yoğun olduğu kısımlar **F.1**, kum bantlarından oluşan kısmı da **F.2** olarak ayırt edilmiştir. Birimin kalınlığı fayın kuzeyinde F.1 yaklaşık 20-40 cm arasında, F.2 10-20 cm ve yine altındaki F.1 yaklaşık 20 cm kalınlıklardadır ve F biriminin toplam kalınlığı yaklaşık 55-60 cm olarak gözlenir. Doğu ve batı duvar karşılaştırıldığında yanalda birbirini tam olarak karşılamamaktadır. Batı duvarda kum bandının altında çakıllı seviyeye kadar inilememiştir. Birimlerin yanalda bu kadar devamsızlık göstermesi merceksel bir yapı sunduklarına işaret eder. Faylanmanın yoğunlaştığı kısımda F biriminin çakıllı seviyeleri içine sokulan kum daykı **K** birimi olarak ayırtlanmıştır.

Ana faylanmanın güneyine bakıldığında doğu duvarda çakıllı seviye (F.1) yaklaşık 15 cm ile 40 cm arasında kalınlık sunarken aralarında gelişen kum bantları yaklaşık 20 cm kalınlıktadır ve toplamda kalınlık yaklaşık 15 cm ile 50 cm arasındadır. Batı duvarda ise çakıllı kısımlar 30-50 cm arasında, kum batı 25-40 cm arasında ve toplamda F birimi yaklaşık 50 cm kalınlığındadır. Batı duvarda faylanmanın güneyinde özellikle orta kısımlarda, F biriminin çakıllı seviyelerinin bazı kesimleri belirgin bağlayıcı malzeme olmaksızın üst üste yığılmış gibi durmaktadır.

G: Seyvan hendeğinde en altta gözlenen G birimi yeşil renktedir. Faylanmanın sadece güneyinde gözlenen bu birim kuzey taraf daha derin kazılamadığından dolayı kuzeyde gözlenememiştir. Hendekte G biriminin alt sınırı gözlenemediği için görünürdeki kalınlığı yaklaşık 30 cm kadardır. Birim içinde irili ufaklı çakıllar dağınık şekilde bulunur. G birimi içinde yer yer kil içeriğinin arttığı görünse de daha çok kumlu bir birimdir.

H: H birimi hendeğin güney kenarında en altta az bir miktar görülmüştür. Mavimsi yeşil renkte görülen birim kilden oluşur.

Seyvan hendeğindeki paleodepremlerin stratigrafik göstergeleri

Seyvan hendeğinde yaklaşık 12 m uzunluğunda, doğu ve batı duvarına ait loglar değerlendirilerek hendekte tespit edilen paleodepremlerin olay düzlemleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

Seyvan hendeğine genel olarak bakıldığında, yaklaşık 12m uzunluğundaki bu hendeğin her iki duvarında hemen hemen her kısımda faylanma izleri tespit edilmiştir (Şekil 4.12, Şekil 4.13). Bu, depremin olduğu fay zonunun 12 metreden fazla olduğunu, oldukça

geniş bir zona yayıldığını gösterir. Bizim gözlemleyebildiğimiz sadece bu 12 metrelik zon içerisinde, güney uca göre kuzey uç yaklaşık 75-85 metre arasında bir kot farkı ile düşmüş durumdadır. 1953'de olan son deprem ve bundan önceki paleodepremlerin 3 ile 5. metreler arasında yoğunlaştığı görülür. Makaslamanın güneyinde depolanan malzeme ile kuzeyinde depolanan malzemenin stratigrafik olarak güneyde C biriminin varlığıyla farklılık gösterdiği, kuzeyde B biriminin kalınlaşması ve D biriminin incilmesi ile kuzey ve güneyin birbirinden farklılık göstermesi doğrultu atımlı faylanma mekanizmasını gösteren güzel bir kanıttır.

Seyvan hendeğinde tespit edilen paleodepremler Olay adı altında değerlendirilmiş, bu paleodepremlerin olay düzlemleri, bunların stratigrafik belirteçleri aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

1. Olay (O.1): O.1 diye adlandırdığımız olay 1953 depremini gösterir. 1953 depreminin olay düzlemi güncel topraktır. Toprağın alt kısımlarında gözlenen kırığın izi üst kısımlarda gözlenememiştir. Aradan geçen 50 yıl düşünüldüğünde ve toprağın zaman zaman sürülmüş, işlenmiş olması göz önüne alındığında bu normaldir. Toprak seviyesinde, doğu duvarda 3 ile 4. metreler arası ve batı duvarda da 4 ile 5. metreler arasında kuzeye doğru düşmenin olması ve burada koluvial birikim oluşturması 1953 depreminin izini gösterir.

2. Olay (O.2): İkinci olayın gerçekleştiği düzlem B biriminin üst yüzeyleri olarak yorumlanmıştır. Doğu duvara bakıldığında faylanmaların B biriminin üst yüzeylerine yakın kesimlerde sonlandığı görülür. 4. metrenin kuzeyine bakıldığında B biriminin üst kısımlarındaki çakıl seviyelerde küçük atımlarla kuzeye doğru düşmeler gözlenmiştir. Yaklaşık 10 cm atımla kuzey düşmüştür. Ayrıca bu depremden bir önceki depremle oluştuğu yorumlanan, çakılların birikimiyle kendini gösteren koluvial kamanın da ikinci olayla (O.2) kesildiği, parçalandığı gözlenmiştir. 3 ile 5. metreler arasında, toprakla dolmuş 1953 deprem yarığının hemen altında altta C ve üzerine gelen B biriminden oluşan fay kaması ikinci paleodepremin ürünü olarak yorumlanmıştır. Doğu duvarda ayrıca güneye baktığımızda B birimi ortalarında sonlanan, 6. ve 7. metreler arasındaki faylanma ikinci olay sonucu gelişmiş olmalıdır. Burada güneyden gelen çakıllı seviyenin yanal devamı fayla birlikte aniden kesilmiş B biriminin siltli malzemesiyle karşı kaşıya gelmiştir. B ve C birimleri 8-10 cm atımla kuzeye düşmüştür.

3 metre genişliğindeki bu hendeğin duvarları birbirinden farklılıklar gösterir. Batı duvara baktığımızda da ikinci olayın olay düzleminin B biriminin üst seviyeleri olduğu net olarak gözlenmektedir. Batı duvarda B biriminin üst seviyelerine doğru sonlanan faylar 1 ile 6. metreler arasında belirgin olarak gözlenir. 4. ve 5. metreler arasında üstteki B birimini ve altındaki C ve D birimlerini içine alan kama, ikinci paleodepremin ürünü olmalıdır. Buradaki malzeme makaslandığı için daha fazla killeşme olmuştur. İkinci olayı veren en güzel kanıtlardan birisi de batı duvarda gelişen açılma çatlağının B biriminin üst seviyelerindeki küçük çakıllar ile dolmasıdır. Bu doğrultu atımlı faylarda paleodepremi veren en önemli

kanıtlardan birisidir. Bu çakıllı malzeme ile dolduğu seviye depremin olduğu düzlemi gösterir.

İkinci olayı (O.2) gösteren bir başka kanıt ise 1. ile 3. metreler arasında fayların küçük çakıl seviyelerinin yanal devamlılıklarını keserek, yukarı doğru B birimin orta kısımlarında sonlanmalarındır. Bu küçük çakıllı seviyelerde güneye doğru yaklaşık 10 cm ile düşmeler olmuştur.

Batı duvarda güney taraf incelendiğinde 5. ve 6. metreler arasında B biriminin alt ve orta kısımlarında sonlanan faylanma ile B biriminin taban ve C birimin üst seviyesi yaklaşık 15 cm atımla kuzeye düşmüştür. C biriminin alt kısımlarında eğilmenerek kuzeye düşme ve D biriminin çakıllı seviyelerinde yanal süreksizlikler oluşturmuş, bazı kısımlarda ufak çakıllı seviyeler fay boyunca dizilim göstermiştir. Bu fay D birimi içinde ana faya bağlanmış ve ana faylanmanın hemen güneyinde B, C ve D birimlerini çökerten geniş bir koluviyal kama görünümü almıştır.

Doğu duvarda, 8. ile 9. metreler arasında ve 11. metrede B birimi içinde gözlenen faylar batı duvarda gözlenmemiştir.

3.Olay (O.3): Üçüncü olay düzlemi (O.3) B biriminin alt seviyeleri olarak yorumlanmıştır. Seyvan hendeğinin doğu duvarına bakıldığında 2. ile 4. metreler arasında B biriminin alt seviyelerinde çakılların oluşturduğu geniş bir koluviyal kama oluşmuştur. Bu koluviyal kama, irili ufaklı çakılların birikimiyle kendini gösterir. B biriminin alt kısımlarındaki çakıllı seviyeyle gelişen koluviyal kama üçüncü paleodepremin ürünü olarak yorumlanmıştır. B biriminin orta seviyeleri ile örtülmüş ve daha sonra yukarıda bahsedilen ikinci paleodepremlerle (O.2) kesilmiştir (Şekil 4.12). Kamalanma içerisinde çakılların dizilimi, koluviyal kamanın özellikle üst seviyelerinde gelişen küçük atımlar ikinci paleodepremin (O.2) ve 1953 depreminin (O.1) ürünüdür. Burada koluviyal kamanın biriktiği yarık ihmal edilerek sadece B biriminin taban kısımları dikkate alındığında toplamda yaklaşık 150-160 cm atımla B biriminin kuzeye düştüğü görülür. Ancak bu değer makaslama zonundan alınmış olması, birimlerin deformasyona uğramış olması ve faylanmanın doğrultu atım mekanizmasıyla çalışması bu değer doğruluğunda çelişki yaratır. 1953 depremi (O.1), önceki ikinci paleodeprem (O.2) ve daha önceki üçüncü paleodepremin (O.3) geliştiği kırık boyunca B biriminin toplamda yaklaşık 150-160 cm atımla kuzeye düştüğü görülür. B birimin üst kısımlarından aşağıya doğru faylanma boyunca çakıllarda belirgin bir dizilim gözlenir. Faylanmanın kuzeyinde B birimi kalınlaşmıştır. Bu kalınlaşma hem doğrultu atımla, hem de düşey bileşenle ilgilidir.

Doğu duvarda güney kesimde 8. ile 9. metreler arasında B biriminin irili ufaklı çakıllardan oluşan taban seviyesinin kuzeye yaklaşık 10 cm atımla düşmesi, burda çakıllardan birikim alanının oluşması, buradaki faylanmanın da üçüncü paleodepremlerle oluştuğu şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 4.12). Ancak güney kısımda üçüncü paleodepremin başka izinin

gözlenmemesi, bu çakıllı seviyenin aynı çökel seviye olup olmadığı konusundaki kuşku nedenleriyle ikinci paleodepremin sonucu gelişmiş olabileceği de düşünülmüştür.

Seyvan hendeğinin batı duvarına bakıldığında da 3. ile 4. metreler arasında gelişen koluvial kama üçüncü paleodepremin kanıtıdır. Bu duvarda da ikinci paleodepremin (O.2) izi olan faylar bu koluvial kamayı kesmiş, koluvial birikimin üst seviyelerinde yer yer ufak düşey atımlar olmuş, içerisindeki irili ufaklı çakıllar faylar boyunca dizilim göstermiştir (Şekil 4.13). Yine makaslama zonu içinde ikinci paleodepremi (O.2) gösteren üst kısımdaki çakıllarla dolan açılma çatlaklarının alt kısmında, B biriminin çakıllı ve siltli malzemesiyle kamalanmış ve killeşme göstermiştir. Bu birimin killeşerek fay kamasında olması ve ikinci olayın altında yer alması bu kamalanmanın üçüncü olayla geliştiği şeklinde yorumlanır. Seyvan hendeği batı duvarında, güney tarafta B birimi yaklaşık 40-50 cm iken kuzey tarafta yaklaşık 150 cm kalınlık sunar. Fayın kuzeyinde B biriminin kalınlaştığı görülür. Bu daha öncede denildiği gibi, doğrultu atımlı faylanmayla ilgili olarak daha kalın olan bu birimle karşılaşmasından ve eğim atım bileşeninden kaynaklanıyor olmalıdır. Ayrıca B birimin taban seviyesi esas alındığında yaklaşık 110-130cm atımla B birimi kuzeye düşmüş görülür ve bu değer 3 deprem sonrası (O.1,O.2, O.3) oluşmuştur.

4. Olay (O.4): Dördüncü paleodepremin olay düzlemi (O.4) C birimidir. C birimi ana faylanmanın kuzeyinde gözlenmemiştir (Şekil 4.12, Şekil 4.13). Bu doğrultu atımla gelişmiş bir olaydır. Kuzeyde C biriminin de çökeldiği kısım ötelenmiştir ya da buradaki aşınımın fazla olmasıyla C birimi çökelememiştir. C birimi grimsi açık kahve tonlarında killi kumlu silt özelliğindedir ve daha önceki bir paleotoprak seviye olduğu düşünülmüştür. Seyvan hendeğinin doğu duvarına baktığımızda 3. ile 5. metreler arasında C biriminin yanal devamının olmadığı ana faylanmayla kesildiği görülür. 4. metrede C birimi ile altındaki D biriminin kamalanması ve bu fay kamasının ikinci ve üçüncü paleodepremlere ait faylanmayla kesilmiş olması, oluşan bu fay kamasının dördüncü paleodepremin (O.4) izi olduğunu gösterir (Şekil 4.12). Yine 4 ile 5. metreler arasında fayın C birimi içinde sonlanmış olması, yaklaşık 15 cm ile C biriminin kuzeye düşmesi ve altındaki D birimi ile fayların arasında kamalanması dördüncü paleodeprem (O.4) sonucu gelişmiştir. Ayrıca 7 ile 8. metreler arasında C biriminin tabanında küçük bir koluvial birikim olduğu, küçük çakıl parçalarının buraya biriktiği gözlenmiştir. Bu da dördüncü olayın (O.4) göstergelerinden birisidir (Şekil 4.12).

Seyvan hendeğinin batı duvarı incelendiğinde 4 ile 5. metreler arasında B, C ve D biriminin faylarla kamalandığı görülür (Şekil 4.13). Burada öncelikle D ve C birimlerinin birlikte dördüncü paleodeprem (O.4) ile kamalandığı, sonra hemen kuzeyindeki B biriminin üçüncü paleodeprem (O.3) ile kamalandığı ve ikinci paleodeprem (O.2) ile D, C ve B birimlerinin birlikte kamalandığı şeklinde yorumlanmıştır. Batı duvarda da kuzeyde bu birim gözlenmemiş güney tarafta 40-50 cm kalınlıkta düzgün bir yanal devamlılık sunmaktadır. Batı duvarda ayrıca dördüncü paleodepremi (O.4) veren en belirgin gösterge 8. ile 9. metreler

arasında yer alan fayın yukarı doğru sonlanması, C biriminin taban seviyesinde güneye bakan küçük bir koluviyal birikim oluşturması ve ufak çakılların buraya birikim eğiliminde olması bu olayın batı duvardaki göstergelerindendir (Şekil 4.13).

5. Olay (O.5): Beşinci paleodepremin olay düzlemi (O.5) D birimidir. D birimi güney tarafta 100-120 cm kalınlık sunarken ana faylanmanın kuzeyinde doğu duvarda yaklaşık 20 cm batı duvarda ise yaklaşık 50 cm kalınlık sunar. Kuzey tarafta kalınlığın azalması doğrultu atımla birimin yanal devamlılığının kesildiğinin göstergesidir. Seyvan hendeğinin doğu duvarında beşinci paleodepremin (O.5) stratigrafik göstergelerine baktığımızda 3. ile 5. metreler arasında ana faylanmada, fayların arasında D birimi ve altındaki F biriminin kamalandığını görürüz (Şekil 4.12). Burada makaslanan D birimi killeşmiştir. Ayrıca doğu duvarda 8. ile 10. metreler arasında D birimin orta-üst seviyelerinde sonlanan faylar görülür. Burada faylar doğrultu atım mekanizmasında negatif çiçek yapısını oluşturur şekilde gelişmiştir. D birimi içinde özellikle çakıllı seviyelerde içeri doğru gelişen küçük düşey atımlar olmuştur. Hem fay kamalanmasının hem de negatif çiçek yapısının D birimi içinde gözlenmiş olması beşinci paleodepremin bu birim içinde geliştiğinin en belirgin göstergeleridir. Ayrıca 4 ile 9. metreler arasında gözlenen faylarda D birimi içinde küçük atımlar gelişmiş, kuzeye doğru düşmeler olmuştur (Şekil 4.12).

Seyvan hendeğinde batı duvara baktığımızda 4. ve 5. metreler arasında faylar D birimi ve altındaki F birimini makaslayarak kamalanma oluşturmuştur (Şekil 4.13). Bu fay kaması beşinci paleodepremin buradaki göstergelerinden birisidir. Bir diğeri ise 9. ile 10. metreler arasında yaklaşık 30 cm ile kuzeye doğru düşmenin de gerçekleştiği ayrıca negatif çiçek yapısında olduğu bir faylanma gelişmiştir. Burada çakıllar faylarla orta kısma depolanmıştır (Şekil 4.13). Ayrıca çakıllar faylar boyunca belirgin bir dizilim göstermiştir. D biriminin üst seviyelerine doğru sonlanan fayın üzeri D biriminin çökelleri ile örtülmüştür. Bu her iki olay D birimi içindeki paleodepremin en iyi göstergeleridir. 7 ile 8. metreler arasında D birimi içinde sonlanan faylar ve 5 ile 6. metre arasındaki fay da beşinci paleodepremlerle oluşmuştur. Batı duvarda kuzey tarafa bakıldığında 2. metrede, D biriminin tabanı ikinci paleodepremlerle olan yaklaşık 10 cm atımın iki katı olacak şekilde yaklaşık 20 cm ile güneye doğru düşme yapmıştır. Bu noktanın hemen kuzeyinde 1. metrede D birimi doğrultu atım mekanizmasında sıkışmanın etkisiyle küçük, güneye eğimli ters faylanma yaparak, koluviyal kamasının oluşturmuştur (Şekil 4.13).

6. Olay (O.6): Altıncı paleodepremin olay düzlemi F birimidir. Seyvan hendeğinin doğu duvarı incelendiğinde, F biriminde deformasyon hendek duvarının her bir metresinde net olarak gözlenir. F birimi duvarın her iki tarafında (kuzey ve güney) da yer alır. F birimi, kuzeyde 2. metrede F.1, F.2, F.1 şeklinde ardalama gösterirken faylanmayla yanal devamlılığı kesilmiş ve F biriminin çakıllı seviyesi ile karşı karşıya gelmiştir. 3. ile 4. metreler arasında F birimin çakılları arasına sokulmuş kum daykılı altıncı paleodepremin olay

düzleminin (O.6) F birimi olduğunun en iyi stratigrafik göstergesidir (Şekil 4.12). Bu kum daykının hemen güneyinde gelişen faylanma toprak seviyesine kadar çıkmaktadır. Altıncı paleodprem ve sonrakiler sürekli bu hattı takip etmişlerdir. F birimi burada G birimi ile karşı karşıya gelmiştir. Fayın kuzeyi daha derine kazılamadığından G birimin buradaki devamı görülememiştir. F biriminin faylar arasında kalan kısmı kamalanmıştır. 6 ile 7. metreler arasında F birimi yaklaşık 40-45 cm atımla kuzeye doğru düşmüş, bu faylanmayla ilişkili 5 ile 6. metreler arasında F biriminde kuzeye eğimli ikinci bir faylanma da gelişmiştir. 7. metrede gelişen bu faylanmayı takiben önünde geniş bir koluvial çökeltme oluşturmuştur. Bu koluvial birikimle F biriminin 4 ile 5. metrelerde karşı karşıya getirilmesi beşinci paleodpremlerle gerçekleşmiş olmalıdır. 8 ile 10. metreler arasında özellikle beşinci paleodpremlerle oluşan deformasyon oldukça dikkat çekicidir. Ancak buranın altıncı paleodpremlerle daha önce kırılmış olduğu yorumlanmıştır. 8. ve 10. metredeki dıştaki faylarla F birimi ortaya doğru çökmüş F biriminin malzemesi ortaya doğru depolanma göstermiştir. Yine 11 ile 12. metrede de F biriminde ortaya doğru çökme olmuştur (Şekil 4.12).

Seyvan hendeği batı duvarına bakıldığında 4. ile 5. metreler arasında F birimi G biriminin arasının faylanmalı olduğu ve hemen üstünde F biriminin G birimi üzerinde doğrultu atımlı faylarda gelişen çiçek yapısını andıran yapı olduğu görülür. Orta kısmı negatif çiçek yapısı sunarken üzerinde beşinci paleodpremi (O.5) gösteren fay kaması içinde yer alan kısmı ters faylanmalı olarak görülür (Şekil 4.13). Bu ters faylanma, fay kaması içinde gelişmiş olması ve bu faylanmayla birlikte tekrar deformasyona uğradığını ve makaslanma ile bu şekilde kendini gösterdiği şeklinde yorumlanmıştır. Altıncı paleodpremlerle oluşan bu yapı bundan sonraki depremlerle (O.5) rotasyona uğrayarak D birimi çökelimi ile neredeyse dik olarak karşı karşıya getirilmiştir. 6 ile 7. metreler arasında F biriminin iri çakıllı seviyesi ile daha düzenli çökelmiş ufak çakıl aralanmalarının olduğu F birimi karşı karşıya gelmiştir. Buradaki çakıllar kuzeye eğimli faya doğru eğilmişlerdir. Burada faylanmayla F biriminin kuzeyinin düştüğü ve daha sonra F biriminin malzemesiyle buranın doldurulduğu yorumlanmıştır. 7. ile 8. metreler arasında ise tabanda G birimi ile F biriminin arasının faylı olduğu, çakılların diziliminden ve çökeliminden F birimi içinde koluvial kamalanmanın olduğu hendek duvarında belirgindir. Kuzeye eğimli bu fayın karşısında güneye eğimli fayla deprem anında burada bir fay yarığı oluşturmuş olmalıdır. Bu fayların D birimi içine de uzanması beşinci paleodpremler (O.5) ile de çalışmış olduğunu gösterir (Şekil 4.13). Aynı şekilde 9. metrede kuzeye eğimli fay ile F birimi yaklaşık 30 cm kuzeye düşmüş ve daha sonra geniş bir koluvial kama oluşturmuştur. Yine 9. metrede güneye eğimli C ve D birimlerini de kesen bu fayla F birimi içindeki çakıllarda güneye düşmeler olmuş, G ile F birimi dokanağından fayda su çıkışı görülmüştür. 10. metrede ise beşinci paleodpremin (O.5) gerçekleştiği fayın hemen altında F birimi yaklaşık 30-40 cm ile kuzeye düşmüş, belirgin bir fay yarığı ile koluvial kama oluşturmuştur. Bu da altıncı paleodpremi (O.6) gösteren en güzel kanıtlardan biridir. 11. metrede ise F biriminin hem kuzeyindeki hem de güneyindeki faylarla orta kısmı çökmüştür (Şekil 4.13).

Ayrıca 11. metrede F biriminin hemen altında H birimi olarak adlandırdığımız killi birim G biriminin çakıllı kumlu seviyesi ile faylanmayla karşı karşıya gelmiş, F birimi bu her iki birimi örtmüştür, daha sonra buradan tekrar faylanmıştır (Şekil 4.13). Böyle bir durumda F biriminin altında bir başka olay düzlemi olan yedinci paleodepremi tanımlamak mümkündür. Ancak hendeğin daha güneye devamını ve daha derindeki durumunu bilmediğimiz için ve ana faylanmanın olduğu 3. ile 5. metreler arasında da daha derine inemediğimizden dolayı yedinci paleodeprem için kesin tanımlama yapılmamıştır. Seyvan hendeğinin doğu duvarına baktığımızda da yine 11. metrede G birimi ile H birimi fayla karşı karşıya gelmiş, arada G biriminden oluşan koluvial kama gelişmiştir. Üzeri yine F birimi ile örtülmüş her ikisi de sonra tekrar faylanmıştır (Şekil 4.12). Burada da G birimi ile H birimi arasında yedinci paleodepremi tanımlamak mümkündür ancak hendeğin güneye yanal devamının bilinmemesi ve derine inilmemesi yüzünden net tanımlama yapılmamıştır.

4.2.2. Muratlar Hendeği

Muratlar Hendeğinin (Şekil 4.14) de yer seçimi yapılırken öncelikle hava fotoğrafları incelenmiş, hendek açılacak yerlerin tespiti yapılmıştır (Şekiller 4.15, 4.16). K23°B doğrultusunda açılan Muratlar hendeği 20 metre uzunluğunda, 3 metre genişliğinde ve yaklaşık 2.5 metre derinliğindedir. Muratlar hendeğinin her iki duvarı (doğu ve batı duvarı) 1/20 ölçeğinde detay haritalanmıştır.



Şekil 4.14. 19 metre uzunluğundaki Muratlar hendeğinin genel görünümü

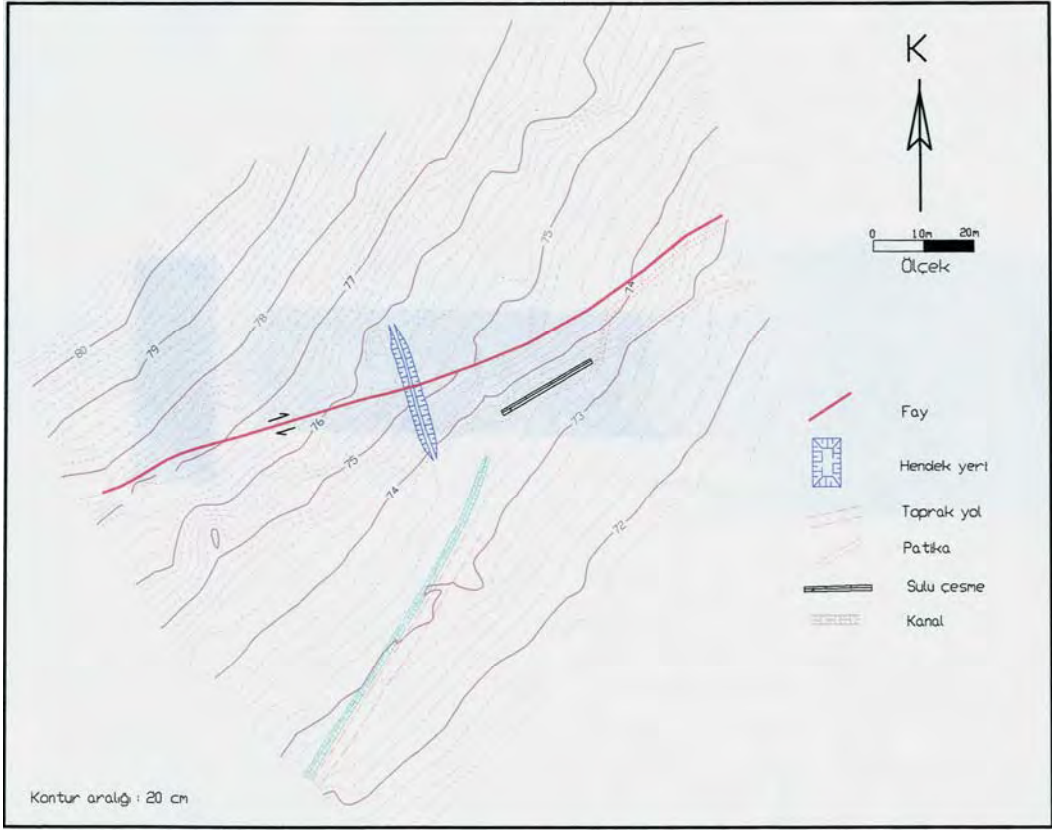


Şekil 4.15. Muratlar Hendeği (MH) yerinin 1953 depremi yüzey kırığının 1/25.000 ölçekli topografik harita üzerindeki konumu.

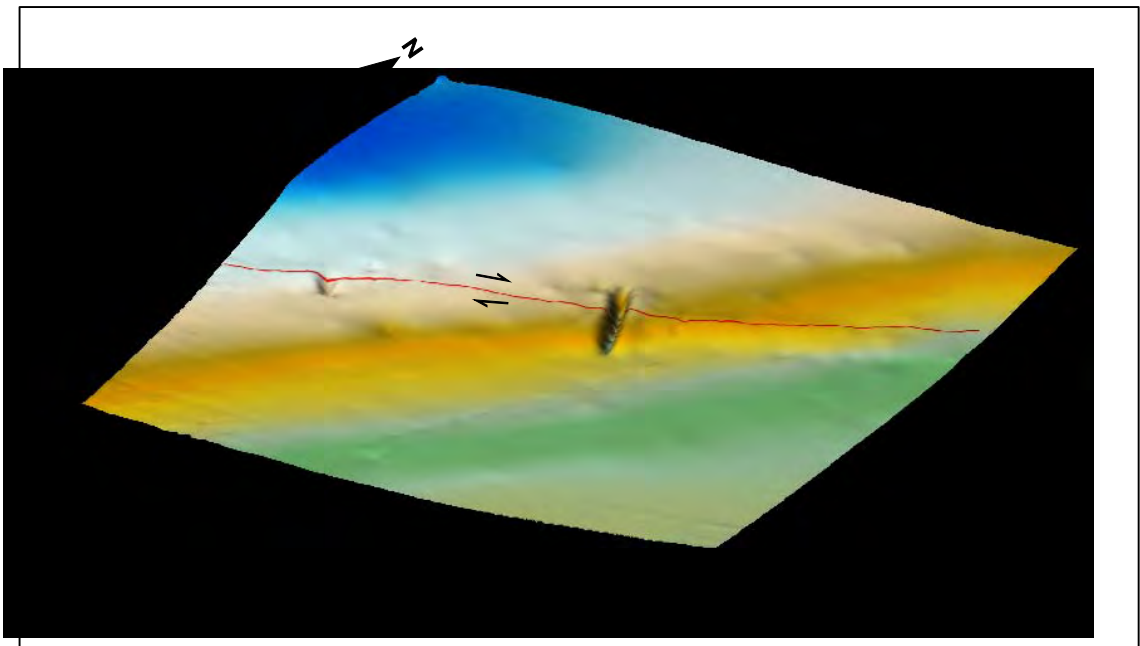


Şekil 4.16. Muratlar hendeği yerinin hava fotoğrafı üzerindeki yeri (kırmızı renkli kutu). Oklar fayın izini göstermektedir.

Detay topoğrafik haritalama için toplanan veriler Netcad çizim programına aktarılarak hendek dolayının detay topoğrafik haritaları oluşturulmuştur. Muratlar hendeğinde ise 581 ölçüm noktası kullanılarak 15801 m² lik alanda detay topoğrafik haritalama yapılmıştır. (Şekiller 4.17, 4.18).



Şekil 4.17. Muratlar hendeğinin yeri ve çevresinin detay topoğrafik haritası.



Şekil 4.18. Muratlar hendeği ve çevresinin 3D görüntüsü

Muratlar Hendeğinde Görülen Birimler

Muratlar Hendeği duvarlarına ait birleştirilmiş fotoğraflar Şekil 4.19, duvarlara ait loglama çalışmaları ise Şekil 4.20 ve 4.21’te gösterilmiştir. Muratlar hendeğinin her iki duvarı (doğu ve batı duvarı) 1/20 ölçeğinde detay haritalanmıştır. Bu çalışmaya göre Muratlar hendeğinde yer alan birimler aşağıda anlatılmıştır.

A: Koyu gri renkte, içerisinde yer yer küçük çakıllar içeren güncel toprak seviyesidir. Hendeğin her iki duvarında 10 cm ile 30 cm arasında değişen kalınlıklarda bulunur. İçerisinde ağaç ve bitki kökleri bazı kesimlerde yoğun olarak gözlenir.

B: Koyu, kahvems gri renkte, kil içeriği yoğun, sert, killi silt olarak tanımlanan bu birim içerisinde serpilmiş halde ufak çakıllar ve yumrular halinde kalışlar vardır. Bu kalışlar, altındaki birimlerde gözlenen kalışlara göre çok daha ufak ve fazla deforme olmamıştır. B biriminin alt ve orta kısımlarında, ufak kiremit parçaları gözlenmiştir. Ağaç kökleri bu birim içine kadar uzanmaktadır.

B birimi 8. metre ve kuzeyinde yaklaşık 70-80 cm kalınlık sunarken 8. metrenin güneyinde yaklaşık 10 cm ile 50 cm arasında kalınlık vermektedir. Güneydeki B birimi kuzeydekine göre daha koyu renktedir. Birim güneyde daha çok topraklaşmış görülür ve killi siltten oluşan bu birimde kum içeriği artmaktadır. Hendek açılırken 12 ve 14. metreler arasında var olan küçük bir ağacın kökleri B birimini oldukça etkilemiş bu metreler arasında daha fazla topraklaşmasına neden olmuştur.

B birimi kendinden önce çökelmiş olan birimler üzerine diskordansla (açısal uyumsuzlukla) gelir.

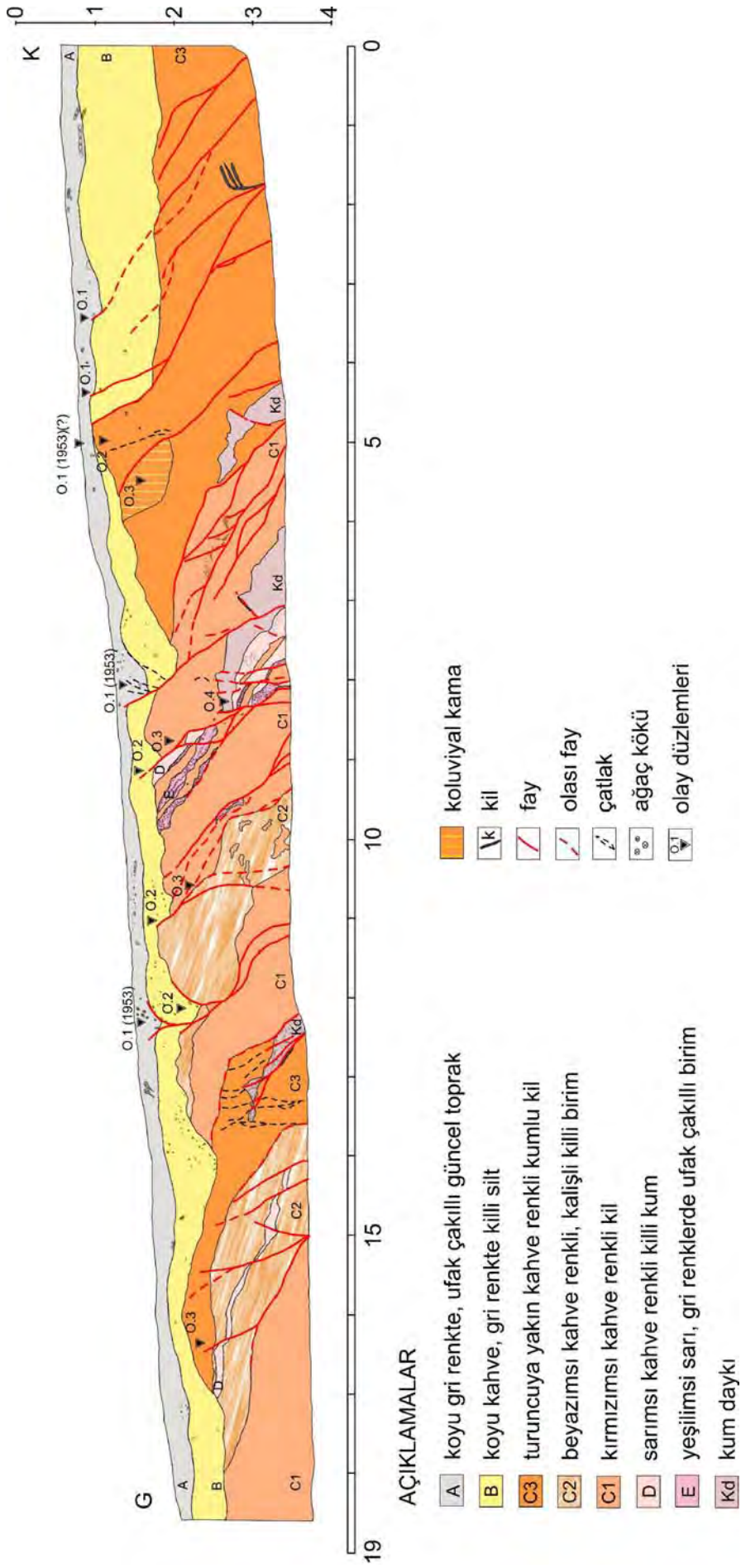
C: Turuncuya yakın koyu sarı, kahve renk tonlarında gözlenen, genel olarak kil içeriği yoğun olan bu birim içerisinde yer yer kumlu kesimler ve kalış oluşumları gözlenmiştir. C birimi aynı kökenden türemesine rağmen kendi içerisinde kil, kalış ve kum oranlarının artmasıyla birbirlerinden farklılık gösterir ve C1, C2 ve C3 olmak üzere 3 alt gruba ayrılarak incelenmiştir.

C1: C1 birimi hendek içerisinde killi birimi temsil etmektedir. Kırmızımsı kahveye bakan rengiyle, kil oranındaki belirgin artışla diğerlerinden ayırt edilir. İçerisinde yumrular halindeki kalışlar fayların çizgisellikleri yönünde ezilmiş, beyaz hatlar ortaya çıkarmıştır.

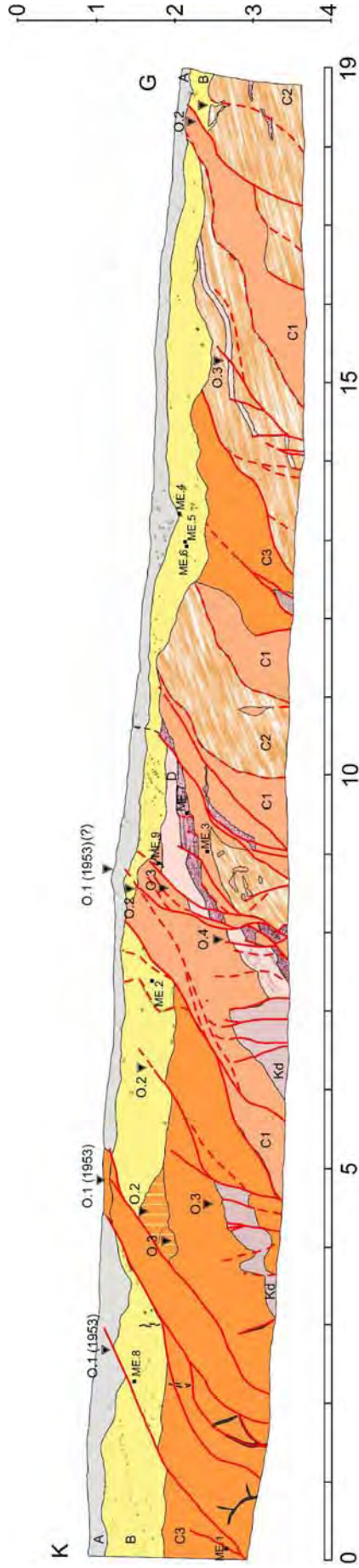
C2: C birimi içerisindeki kalış oranının artması ve bunların ezilmesiyle birim daha beyazımsı kahve tonlarda görünümüyle diğerlerinden ayırt edilir. Faylanmaların etkisiyle ezilmiş olan kalışlar faylanmalara paralellik gösterirler. C2 birimi, C1 biriminin daha bozuşmuş halidir. İçerisinde C1 birimine ait kil parçaları vardır ve bu ufak korunmuş parçalar faylanmaların etkisiyle rotasyona uğramış halde C2 birimi içerisinde yer alırlar.



Şekil 4.19. Muratlar hendeği doğu ve batı duvarlarının birleştirilmiş fotoğrafları



Şekil 4.20. Muratlar hengeği batı duvarının logu



AÇIKLAMALAR

- | | | | |
|--|--|---|-----------------|
| A | koyu gri renkte, ufak çakıllı güncel toprak | | koluviyal kama |
| B | koyu kahve, gri renkte killi silt | K | kil |
| C3 | turuncuya yakın kahve renkli kumlu kil | f | fay |
| C2 | beyazimsı kahve renkli, kalınlığı killi birim | ol | olası fay |
| C1 | kırmızimsı kahve renkli kil | ç | çatlak |
| D | sarımsı kahve renkli killi kum | ağ | ağaç kökü |
| E | yeşilimsi sarı, gri renklerde ufak çakıllı birim | ME.1 | örnek lokasyonu |
| Kd | kum dayk | O.1 | olay düzlemleri |

Şekil 4.21. Muratlar hendeki doğu duvarının logu

C3: C3 birimi hendeğin kuzey kısmında daha geniş yer alır ve kumlu kil olarak ayırtlanmıştır. Kuzey kesimde, görünürde 120-150 cm kalınlık gösteren bu birimin tektonizmadan etkilenmesi ve tabanının kuzeyde gözlenememesi yüzünden kalınlığı hakkında net bir şey söylemek doğru olmayacaktır. Kumlu kil olarak tanımlanan bu birimde özellikle faylanmaların olduğu kısımlarda belirgin killeşmeler oluşturur. Bu killeşmelerin belirgin olanları loglar üzerinde gösterilmiş ve “k” harfiyle kodlanmıştır. C3 birimi içerisinde de kalış oluşumları gözlenmiş, bu kalışlar yumrular halinde birim içerisine serpilmiş haldedir. Faylanmalar üzerinde kalışlar parçalanmış ve ezilmiş olarak bulunur.

C birimi köken olarak ince taneli kil, silt, kum boyundaki malzemeden oluşur. Ancak birimin çökmesi, yüzeleme zamanı ve tektonizmadan etkilenmesiyle birimler birbirinden ayırt edilmiştir. Faylanmanın etkisiyle birimde belirgin killeşmeler olmuş, kalışlar ezilmiş ve deforme olmuştur.

C birimi içinde kalışların olması, karasal karbonat ortamında, yüzeleşmiş yüzey ortamlarını gösteren kalış fasiyesinin geliştiğini gösterir. Atmosferle temas halinde oluşan kalışlar, eski toprak düzeylerini dolayısıyla erozyon periyotlarını göstermeleri açısından önemlidir. Ayrıca kalışlar kurak ortamı yansıtır yani buharlaşmanın yağmur yağış miktarını aştığı durumlarda gözlenir.

C biriminde, özellikle C1 ve C2 birimleri içerisinde ara seviyeler halinde kumlu ve ufak çakıllı seviyeler yer alır. Kumlu seviyeler D birimi olarak, çakıllı seviyeler ise E birimi olarak ayırtlanmıştır.

D: C1 ve C2 birimleri içerisinde ara seviyeler halinde gözlenen D birimi, sarımsı kahve renkte killi kumdan oluşur. C1 birimi içerisinde çakıllı birimin (E) üzerine çökelen kumlu birim, C2 birimi içerisinde ince bir ara seviye halinde görülür. Kalınlığı 10 cm ile 30 cm arasında değişmektedir.

E: Yeşilimsi sarı, gri renklerde, ufak çakıllardan oluşan birimdir. Çakılların bağlayıcısı daha çok kumlu kilden oluşur. E birimi C1 biriminin içerisinde bir ara seviye olarak gelişmiştir. Kalınlığı 5 cm ile 20 cm arasında değişmektedir.

Kd: Hendeğin içerisinde gelişen kum daykları “Kd” olarak kodlanmıştır. Bu kum daykları hendeğin alt kesimlerinde C birimi içerisinde sıvılaşmayla birlikte gelişmiştir. Faylanmalarla deformasyona uğramış ve daha sonra gelişen faylarla da kesilmişlerdir.

Muratlar hendeğindeki paleodepremlerin stratigrafik göstergeleri

Muratlar hendeğinin doğu ve batı duvarlarına ait loglar değerlendirilerek hendeğin tespit edilen 1953 depremi ve paleodepremlere ait olay düzlemleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır.

O.1: Muratlar hendeğinde birinci olay (O.1) olarak adlandırdığımız deprem 1953 Yenice-Gönen depremini ifade eder. Depremden yaklaşık 50 yıl sonra yüzeyde gözlenemeyen kırık izi, hendekte güncel toprak seviyesinin alt kısımlarında gözlenmiştir.

Muratlar hendeği doğu duvarında 1953 depremine ait ana faylanma 4. ile 5. metreler arasında oldukça belirgindir. Burada B biriminin altında yer alan C3 birimi faylanma ile yüzeye çıkmış ve üst kısmı topraklaşmaya başlamıştır. 5. metrede B biriminin üzerine gelerek ters fay bileşeni ile koluviyal kama oluşturmuştur. 4. metrede bakıldığında ise normal faylanma bileşeni göstererek faylanmıştır. Yine buna paralel şekilde kuzeyde 3. metrede güncel toprak seviyesinin alt sınırında faylanma ile kuzeye doğru düşme olmuş, fayın alt kısmında aynı şekilde B biriminde de kuzeyin düşmesi normal bileşenli faylanmanın ürünü olarak gelişmiştir. Doğu duvarda daha güneye baktığımızda 8. ile 9. metreler arasında yüzeye tam olarak çıkan faylanma gözlenemese de 8. metrede toprak seviyesinin hemen alt kısmına kadar çıkan faylanma, 9. metrede toprak seviyesinin içine kadar gelmiş faylanma ve buradaki toprak seviyesinin kabarmış olması buranın da 1953 depreminde kırılmış olabileceğini gösterir.

Muratlar hendeğinin batı duvarında ise 1953 depreminin izi en iyi 8. ile 9. metreler arasında ve 12. ile 13. metreler arasında gözlenmektedir. 8. ile 9. metreler arasında kuzeye eğimli fay kontrolünde güncel toprakta, altındaki B biriminde ve C1 birimi ile içindeki kum daykında normal bileşenle kuzeye doğru düşey atımlar gözlenmiştir. Buradaki atım derinden yüzeye kadar yaklaşık aynı miktarda olduğu için olay 1953 depreminin ürünüdür. 12. ile 13. metreler arasında yüzey kırığı ile küçük de olsa bir fay yarığı oluşmuş, güncel toprak buraya çökmüştür. Batı duvarda 5. metrenin kuzeyinde kuzeye eğimli normal bileşenli faylanmalarla toprak seviyesinde küçük atımlarla kuzeye atımlar gözlenmiştir.

O.2: İkinci olay (O.2) diye adlandırdığımız, 1953 depreminden bir önceki paleodeprem B biriminde gerçekleşmiştir. Killi silt olarak tanımlanan bu birimde topraklaşmalar gözlenmiş, eski toprak seviyesi (paleosol) olarak yorumlanmıştır. B birimi altındaki birimler üzerine açısız uyumsuzlukla gelmiştir ve bu uyumsuzluk paleodepremlerin stratigrafik göstergelerinden birisidir. Ayrıca B birimi içinde sonlanan faylar da ikinci paleodepremin (O.2) olay düzleminin B birimi olduğunu gösterir.

Muratlar hendeğinin doğu duvarında 4. ile 5. metreler arasında 1953 depreminde olduğu gibi C3 biriminin yine yüzeyleşmiş olduğu düşünülmüştür. Burada 5. metrede B biriminin hemen altında gözlenen ters faylanma ile oluşmuş koluviyal kama hem B biriminin hem de C biriminin malzemesini taşımaktadır. Bu koluviyal kama ikinci paleodepremin (O.2) ürünü olarak yorumlanmıştır. Yine 4. metredeki C3 ile B birimi dokanağındaki normal bileşenli faylanma bu depremde de etkin olmalıdır. 8. ile 9. metreler arasında baktığımızda C1 biriminin ikinci paleodepreminle B biriminin içine sokulmuş ve yüzeyleşmiş olduğunu görüyoruz. B birimi ile C1 dokanağındaki ve C3 ile C1 arasındaki faylanma çok net olarak tespit

edilmektedir. Alt kısımlarda 5. ile 6. metreler arasında bu fay ile birleşen ve üstte 6. metrede B birimi içinde sonlanan, B birimin alt sınırında kuzeye düşme ile normal bileşen gösteren faylanmanın B birimi içinde sonlanmış olması ikinci paleodepremin (O.2) izlerinden birisidir. 11. ile 12. metreler arasında B birimin kuzeye düşmesini sağlayan kuzeye eğimli faylanma da B birimi içinde sonlanmıştır. Doğu duvarda yine 18. metrede C1 biriminin B birimi arasına sokularak ikinci paleodepreminde (O.2) yüzeylemiş olduğunu görüyoruz. Yine 18. metrenin güneyinde B biriminden C2 biriminin içine doğru ince çatlakların oluşması ve bunların içinin de B birimi ile dolması da ikinci paleodepremin B birimindeki belirgin göstergelerinden birisidir.

Muratlar hendeğinde batı duvara baktığımızda 5. metrede C3 biriminin B birimi içine sokulduğunu ve ikinci paleodepreminle (O.2) yüzeylemiş olduğunu görürüz. Kuzey ve güneyinden olmak üzere her iki kenarından faylanmalarla C3 birimi yüzeylemiştir. C3 ile B birimlerinin dokanağındaki ve C3 birimi içerisindeki faylanma çok belirgindir. Yine 9. metrede ikinci paleodepreminle küçük bir fay yarığı oluşmuş ve burası B birimi ile doldurulmuştur. 11. metrede yine B biriminin normal bileşenli fay ile kuzeye düşmesi ve fayın B biriminde sonlanması, 12 ile 13. metreler arasında ikinci paleodepreminle oluşan fay yarığının doldurulması B birimi içinde olan paleodepremin batı duvardaki göstergeleridir.

O.3: Üçüncü paleodepremin olay düzlemi B birimin çökelişinden önce ve C birimi çökelişinden sonra olduğu yorumlanmıştır.

Muratlar hendeğinin doğu duvarını incelediğimizde 5. metrede ikinci paleodepremin ürünü olan ters faylanmayla oluşmuş koluvial kamanın altında gözlenen daha küçük koluvial kama üçüncü paleodepremin ürünü olmalıdır. Bu depreminde de faylanma bu kesimde aynı şekilde güney taraf ters kuzey taraf normal bileşenle çalışmıştır. 5. metrede C3 biriminde gözlenen kum daykının faylarla kesilmesi ve fayların C3 biriminde sonlanması doğu duvarda C biriminde üçüncü paleodepremin göstergelerinden birisidir. Doğu duvarda 7. ile 10. metreler arasında yine kum daykını kesen faylar ve bu fayların ikinci paleodepremi gösteren faya doğru yönelmesi de üçüncü paleodepremi gösterir. Ayrıca bu depremi gösteren en önemli kanıtlardan biri C1 birimi içerisinde ara seviyeler halinde yer alan D ve E birimlerinde normal bileşenle kuzeye doğru belirgin düşmelerin olması, faylar arasında fay kaması oluşturmasıdır. 14. ile 17. metreler arasında da C2 birimi içerisindeki kumlu seviyede gözlenen kuzeye düşmelerin olması da üçüncü paleodepremin ürünüdür.

Muratlar hendeği batı duvarında üçüncü paleodepremin göstergelerinden birisi 5. ile 6. metreler arasında C3 biriminde oluşan koluvial kamadır. Yine C3 ve C1 birimleri içerisinde kum dayklarının faylarla parçalanması ve bu faylanmaların C birimi içinde sonlanması da üçüncü paleodepremin bir ürünüdür. 9. ile 10. metreler arasında C birimi içerisindeki D ve E birimlerinde kuzeye eğimli faylar ve dik faylarla birimlerin kuzeye normal bileşenle düşmesi, faylar arasında killeşmenin fazlalaşmasıyla fay kaması oluşturması da bu depremin ürünüdür. Yine 13. ile 14. metreler arasında kum daykının faylarla kesilmesi ve 14. ile 17. metreler

arasında C2 birimi içerisindeki kum bandının kuzeye eğimli faylarla kuzeye düşey atımlar yapması üçüncü paleodepremin sonucu olarak yorumlanmıştır.

O.4: Dördüncü paleodepremin olay düzlemi yine C birimi olarak yorumlanmıştır.

Muratlar hendeği doğu duvarında 7. ile 8. metreler arasında C1 birimi içerisinde ara seviyeler halinde bulunan D ve E birimlerindeki kuzeye eğimli ve dik faylarla kuzeye düşey atımların olması ve bu fayların C biriminin alt kesimlerinde sonlanmaları ve faylar arasında bu birimlerin fay kaması oluşturması dördüncü paleodepremi gösterir. Doğru duvarda C birimi içerisinde oluşan kum daykları bu deprem esnasında oluşmuş olmalıdır. Çünkü bu depremden sonra olan üçüncü paleodepreme bu kum daykları kesilmiştir. C1, C2 ve C3 birimlerinin dokanaklarında oluşmuş faylanmalar da dördüncü paleodeprem sonucu gelişmiş olabilir.

Batı duvar incelendiğinde doğu duvarda olduğu gibi 8. ile 9. metreler arasında C1 birimi içerisinde D ve E birimlerinde dike yakın faylarla kuzeye düşmeler olmuş, faylar arasında fay kamaları oluşmuştur. Bu paleodepremin oluşumu ile kum daykları gelişmiş, 7. ile 9. metreler arasında gözlenen kum daykı D ve E birimleri üzerine gelmiş, üçüncü paleodepreme oluşan faylarla da kesilmişlerdir. C1, C2 ve C3 birimlerinin dokanaklarındaki faylanmalarda bu depremin ürünü olabilir.

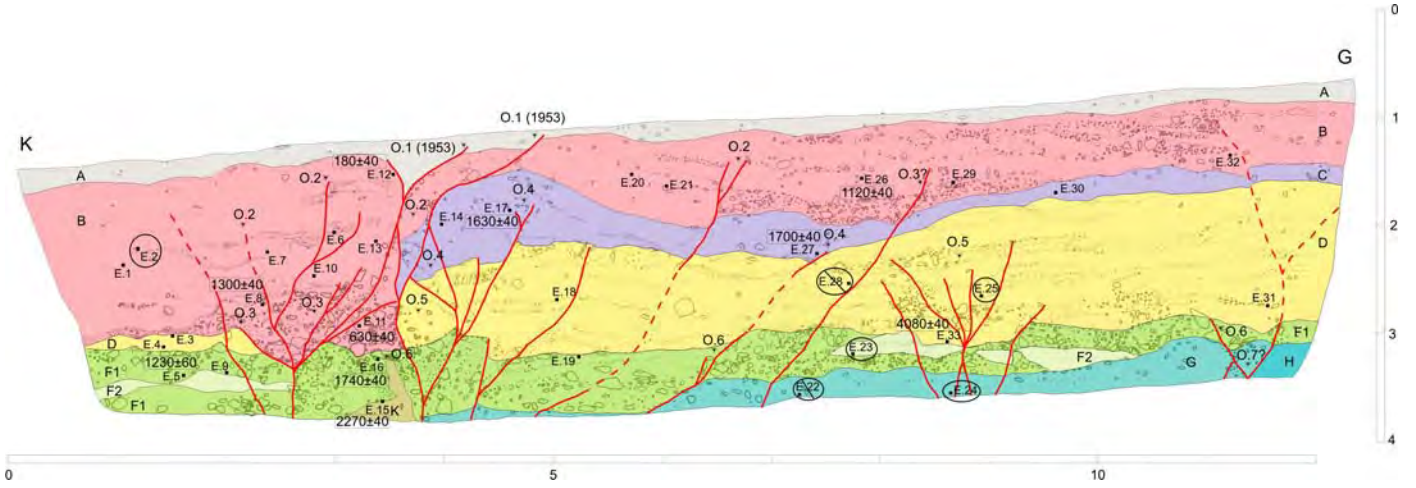
4.5. Yaşlandırma Çalışmaları

4.5.1. Seyvan Hendeği

Seyvan Hendeği Doğru Duvarı

Seyvan hendeği doğu duvarından C14 yaşlandırması için 33 adet organik kömür numunesi alınmıştır. Bunlardan bazıları birimin yaşı hakkında bazıları da paleodepremlerin olay düzlemlerinin yaşı hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla alınmıştır. Seyvan hendeği doğu duvarından alınan kömür numuneleri “E” harfi ile kodlanmıştır.

Seyvan hendeği doğu duvarından (Şekil 4.22), B biriminin üst seviyelerinden alınan E.12 ikinci paleodepremin (O.2) yaşını vermesi açısından önemli bir numunedir. Diğer E.1, E.2, E.6, E.7, E.8, E.10, ve E.13 ana faylanmanın kuzeyinde B birimin yaşını vermesi için alınan numunelerdir. Faylanmanın güneyinde E.20, E.21, ve E.32 B biriminin yaşını verecek numunelerken E.26 ve E.29 B biriminin alt seviyelerinde çakıllı seviyelerin hemen üzerinden alınmıştır ve buradaki faylanmanın ikinci paleodepreme mi yoksa üçüncü paleodepreme mi ait olduğunu açığa çıkarması açısından önem taşır. Ana faylanmanın kuzeyinde B biriminin alt seviyelerindeki koluviyal kamadan alınan E.11 ise üçüncü paleodepremin (O.3) yaşını verecektir. C birimi içerisinde alınan E.14, E.17 ve E.27 dördüncü paleodepremin (O.4) yaşını ve birimin yaşını vermesi açısından önemliken E.30 C biriminin yalnızca yaşını verecektir. Ana faylanmanın kuzeyinde D biriminden alınan E.3 ve E.4 burada birimin yaşını,



Şekil 4.22. Seyvan hendeğinde yaş alınan örneklerin doğu duvarındaki konumu ve yaş verileri

fayın güneyinden alınan E.25 ve E.31 D biriminin yaşını verebilecek numunelerdir. E.18 ve E.28 ise hem D biriminin yaşını hem de beşinci paleodepremin (O.5) yaşını vermesi açısından önemli olabilir. E.33 ise faylanmanın olduğu yerde D birimin en alt seviyesinden alınmıştır bu ancak altıncı paleodepremin yaşı hakkındaki yorumlarda kullanılabilir. F biriminde ana faylanmanın kuzeyinden E.5 ve E.9 numuneleri alınmıştır. Bunlar F biriminin yaşını verebilecek örnekler iken faylanmanın olduğu kısımda F biriminin çakıllı seviyeleri arasından alınan E.16 altıncı paleodepremin (O.6) yaşını verebilecek kömür numunesidir. Ayrıca kum daykı ile F biriminin dokanağından alınan E.15’de altıncı paleodepremin (O.6) yaşını verebilir. Ana faylanmanın güneyinde E.23 F biriminin kumlu seviyelerinden alınmıştır ve F biriminin yaşını vermek açısından önem taşır. E.19 ise F birimi koluviyalinin üst kısmından alınmıştır, altıncı paleodepremin yaşını verebilir. G biriminden alınan E.22 ve E.24 kömür numuneleri birimin yaşını tespit etmek açısından önemlidir.

Seyvan hendeği doğu duvarından, Beta Analitik Radyokarbon Yaşlandırma Laboratuvarı’na gönderilen numuneler E.11, E.16, E.17, E.22 ve E.28’dir. Bu örneklerin herhangi bir karışıklığa uğramaması için 2005ST-E diye kodlanmıştır. Gelen sonuçlara göre 2005ST-E22 ve 2005ST-E28 yaşlandırılmamıştır.

2005ST-E22 Seyvan hendeğinde en altta bulunan G biriminin yaşını öğrenmek amacıyla gönderilmiştir. Gelen sonuca göre örnek ısıtılmış ve yanmış olduğu görünen kum ve çakıldan oluşmaktadır. İçinde yaşlandırma için ayrılabilen kömür bulunamamıştır. Tekrar asitle çok güçlü bir reaksiyona uğratılmıştır. 219.6 mg kalan malzemenin yakılması denenebileceği ancak yeterli karbon elde edilemeyeceği ya da olayın zamanının doğru olup olmayacağından emin olunamadığı için işlem yapılmamıştır.

2005ST-E28 Seyvan hendeği doğu duvarından beşinci paleodepremin (O.5) yaşını ve D biriminin yaşını öğrenmek amacıyla gönderilmiştir. Gelen sonuca göre örnek çok fazla kum matrisli bileşene sahip olması nedeniyle sadece 0.2 mg ayrılabilir kömürleşmiş organik malzeme elde edilmiştir. Bu örnek AMS yaşlandırması için oldukça küçük bulunmuştur.

Diğer 2005ST-E11, 2005ST-E16 ve 2005ST-E17 numunelerinden alınan yaşlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

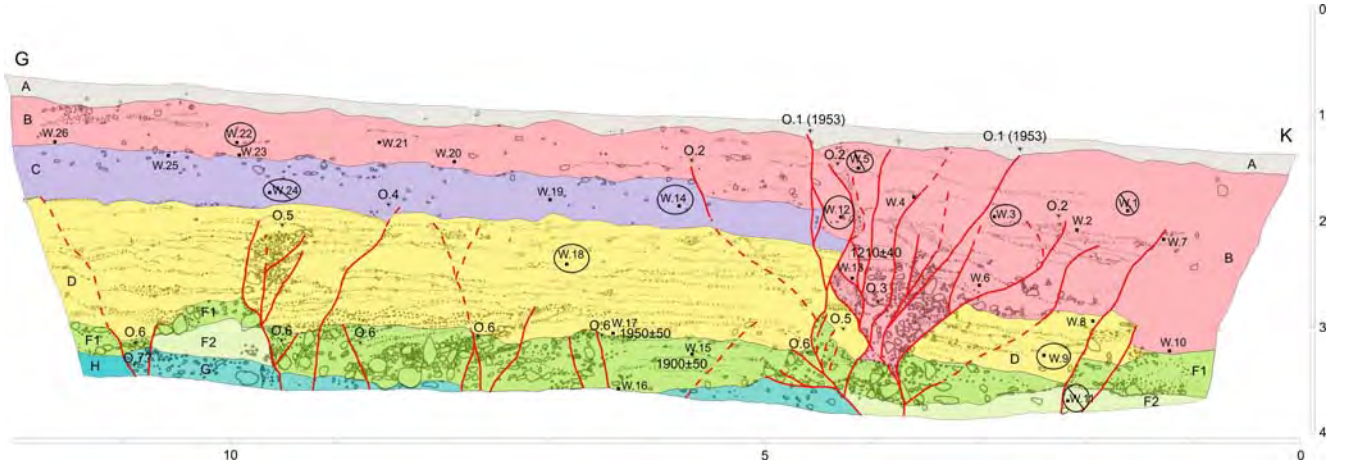
Örnek Verileri	Ölçülen Radyokarbon yaşı	13C/12C Oranı	Kabul edilen Radyokarbon yaşı
Örnek: 2005ST-E11 Analiz: AMS-Standart Malzeme/Ön işlem: (kömürleşmiş malzeme): asit/alkali/asit 2 sigma düzeltmesi: MS 1290-1410 (BP 660-540)	630+/-40 BP	-24.7‰	630+/-40 BP
Örnek: 2005ST-E17 Analiz: AMS-Standart Malzeme/Ön işlem: (kömürleşmiş malzeme): asit/alkali/asit 2 sigma düzeltmesi: MS 350-530 (BP 1600-1420)	NA	NA	1610+/-40 BP
Örnek Verileri	Ölçülen Radyokarbon yaşı	13C/12C Oranı	Kabul edilen Radyokarbon yaşı
Örnek: 2005ST-E16 Analiz: AMS-Standart Malzeme/Ön işlem: (kömürleşmiş malzeme): asit/alkali/asit 2 sigma düzeltmesi: MS 220-400 (BP 1730-1550)	1760+/-40BP	-26.1‰	1760+/-40 BP

Bu örneklerden 2005ST-E17 için orijinal örneğin 13C/12C oranının ölçülmesi için çok küçük olduğu belirtilmiştir. Ancak doğal ve laboratuvar etkilerinin her ikisini de içeren bu oran, kabul edilen radyokarbon yaşını elde edebilmek için 14C bulma süresince ölçülmüştür. Bu yaş uygulanabilir takvim düzeltmesine uygundur.

Gelen bu sonuçlara göre, üçüncü paleodeprem MS 1290-1410 yılları arasında, dördüncü paleodeprem MS 350-530 yılları arasında ve altıncı paleodepreminde MS 220-400 yılları arasında olabileceği sonucu çıkarılır. Ancak dördüncü ve altıncı paleodepremler için yaş aralığının birbirine çok yakın olması nedeniyle, 2005ST-E17 numunesinin taşınmış olabileceği şeklinde yorum yapabiliriz.

Seyvan Hendeği Batı Duvarı

Seyvan hendeği batı duvarından C14 yaşlandırması için 26 adet örnek alınmıştır (Şekil 4.22). Batı duvardaki ana faylanmanın kuzeyinde B biriminin üst seviyelerinden alınan W.1, W.2, W.3, W.4, W.5 ve W.12 hem B biriminin yaşını hem de ikinci paleodepremin yaşını verebilecek örneklerdir. Bunlardan W.5 açılma çatlakını dolduran malzemenin üst



Şekil 4.23. Seyvan hendeğinde yaş alınan örneklerin batı duvarındaki konumu ve yaş verileri

seviyesinden alınması nedeniyle ikinci paleodepremin yaşını vermesi açısından en önemli numunelerden biridir. Ayrıca W.12 fay kaması içerisinde yer alması açısından önem taşır. Yine B biriminden alınan W.6 ve W.7 numuneleri B biriminin yaşını verecektir. W.10 numunesi B biriminin en alt seviyesinden alınmıştır. Ana faylanmanın güneyinden alınan W.20, W.21, W.22, W.23, W.26 B biriminin güneydeki yaşını verebilecek numunelerdir. Ana fay zonunda B biriminden alınan W.13 kömür numunesi fay kaması içinden alınmıştır ve bu duvarda üçüncü paleodepremin (O.3) yaşını vermesi açısından önemlidir. C biriminden alınan W.14, W.19, W.24 ve W.25 C biriminin yaşını verebilecek numunelerdir. Bunlardan W.24 ve W.19 dördüncü paleodepremin (O.4) yaşını da verebilir. Ana faylanmanın kuzeyinden alınan W.8 ve W.9 D biriminin buradaki yaşını verebilecek örneklerdir. Güneyden alınan W.17 D biriminin en alt seviyesinden alınmıştır. W.18 burada hem D biriminin yaşını hem de beşinci paleodepremin yaşını verebilecek tek numunedir. Batı duvarda ana faylanmanın kuzeyinde F biriminin çakıllı seviyelerinde kömür numunesi bulunamamış altında yer alan kumlu seviyeden W.11 numunesi alınmıştır. Bu birimin, fayın kuzeyindeki çökelinin yaşını verebilecek örnektir. Güneyde ise 5 ile 7. metreler arasında F birimi koluviyalinin içinden W.15 ve W.16 kömür numuneleri buradaki çökelinin yaşını ve altıncı paleodepremin yaşını verebilecek örneklerdir. Altında yer alan G biriminde de kömür numunesine rastlanmamıştır.

Seyvan hendeği batı duvarından Beta Analitik Radyokarbon Yaşlandırma Laboratuvarı'na gönderilen numuneler W.1, W.11 ve W.24'dür. Bunlar yine 2005ST-W ile kodlanmıştır. Ancak örneklerden yaş elde edilememiştir.

2005ST-W1 ikinci paleodepremin yaşını alabilmek için gönderilmiştir. Ancak yaşlandırma için çok küçük olduğu ve sadece 99 mg gri kilden ayrılabilir kömürün elde edilemediği ifade edilmiştir.

2005ST-W24 dördüncü paleodepremin ve C birimin yaşını elde etmek için gönderilmiştir. Bu örneğinde yaşlandırma için çok küçük olduğu ve sadece 72 mg gri kilden ayrılabilir kömürün elde edilemediği belirtilmiştir.

2005ST-W11 örneği ise F birimin kumlu seviyesinden alınmıştır ve F biriminin yaşını verebilecek bu numunenin standart AMS yaşlandırması için oldukça küçük olduğu belirtilmiştir. MS-AMS metoduyla yaşlandırma yapılabilceği ancak bunda da standart sapmanın normal AMS yaşında daha büyük olabileceği vurgulanmıştır. Bu nedenle 2005ST-W11 örneği de yaşlandırılmamıştır.

4.5.2. Muratlar hendeği

Muratlar hendeğinden alınan numuneler Seyvan hendeğine göre çok daha azdır ve sadece doğu duvardan alınabilmiştir. C14 yaşlandırması için alınan bu numuneler yanmış kömürden ziyade daha çok bitki kökenli organik malzemelerdir.

Muratlar hendeği doğu duvarından sadece 9 adet örnek alınabilmiştir. Bunlardan ME.2, ME.4, ME.5, ME.6 ve ME.8 killi silt olarak tanımlanan B biriminden alınmıştır. Bu numuneler B biriminin yaşını ve bu birimde olan 2. paleodepremin yaşını vermeleri bakımından önemli numunelerdir. ME.9 C1 biriminden ve faylanmanın olduğu çatlak içinden alınmıştır ve 3. paleodepremin yaşını verebileceği yorumlanmıştır. ME.1 ise C3 birimi içenisinden alınmıştır. Hem C3 biriminin yaşını hem de 3. paleodepremin yaşını verebileceği düşünölmüştür. ME.3 C1 biriminden, ME.7 E biriminden alınmıştır ve birimlerin yaşını verebilecek numunelerdir.

Bu numunelerden ME.2, ME.3, ME.5, ME.6, ME.7, ve ME.8 yaşlandırma için Beta Analitik Yaşlandırma Laboratuvarına gönderilmiş ancak bu numunelerden yaş sonucu alınamamıştır. ME.2 ve ME.8 yanmış kömür numuneleridir fakat çok küçük oldukları için herhangi bir yaş sonucu alınamamıştır. Diğer numuneler daha çok organik malzemeden oluşur ve hendek içinden alınabilen numuneler yaşlandırma için gerekenden çok daha ufak oldukları için yaş sonucu alınamamıştır.

Muratlar hendeğinde yaşlandırma yapılamamış, daha çok olay düzlemlerinin belirlenmesi, kaç adet depremin olduğu ve faylanma mekanizması üzerine bir çalışma yürütölmüştür.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yenice-Gönen fay zonu üzerinde, 1953 Yenice-Gönen depremi (Ms 7.2) ile oluşan yüzey kırığı, batıda Sazak köyü batısından doğuda Gönen doğusuna kadar uzanan yaklaşık 60 km uzunluğunda, sağ yanal atımlı bir faydır.

Yenice-Gönen fay zonu geometrik süreksizliklerine göre 8 ayrı segmente ayrılmıştır. Bunlar batıdan doğuya doğru Kerpiçlik, Başalan, Sazak, Yenice, Seyvan-Karasu, Ortaoba-Gaybular, Muratlar ve Gönen segmentleridir. Uzunlukları 2 ile 16 km arasında değişen bu segmentler batıdan doğuya doğru sırasıyla 780 m genişliğinde serbestleşen sıçrama, 550 m genişliğinde serbestleşen sıçrama, 19° açı ile sıkıştırıcı büklüm, fayın doğrultusunda değişim, 1250 m genişlikte sıkıştırıcı sıçrama, 17° açı ile sıkıştırıcı büklüm ve fayın kollara ayrılması özellikleri ile birbirlerinden ayrılmıştır.

1953 Yenice-Gönen depremi yüzey kırığı üzerinde derelerden, kanallardan, bahçe ve tarla sınırlarından ölçülen sağ yanal atım değerleri 65 cm ile 495 cm arasında, düşey bileşen ise 30 cm ile 175 cm arasında değişmektedir. Fay zonu boyunca gözlenen kümülatif yer değiştirme miktarları ise 6,8 m ile 38 m arasındadır. Yüzey kırığı üzerinde 1953 depremine ait sağ yanal atım miktarları, kümülatif atım değerleri ve Yenice-Gönen fay zonu üzerine düşen tarihsel deprem kayıtlarına göre en az 3 depremin varlığı belirlenmektedir. Kümülatif atım değerleri Seyvan-Karasu ve Gönen segmentlerinde 5 depremin varlığını göstermektedir.

Yenice-Gönen fay zonuna ait paleodepremleri belirlemek, tekrarlanma periyotlarını çıkarabilmek için biri Seyvan-Karasu segmentinde diğeri Muratlar segmentinde olmak üzere 2 hendek açılmıştır.

Seyvan-Karasu segmentinde açılan hendek Seyvan hendeği olarak adlandırılmış, hendek içerisinde litolojik özelliklerine göre 8 ayrı birim ayrılmıştır. 1953 depremi ile beraber bu hendekte 6 paleodepremin varlığı tespit edilmiştir. Bu depremler fayın yukarı doğru sonlanması, yanal devamlılığının kesilmesi, koluviyal kama ve fay kaması oluşturması, kum daykları ve ince çatlakların üstteki birimle dolması gibi kriterlere dayanılarak yapılmıştır. Son 1953 depreminin olay düzlemi A birimi, 2. paleodepremin olay düzlemi B biriminin üst seviyeleri, 3. paleodepremin olay düzlemi B biriminin alt seviyeleri, 4. paleodepremin olay düzlemi C birimi, 5. paleodepremin olay düzlemi D birimi ve 6. paleodepremin olay düzleminin ise F birimi olduğu arazi çalışmalarında tespit edilmiştir. Gelen C14 yaş sonuçlarına göre Seyvan hendeği doğu duvarında toprağın hemen altından alınmış 180 ± 40 yaş 1953 depremine işaret eder. Fay kaması içerisinde B biriminden alınan 630 ± 40 yaş MS 1290-1410 yılları arasında olan bir depreme, B biriminin alt ve orta seviyelerinden alınan 1300 ± 40 , 1120 ± 40 , 1210 ± 40 yaşları MS 650-900 yılları arasındaki bir depreme, C biriminden alınan 1630 ± 40 ve 1700 ± 40 yaşları MS 240 ile 530 yılları arasındaki bir depreme, F biriminden alınan 1950 ± 50 ve 1900 ± 50 yaşları MS 140 ile MÖ 50 yılları

arasındaki bir depreme işaret eder. Kum daykından alınan 2270 ± 40 yaşı MÖ 340 ile 400 yıllarına ve muhtemelen 6. paleodepreme karşılık gelir.

Bu elde edilen yaş sonuçları, Seyvan hendeğinde en az 5 depremin varlığını gösterir. Arazide litolojik özelliklerine göre ayırtılan birimlerde paleodepremler stratigrafik göstergelerine göre ayırtlanmıştır. Ancak Seyvan hendeği doğu duvarında F1 olarak ayırtılan birimin yaşı 1230 ± 60 olarak gelmiş ve MS 660 ile 900 yıllarına karşılık gelmektedir ve bu sonuca göre B biriminin alt seviyelerini oluşturabileceği düşünülmüştür. Kum daykının üst kesiminden alınan 1740 ± 40 yaşı C biriminin yaşı ile uyumludur. Bu örneğin 4. paleodepremlerle buraya düştüğü yorumlanmıştır. Doğu duvarda D biriminden alınan 4080 ± 40 yaş ise örneğin D birimi içerisinde taşınmış olduğunu gösterir.

Seyvan hendeğinden alınan bu yaş sonuçlarına göre 1953 depremi ile birlikte en az 5 depremin olduğu, üçüncü paleodepreme kadar depremlerin yaklaşık 300 yıllık periyodlarla tekrarladığı, üçüncü paleodepremden sonra yaklaşık 600 yıllık periyodlarla depremlerin gerçekleşmiş olduğu sonucu çıkarılmıştır.

Muratlar segmenti üzerinde açılan Muratlar hendeğinde ise litolojik farklılıklarına göre 7 birim ayırtlanmıştır. Muratlar hendeğinde 1953 depremiyle birlikte 4 depremin varlığı görülmüştür. Burada olay düzlemleri, fayların yukarı doğru sonlanması, birimin açılma diskordansla diğer birimler üzerine gelmesi, ince çatlakların oluşup bunların üzerindeki birimle doldurulması, koluvial ve fay kamalarının oluşması, kum daykları gibi kriterlere göre yapılmıştır. Bu hendekte de güncel toprak seviyesinde 1953 depreminin varlığı açıkça görülür. 2. paleodepremin olay düzlemi B birimi olarak tanımlanmıştır. 3 ve 4. paleodepremler C birimi çökeliminden sonra gerçekleşmiş depremlerdir ve faylanmaların yukarı doğru sonlanması, ayrı fay kamaları oluşturması, 4 paleodepremlerle oluşan kum dayklarının 3 paleodepremlerle oluşan faylarla kesilmesi gibi özelliklerine göre birbirlerinden ayırt edilmiştir. Doğru atım mekanizmasıyla oluşan bu faylanmada hendekte ters faylanmaların gözlenmesi Muratlar segmentinin transpresyonel olarak hareket ettiğini göstermektedir.

Yapılan segmentasyon ve hendek çalışmaları karşılaştırıldığında, hendeklerden elde edilen sonuca göre Seyvan-Karasu segmentinde en az 5 paleodepremin olduğu ve Muratlar segmentinde de 4 paleodepremin gerçekleştiği görülür. Segmentasyon çalışmasında kümülatif atım değerleride bu deprem sayılarını destekler niteliktedir.

Yapılan kinematik analizlere göre Yenice-Gönen fay zonunu etkileyen sıkışma kuvvetlerinin doğrultusu KKB-GGD ile KB-GD arasında değişmektedir. Arazide ölçülen fayların önemli bir kısmının ters fay ve kısmen doğru atım bileşenine sahip ters fay özellikleri göstermesi, genel karakteri sağ yanal olarak bilinen fay sisteminin bu bölümünün transpresyonel özellik gösterdiğinin kanıtlamaktadır. Asal gerilim dağılımlarında $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ilişkisi bulunmaktadır. Buna bağlı olarak "inverse direction" metoduyla elde edilen düzlem

çözümlemelerinde bu duruma bağlı olarak ortaya çıkan ϕ değeri 0.5 civarında hesaplanmaktadır. Ancak fayların büküm ve/veya atlama yaptığı noktalarda gerilim dağılımları beklenen değerlerden farklılık göstermekte, bu durum da σ_2 ve σ_3 değerlerinin birbirlerine çok yaklaşmasına yol açmaktadır. Bu bölgelerde gelişen yapılar, ana sistemin beklenen özelliklerinden farklı sonuçlar ortaya koymaktadır. Bu gibi değişimler ϕ değeri ile kontrol edilebilmektedir. ϕ değerinin “1” e yaklaşması, σ_2 ve σ_3 'ün büyüklüklerinin birbirine yakın olması, bu eksenlerin deformasyon esnasında yer değiştirebiliyor olması ve σ_1 'in düşey olduğu konumlarda farklı doğrultularda normal fayların gelişebileceği şeklinde yorumlanmaktadır. Bu durum, çalışma bölgesindeki 6-2 nolu istasyonda ortaya çıkmaktadır. Tüm sistemin yaklaşık KB-GD doğrultulu sıkışma rejiminin belirteçlerini sunarken, sadece bu istasyondan elde edilen sonucun KKB-GGD açılmayı göstermesinin sebebi bu olmalıdır.

6. DEĞİNİLEN BELGELER

- Akyürek, B. ve Soysal, Y., 1980. Biga Yarımadası ve güneyinin 1/100 000 ölçekli kompilyasyonu. MTA Rapor No. 7847. Ankara.
- Altınlı, İ. E., 1973, Bilecik Jurasığı. 50. Yıl Yerbilimleri kongresi, Tebliğler Dergisi MTA Yay.,112-113.
- Ambraseys, N., 2002. The seismic activity of the Marmara Sea Region over the last 2000 years. Bull. Seism. Soc. Am., 92, 1, 1-18.
- Anderson, E.M., 1951. The dynamics of faulting and dyke formation with applications to Britain. Oliver & Boyd, Edinburg, 206 s.
- Angelier, J., 1984. Tectonic analysis of fault slip data sets. Journal of Geophysical Research 89/B7, 5835-5848.
- Angelier, J., 1990. Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stres. III. A new rapid direct inversion method by analytical means. Geophysical Journal International, 103, 363-376.
- Angelier, J., 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction, in P.L. Hancock, ed., Continental Deformation. Pergamon Pres, Oxford, 53-100.
- Anıl, M., Saupe, F., Zimmerman, J.L., Öngen, S., 1989, Oligosen-Miyosen yaşlı Nevruz-Çakıroba (Yenice-Çanakkale) kuvarslı monzonit stoklarının K/Ar metoduyla yaş tayini: 43. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri, Jeoloji Mühendisleri Odası, 25-26.
- Arminjo, R., Carey, E., ve Cisternas, A., 1982. The inverse problem in microtectonics and the separation of tectonic phases. Tectonophysics, 82, 145-160.
- Armijo, R., Meyer, B., King, G.C.P., Rigo, A. and Papanastassiou, D., 1996. Quaternary evolution of the Gulf of Corinth rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean. Geophys. J. R. Astr. Soc., 126, 11-53.
- Armijo, R., Meyer, B., Hubert, A. and Barka, A.A., 1999. Westward propagation of the North Anatolian fault into the northern Aegean: timing and kinematics. Geology, 27, 267-270.
- Armijo, R., Meyer, B., Navarro, S., King, G.C.P. and Barka, A.A., 2002. Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: a clue to propagation processes of the North Anatolian Fault?, Terra Nova, 14, 80-86.
- Ataman, G., 1975, Plutonisme calc-alkalin d'age Alpin en Anatolie du nordquest, C.R. Acad. Sc. Paris, D 280, 2065-2068
- Ayan, M., 1979, Geochronological and petrological studies of the Eybek granodiorite pluton (Edremit), Comm. Fac. Scien. Üniv. Ankara, 22, 19-31
- Aygen, T.,1956, Balya bölgesi jeolojisinin incelenmesi, MTA Enst. Yay.11
- Barka, A.A., 1992. The North Anatolian fault zone. Annales Tectonicae, VI, 164-195.
- Barka, A.A., 1996. Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with the large earthquakes of the period1939 to 1967. Bull. Seism. Soc. Am., 86, 1238-1254.
- Barka, A.A., 1997. Neotectonics of the Marmara region in active tectonics of Northwest Anatolia. In: Schindler, C., Pfister, M. (Eds.), The Marmara Poly-Project, Hochschule-Verlag AG an der ETH, Zurich, 55-87.
- Barka, A.A. and Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, 7(3), 663-684.

- Benda, L. ve Meulenkamp, J.E., 1979, Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene. 5. Calibration of sporomorf associations, marine microfossils and mammal zones , marina and continental stages and the radiometric scale: Ann. Geol. Pays Helen., 1, 61-70.
- Benda, l., Innocenti, F., Mazzuoli, R., Radicati, F. ve Staffens, P., 1974. Stratigraphic and radiometric data of the Neogene in Northwest Turkey. Deutsch. Geol. Ges., 125, 183-193.
- Berggren, W.A., Kent, D.V., Flynn, J.J. ve Couvering, J.A. Van, 1985. Cenozoic geochronology. Geological Society of America Bulletin 96, 1407-18.
- Bingöl, E., !968, Contribution a l' etude geologique de la partie centrale et Sud-Est du massif de Kazdağ (Turquie) , These, L' Univ. Nancy
- Bingöl, E., 1969, Kazdağ masifinin merkezi ve güneydoğu kesiminin jeolojisi, MTA Derg. 72, 110-123
- Bingöl, E., Akyürek, B. ve Korkmazer, B., 1973, Biga Yarımadasının jeolojisi ve Karakaya formasyonunun bazı özellikleri. Cumh. 50. Yılı Yerbilimleri kongresi tebliğler dergisi MTA yayınları 70-76.
- Bingöl, E., Delaoye, M. ve Ataman, G., 1982, Granitic Intrusions in western Anatolia: a contribution to the geodynamic study of this area, Eclogae Geol. Helv., 75, 437-446.
- Birkle, P. Ve Satır, M. 1995. Dating, geochemistry and geodynamic significance of the Tertiary magmatism of the Biga-Peninsula (Ezine, NW-Turkey). In Geology of the Black Sea Region (eds A. Erler, T.Ercan, E.Bingöl and S. Örcen), 171-80. Ankara: MTA Genel Müdürlüğü
- Bittner, A., 1891, Triaspetrefakten von Balia in Kleinsien, Jhrb. K.K. geol. Reichanstalt XII.
- Blanc, M.P., 1969, Etude petrographique de la granidiorite de Yenice, Peninsula de Çanakkale, Doktora Tezi, Paris Üniversitesi, Fransa.
- Borsi, S., Ferrara, C., Innocenti, F. Ve Mazzudi, R., 1972, Geochronology and petrology of recent volcanics of Eastern Aegean Sea., Bull. Volcan., 36, 473-496.
- Canitez, N. and Üçer, B., 1967. A catalogue of focal mechanisms for Turkey and adjoining areas. Ün. Istanbul Inst. Earth Phys., 25.
- Carey, E., ve Brunier, B., 1974. Analyse théorique et numérique d'une modéle mécanique élémentaire appliqué a l'etude d'une population des failles. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, D 279, 891-894.
- Çiftçi, B., 2007. Geological Evolution of the Gediz Graben, SW Turkey: Temporal and Spatial Variation of the Graben. ODTU Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Doktora Tezi, 290 s Duru, M., Pehlivan, Ş., Şentürk, Y., Yavaş, F. ve Kar, H., 2004, New results on the lithostratigraphy of the Kazdağ Massif in northwest Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 13/2, 177-186.
- Dewey, J. F., 1976. Seismicity of Northern Anatolia. Bull. Seism. Soc. Am., 66, 843-868.
- Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding region: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. Bull. Geol. Soc. Amer., 90, 89-92.
- Ediger, V.Ş., 1988, Biga Yarımadası'ndaki kömürlü birimlerden alınan örneklerin palinolojik analizi: TPAO Araştırma Grubu Rap. No. 1269, 17s.
- Ercan, T., Türkecan, A., Günay, E., Çevkbaş, A., Ateş, M., Can, B. ve Erkan, M., 1984. Dikili-Çandarlı-Bergama (İzmir) yörelerinin jeolojisi ve magmatik kayaçların petrolojisi. MTA Rapor No. 7600, 70s. Ankara.

- Ergin, K., Güçlü, U., Utku, Z. and Değirmenci, E., 1967. A catalogue of earthquakes for Turkey and surrounding area. Publ. Ist. Techn. Univer. Mining Fac., 24, 189 pp.
- Ergül, E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, M.Z., 1980. Balıkesir ili-Marmara Denizi arasının jeolojisi. MTA Rapor No. 6760, 57s., Ankara.
- Etchecopar, A., Vasseur, G., ve Daignieres, M., 1981. An inverse problem in microtectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis. *Journal of Structural Geology*, 3, 51-65.
- Fytikas, M., Giuliani, O., Innocenti, F., Marinelli, G. ve Mazzuoli, R., 1976, Geochronological data on recent magmatism of the Aegean Sea, *Tectonophysics*, 31, 29-34.
- Herece, E., 1985. The fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake on some examples of recent tectonic events in the Biga Peninsula of Northwest Turkey. Ms. S. Thesis, Penn. State Univ., 143 p.
- Genç, Ş.C., 1998. Evolution of the bayramiç magmatic complex, northwestern Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 233-249.
- Gözler, M.Z., Ergül, E., Akçaören, F., Genç, Ş., Akat, U., ve Acar, Ş., 1984, Çanakkale Boğazı doğusu-Marmara Denizi güneyi-Bandırma-Balıkesir-Edremit ve Ege Denizi arasındaki bölgenin jeolojisi, MTA Derleme No: 7430 (yayınlanmamış).
- Herece, E., 1990. The fault trace of 1953 Yenice-Gönen earthquake and the westernmost known extension of the NAF System in the Biga Peninsula. *Mineral Res. Expl. Bull.*, 111, 31-42.
- İnci, U., 1984, Demirci ve Burhaniye bitümlü şeyllerin stratigrafisi ve organik özellikleri: *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 5, 27-40.
- Jackson, J. and McKenzie, D., 1988. The relationship between plate motions and seismic moment tensors, and the rates of active deformations in the Mediterranean and the Middle East. *Geophys. J.*, 93, 45-73.
- Kaaden, G., 1959, Age relation of magmatic activity and metamorphic processes in the northwestern part of Anatolia, Turkey, *MTA Enst Bült.*, 60, 61-70.
- Karacık, Z. ve Yılmaz, Y., 1998. Geology of the ignimbrites and the associated volcano-plutonic complex of the Ezine area, northwest Anatolia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 251-264.
- Karnik, V., 1971. Seismicity of the European Area, part 2. D. Riedel Publ. Co., Dordrecht-Holland.
- Ketin, I. and Roesli, F., 1953. Makroseismische Untersuchungen über das nordwestanatolische Beben vom 18. März 1953. *Eclogae Geologicae Helveticae*, 46, 187-208.
- Koçyiğit, A., 1988. Tectonic setting of the Geyve basin: Age and total displacement of the Geyve fault zone. In: 1987 Melih Tokay Symposium, METU, J. Pure Appl. Sciences, 21, 81-104.
- Krushensky, R.D., 1976, Neogene calc-alkaline extrusive and intrusive rocks of the Karalar-Yeşiller area, northwest Anatolia, Turkey, *Bull. U.S.A. Geol. Survey*, 1461, 1-72.
- Krushensky, R., Akçay, Y. ve Karaege, E., 1980, Geology of the Karalar- Yeşiller area, Northwest Anatolia, Turkey, *Bull. U.S.A., Geol. Survey*, 1461
- Lyberis, N., 1984. Tectonic evolution of the North Aegean trough. In: Dixon, J.E. and Robertson, A.H.F.(Eds.), *The Geological Evolution of Eastern Mediterranean*, Geological Society, London, Special Publication, No.17, 709-725.
- McClusky, S.C., Bassalanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H.G., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R.W., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A.,

- Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, Y., Reilinger, R.E., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. and Veis, G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5695-5719.
- McKenzie, D., 1972. Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 30, 109-185.
- McKenzie, D., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean sea and surrounding regions (tectonics of Aegean region). *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254.
- Okay, A.İ., Siyako, M. & Bürkan, K.A., 1990, Biga Yarımadasının jeolojisi ve tektonik evrimi, *TPJD Bült*, 2/2, 83-121.
- Okay, A.İ., Siyako, M. & Bürkan, K.A. 1991. Geology and tectonic evolution of the Biga Peninsula. In: Dewey, J.F. (ed) Special Issue on tectonics. *Bulletin of the Technical University of Istanbul*, 44, 191-255.
- Okay, A.İ., Satır, M., Maluski, H., Siyako, M., Monie, P., Metzger, R., Akyüz, S., 1996, Paleo- and Neo-Tethyan events in northwestern Turkey: geologic and geochronologic constraints. In: Yin, A., Harrison, T.M. (Eds.), *The Tectonic Evolution of Asia*. Cambridge University Press, 420-441.
- Okay, A.İ., ve Satır, 2000, Coeval plutonism and metamorphism in latest Oligocene complex in northwest Turkey, *Geol. Mag*, 137/5, 495-516
- Öngen, S., 1978, Petrographie und Petrochemie des Çavuşlu-Karaköy Granitoid Massivs, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası*, B43, 93-115.
- Öngen, S., 1994, Le Pluton calco-alkalin d'Evciler (peninsula of Biga, Turquie-NW): age, geochemie et signification geodynamique, *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences*, Paris, 319, 1033-9.
- Reilinger, R., McClusky, S., Oral, M.B., King, R.W., Toksöz, M.N., Barka, A.A., Kinik, I., Lenk, O. and Sanli, I., 1997. Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *J. Geophys. Res.*, 102, 9983-9999.
- Schindler, C., 1997. Geology of NW Turkey: Results of the Marmara poly-project. In: Schindler, C. and Pfister, M. (Eds.), *Active Tectonics of Northwestern Anatolia: The Marmara Project*, Verlag der Fachvereine, Zurich.
- Seeber, L., Emre, O., Cormier, M.-H., Sorlien, C.C., McHugh, C.M.G., Polonia, A., Ozer, N. and Cagatay, N., 2004. Uplift and subsidence from oblique slip: the Ganos-Marmara bend of the North Anatolian Transform, Western Turkey. *Tectonophysics*, 391, 239-258.
- Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C., 1996. The cause of N-S extensional tectonics in western Turkey: Tectonic escape vs back-arc spreading vs orogenic collapse. *Journal of Geodynamics* 22, 145-153.
- Sieberg, A., 1932. *Erdbebengeographie*. In: Gutenberg, B. (Ed.), *Handbuch der Geophysik*, Band IV, Borntrager, Berlin, 527-1005.
- Siyako, M., Bürkan, K.A. ve Okay, A.İ., 1989, Biga ve Gelibolu Yarımadaı'nın Tersiyer Jeolojisi ve hidrokarbon olanakları, *Türk. Petr. Jeol. Dern. Bült.*, 1/3, 183-200
- Soysal, H., Sipahioğlu, Ş., Kolçak, D. and Altınok, Y., 1981. Türkiye tarihsel deprem kataloğu. TÜBİTAK Project No: TBAG 341, 86 pp.
- Straub, C., 1996. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea region, NW Anatolia, inferred from GPS measurements. *Mitteil. Inst. Geod. And Photogramm*, ETH, no.58, Zürich.

- Straub, C., Kahle, H.-G. and Schindler, C., 1997. GPS and geological estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia. *J. Geophys. Res.*, 102, 27, 587-601.
- Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D., 1991. Active tectonics of north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.*, 106, 433-490.
- Yaltrak, C., 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190, 283-305.
- Yamaji, A., 2000. The multiple inverse method: a new technique to separate stresses from heterogenous fault-slip data: *Journal of Structural geology*, 22, 441-452.
- Yılmaz, Y., 1990, Comparison of young volcanic associations of western and eastern anatolia formed under a compressional regime: a review. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 44, 69-87.

EKLER

Dr. Kadir Dirik

Report Date: 6/7/2006

Hacettepe University

Material Received: 4/28/2006

Sample Data	Measured Radiocarbon Age	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio	Conventional Radiocarbon Age(*)
Beta - 216601 SAMPLE : 2005ST-E.11 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 1290 to 1410 (Cal BP 660 to 540)	630 +/- 40 BP	-24.7 o/oo	630 +/- 40 BP
Beta - 216602 SAMPLE : 2005ST-E.16 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 220 to 400 (Cal BP 1730 to 1550)	1760 +/- 40 BP	-26.1 o/oo	1740 +/- 40 BP

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-24.7:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-216601**

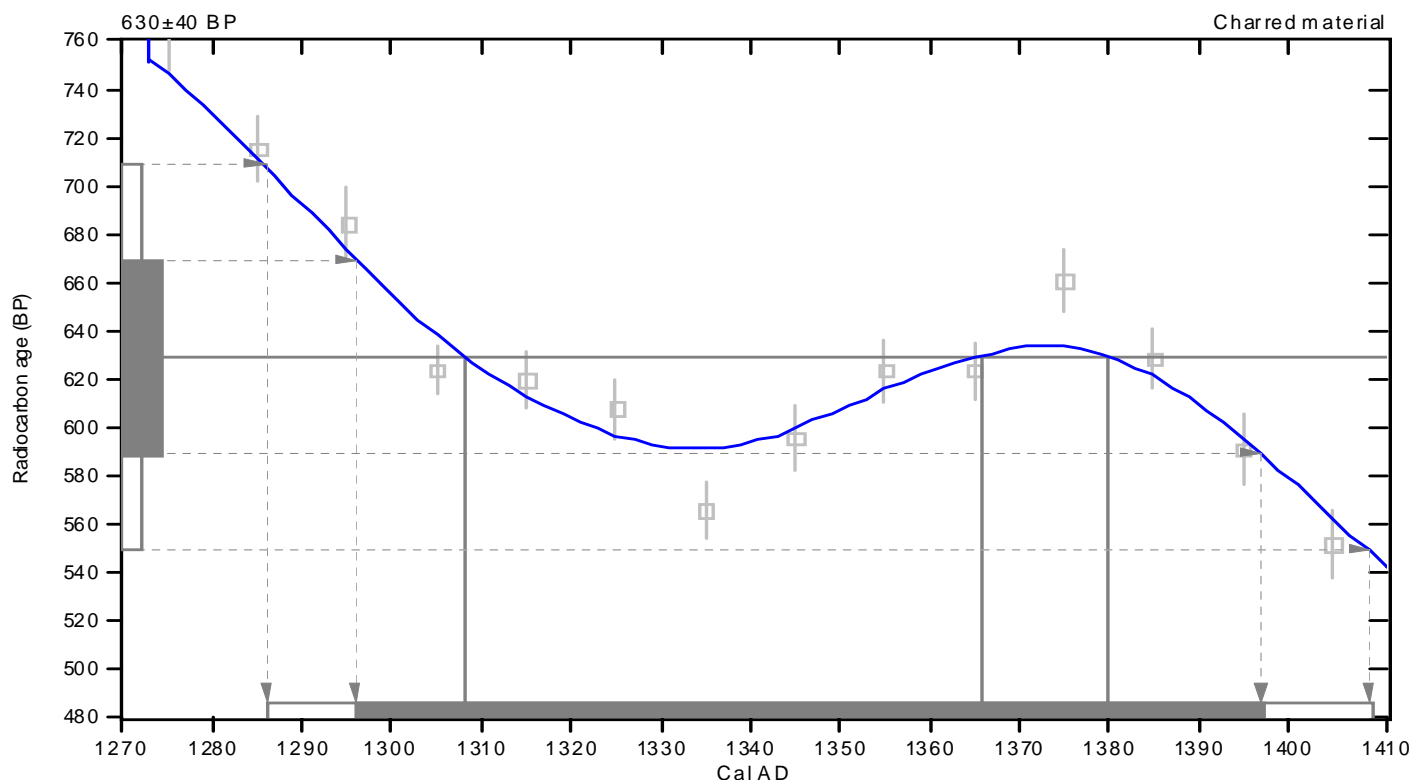
Conventional radiocarbon age: **630±40 BP**

2 Sigma calibrated result: **Cal AD 1290 to 1410 (Cal BP 660 to 540)**
(95% probability)

In intercept data

Intercepts of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 1310 (Cal BP 640) and
Cal AD 1370 (Cal BP 580) and
Cal AD 1380 (Cal BP 570)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 1300 to 1400 (Cal BP 650 to 550)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL98

Calibration Database

Editorial Comment

Stuiver, M., van der Plicht, H., 1998, *Radiocarbon* 40(3), p xii-xiii

INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration

Stuiver, M., et al., 1998, *Radiocarbon* 40(3), p1041-1083

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, *Radiocarbon* 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-26.1:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-216602**

Conventional radiocarbon age: **1740±40 BP**

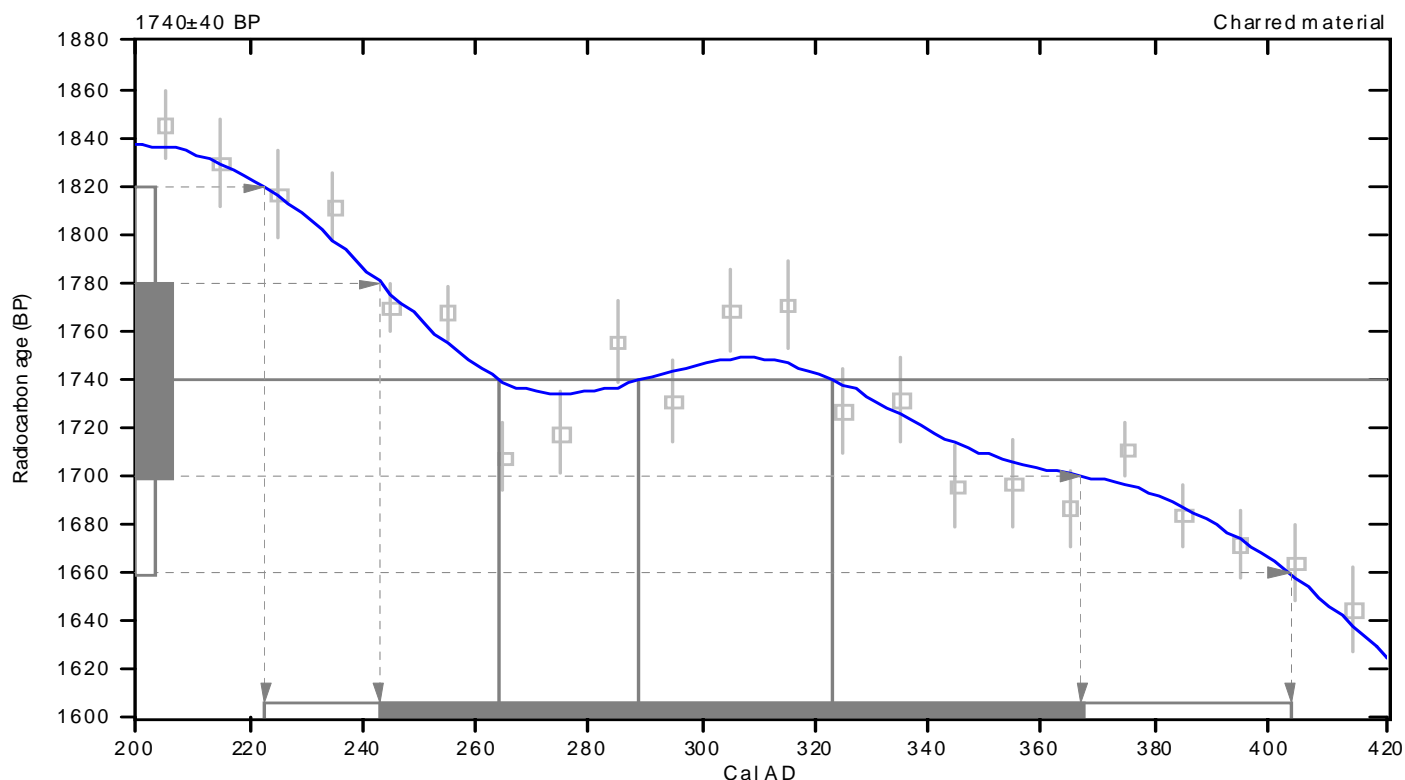
2 Sigma calibrated result: Cal AD 220 to 400 (Cal BP 1730 to 1550)
(95% probability)

Intercept data

Intercepts of radiocarbon age
with calibration curve:

Cal AD 260 (Cal BP 1690) and
Cal AD 290 (Cal BP 1660) and
Cal AD 320 (Cal BP 1630)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 240 to 370 (Cal BP 1710 to 1580)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL98

Calibration Database

Editorial Comment

Stuiver, M., van der Plicht, H., 1998, Radiocarbon 40(3), pxii-xiii

INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration

Stuiver, M., et al., 1998, Radiocarbon 40(3), p1041-1083

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

Dr. Kadir Dirik

Report Date: 1/12/2007

Hacettepe University

Material Received: 11/30/2006

Sample Data	Measured Radiocarbon Age	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio	Conventional Radiocarbon Age(*)
Beta - 224062 SAMPLE : 2005ST-E.5 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 660 to 900 (Cal BP 1290 to 1050) AND Cal AD 920 to 960 (Cal BP 1040 to 990)	1250 +/- 60 BP	-26.1 o/oo	1230 +/- 60 BP
Beta - 224063 SAMPLE : 2005ST-E.8 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 650 to 780 (Cal BP 1300 to 1170)	1320 +/- 40 BP	-26.0 o/oo	1300 +/- 40 BP
Beta - 224064 SAMPLE : 2005ST-E.12 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 1650 to 1710 (Cal BP 300 to 240) AND Cal AD 1710 to 1880 (Cal BP 240 to 60) Cal AD 1910 to 1950 (Cal BP 40 to 0)	180 +/- 40 BP	-25.0 o/oo	180 +/- 40 BP
Beta - 224065 SAMPLE : 2005ST-E.15 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal BC 400 to 340 (Cal BP 2350 to 2290) AND Cal BC 320 to 210 (Cal BP 2270 to 2160)	2260 +/- 40 BP	-24.2 o/oo	2270 +/- 40 BP
Beta - 224067 SAMPLE : 2005ST-E.26 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 810 to 1010 (Cal BP 1140 to 940)	1140 +/- 40 BP	-26.2 o/oo	1120 +/- 40 BP

Sample Data	Measured Radiocarbon Age	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio	Conventional Radiocarbon Age(*)
Beta - 224068 SAMPLE : 2005ST-E.27 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 240 to 420 (Cal BP 1710 to 1530)	1710 +/- 40 BP	-25.9 o/oo	1700 +/- 40 BP
Beta - 224070 SAMPLE : 2005ST-E.33 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal BC 2860 to 2800 (Cal BP 4810 to 4760) AND Cal BC 2750 to 2710 (Cal BP 4700 to 4660) Cal BC 2710 to 2550 (Cal BP 4660 to 4500) AND Cal BC 2540 to 2490 (Cal BP 4490 to 4440)	4070 +/- 40 BP	-24.4 o/oo	4080 +/- 40 BP
Beta - 224073 SAMPLE : 2005ST-W.13 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 690 to 900 (Cal BP 1260 to 1050)	1190 +/- 40 BP	-24.0 o/oo	1210 +/- 40 BP
Beta - 224074 SAMPLE : 2005ST-W.15 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 10 to 230 (Cal BP 1940 to 1720)	1900 +/- 50 BP	-24.8 o/oo	1900 +/- 50 BP
Beta - 224075 SAMPLE : 2005ST-W.17 ANALYSIS : AMS-Standard delivery MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid 2 SIGMA CALIBRATION : Cal BC 50 to Cal AD 140 (Cal BP 2000 to 1810)	1960 +/- 50 BP	-25.6 o/oo	1950 +/- 50 BP

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-26.1:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224062**

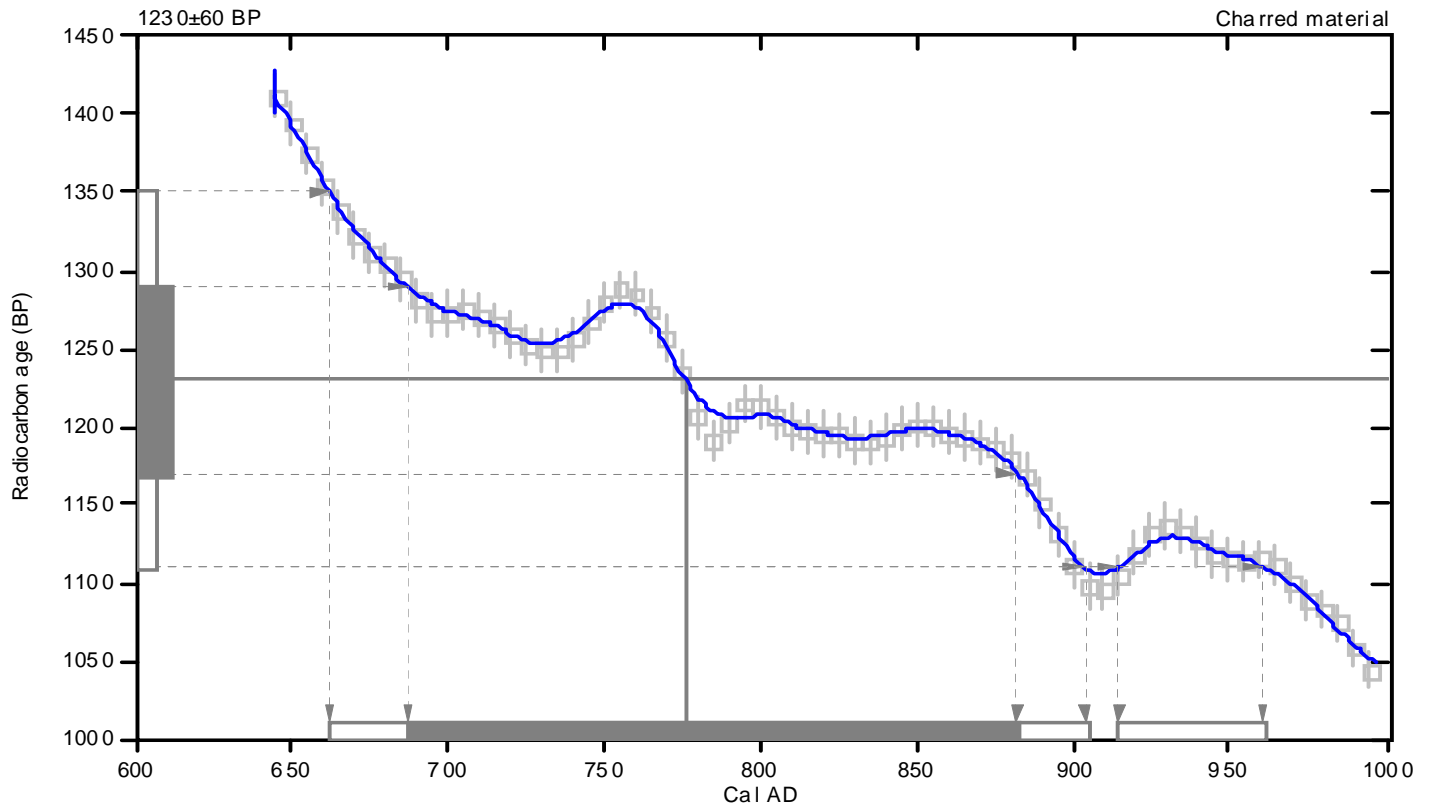
Conventional radiocarbon age: **1230±60 BP**

**2 Sigma calibrated results: Cal AD 660 to 900 (Cal BP 1290 to 1050) and
(95% probability) Cal AD 920 to 960 (Cal BP 1040 to 990)**

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 780 (Cal BP 1170)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 690 to 880 (Cal BP 1260 to 1070)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-26:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224063**

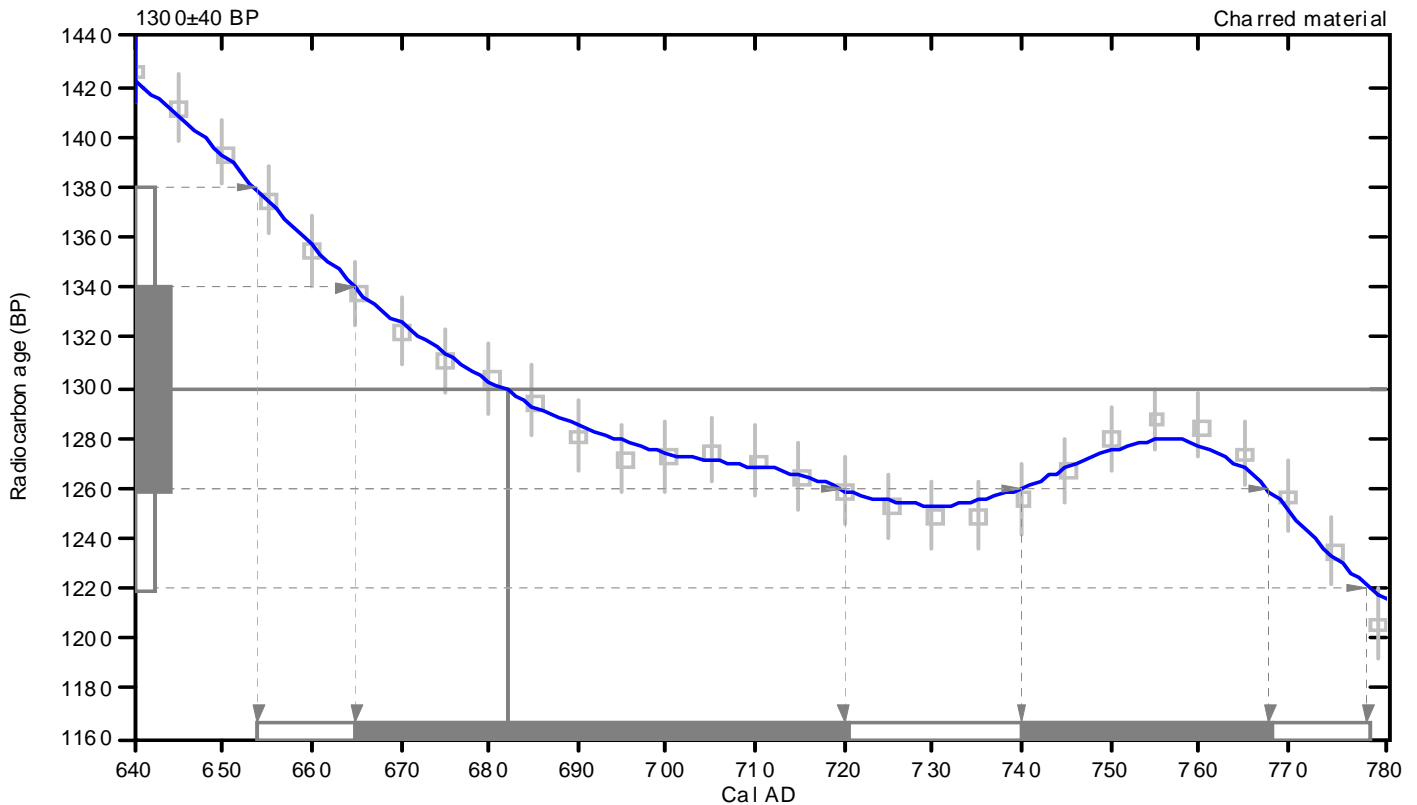
Conventional radiocarbon age: **1300±40 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal AD 650 to 780 (Cal BP 1300 to 1170)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 680 (Cal BP 1270)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 660 to 720 (Cal BP 1280 to 1230) and
(68% probability) Cal AD 740 to 770 (Cal BP 1210 to 1180)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-25:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224064**

Conventional radiocarbon age: **180±40 BP**

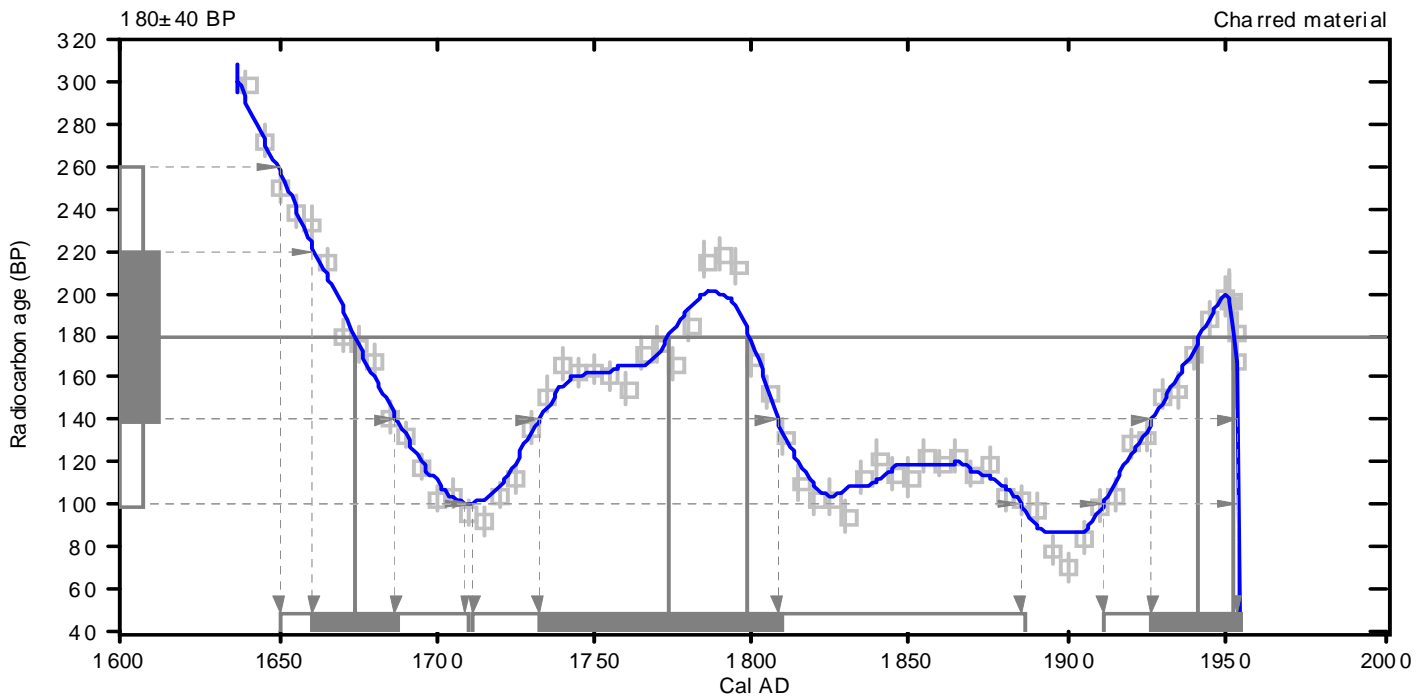
2 Sigma calibrated results: Cal AD 1650 to 1710 (Cal BP 300 to 240) and
(95% probability) Cal AD 1710 to 1880 (Cal BP 240 to 60) and
Cal AD 1910 to 1950 (Cal BP 40 to 0)

Intercept data

Intercepts of radiocarbon age
with calibration curve:

Cal AD 1670 (Cal BP 280) and
Cal AD 1770 (Cal BP 180) and
Cal AD 1800 (Cal BP 150) and
Cal AD 1940 (Cal BP 10) and
Cal AD 1950 (Cal BP 0)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 1660 to 1690 (Cal BP 290 to 260) and
(68% probability) Cal AD 1730 to 1810 (Cal BP 220 to 140) and
Cal AD 1930 to 1950 (Cal BP 20 to 0)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-24.2:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224065**

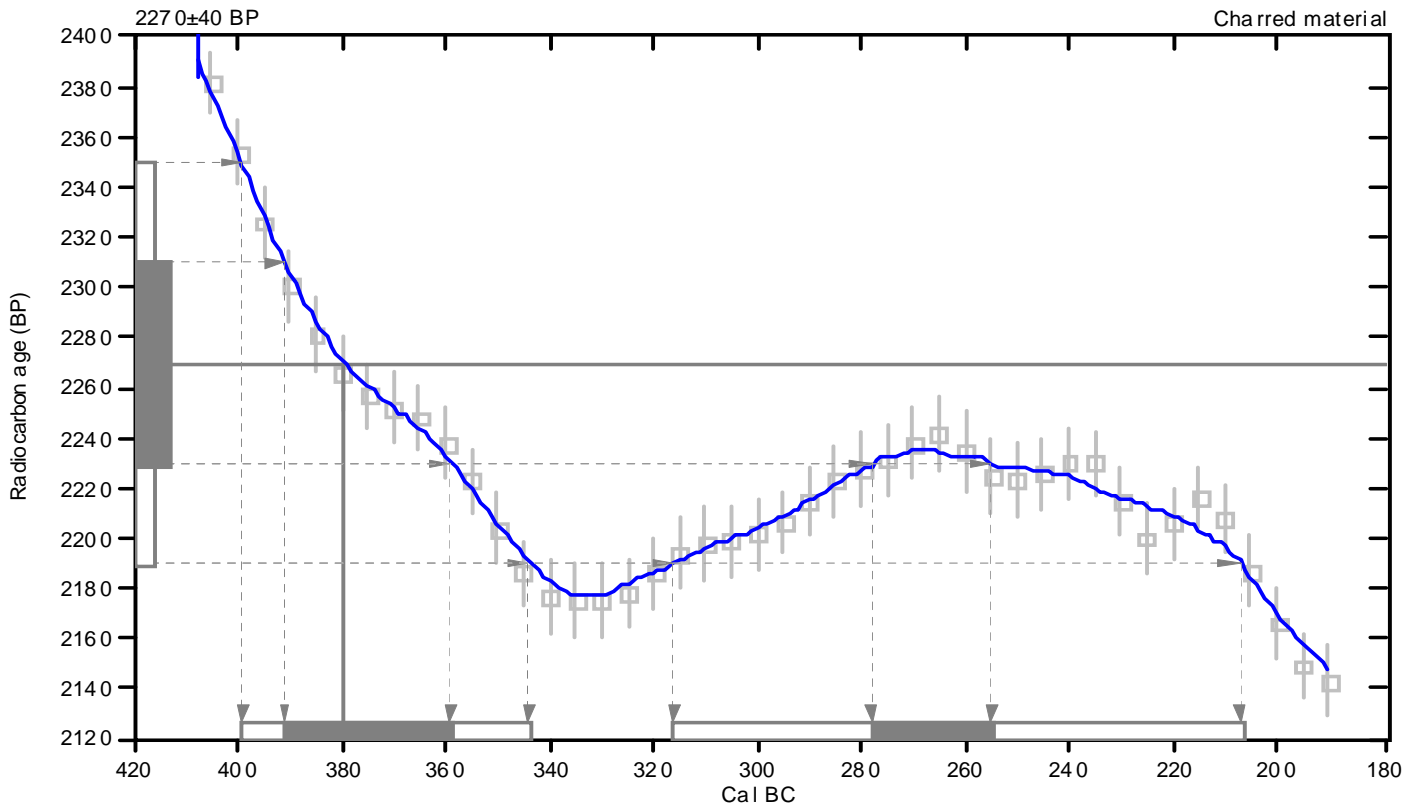
Conventional radiocarbon age: **2270±40 BP**

**2 Sigma calibrated results: Cal BC 400 to 340 (Cal BP 2350 to 2290) and
(95% probability) Cal BC 320 to 210 (Cal BP 2270 to 2160)**

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: **Cal BC 380 (Cal BP 2330)**

**1 Sigma calibrated results: Cal BC 390 to 360 (Cal BP 2340 to 2310) and
(68% probability) Cal BC 280 to 260 (Cal BP 2230 to 2200)**



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-26.2:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224067**

Conventional radiocarbon age: **1120±40 BP**

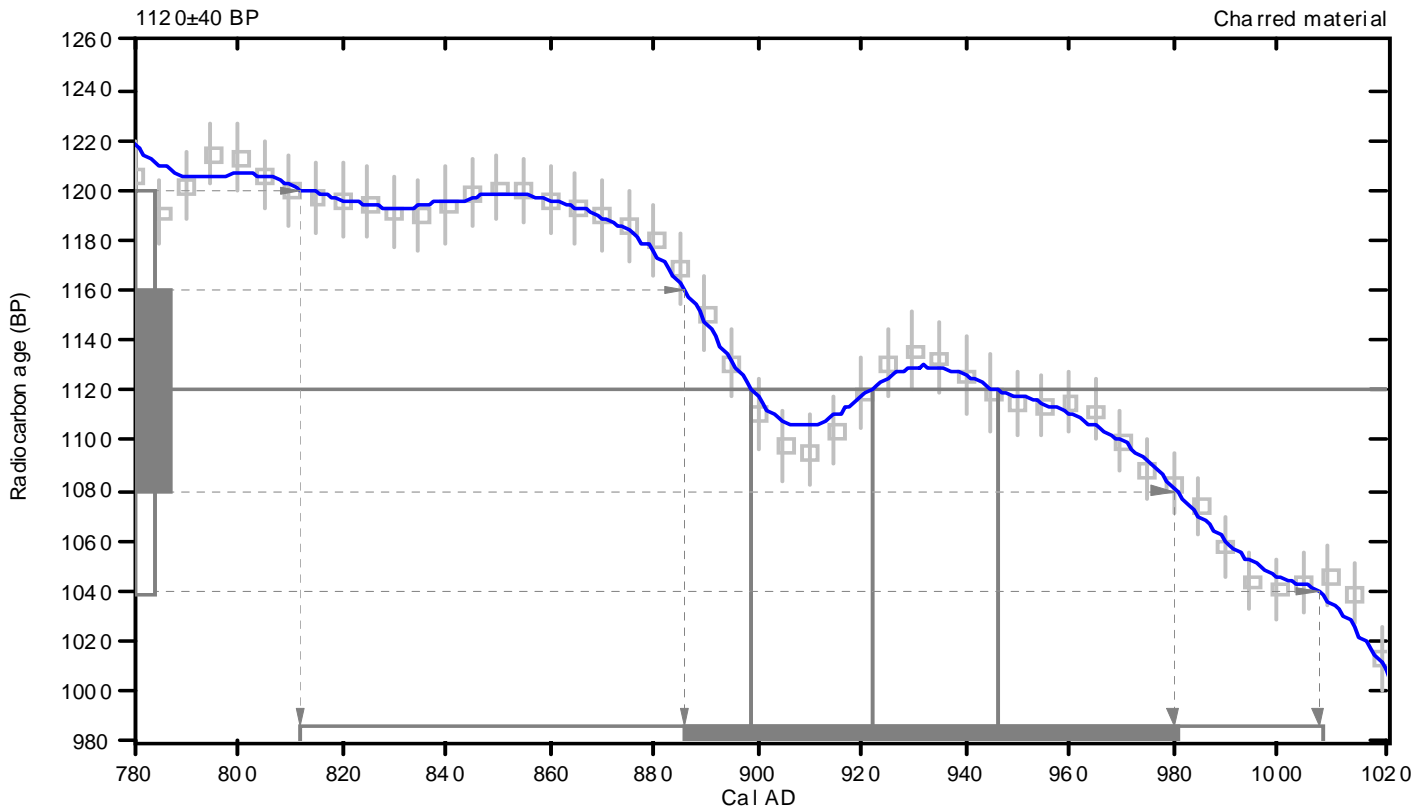
2 Sigma calibrated result: **Cal AD 810 to 1010 (Cal BP 1140 to 940)**
(95% probability)

Intercept data

Intercepts of radiocarbon age
with calibration curve:

Cal AD 900 (Cal BP 1050) and
Cal AD 920 (Cal BP 1030) and
Cal AD 950 (Cal BP 1000)

1 Sigma calibrated result: **Cal AD 890 to 980 (Cal BP 1060 to 970)**
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-25.9:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224068**

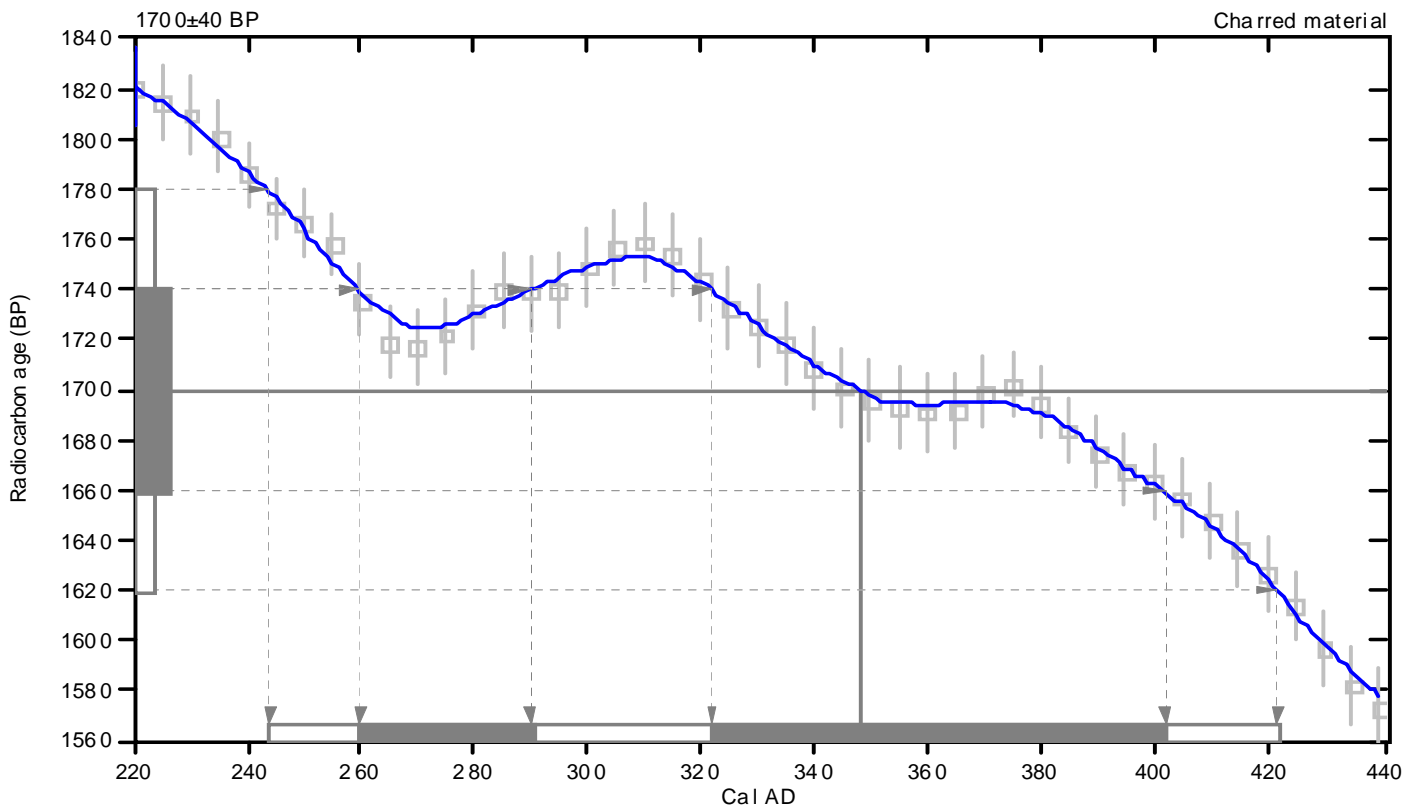
Conventional radiocarbon age: **1700±40 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal AD 240 to 420 (Cal BP 1710 to 1530)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 350 (Cal BP 1600)

1 Sigma calibrated results: Cal AD 260 to 290 (Cal BP 1690 to 1660) and
(68% probability) Cal AD 320 to 400 (Cal BP 1630 to 1550)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35 (2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-24.4:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224070**

Conventional radiocarbon age: **4080±40 BP**

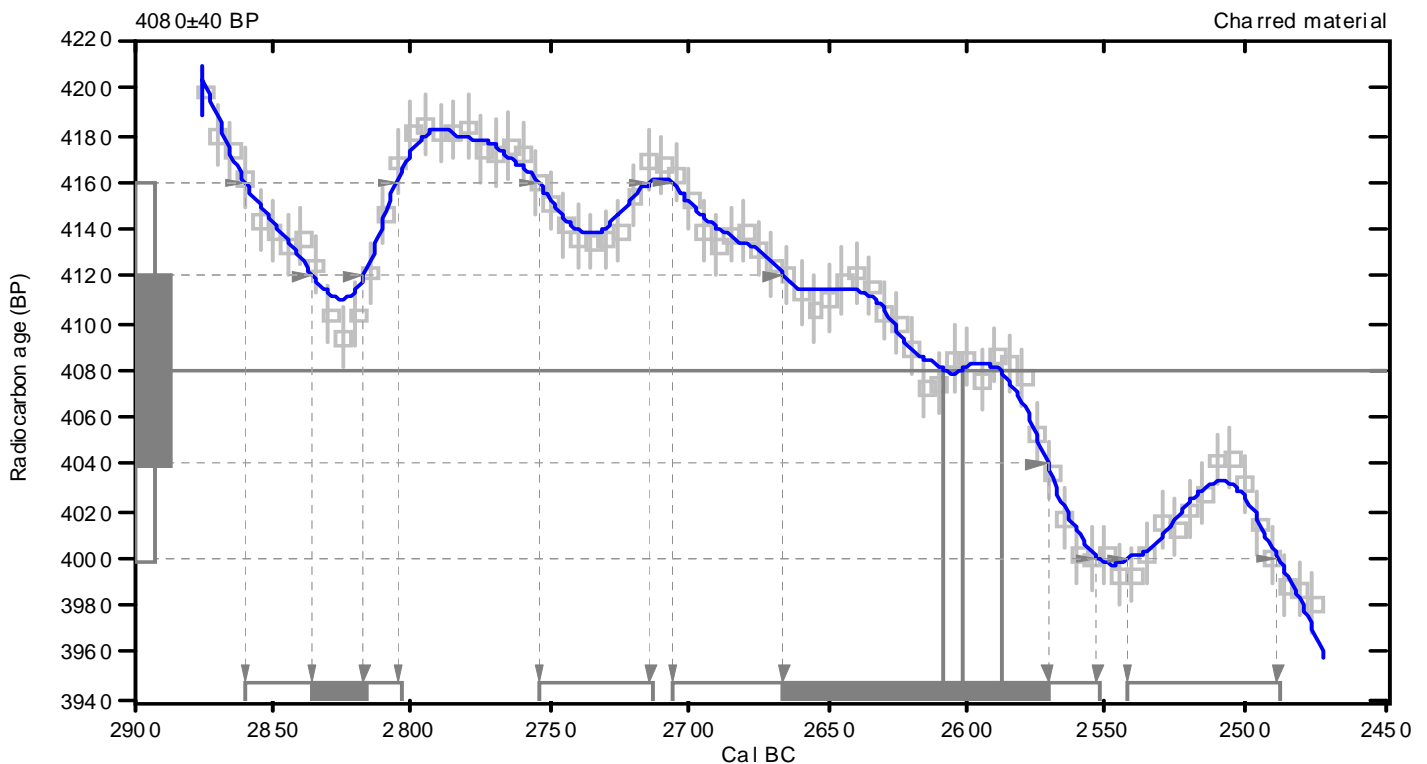
2 Sigma calibrated results: Cal BC 2860 to 2800 (Cal BP 4810 to 4760) and
(95% probability) Cal BC 2750 to 2710 (Cal BP 4700 to 4660) and
Cal BC 2710 to 2550 (Cal BP 4660 to 4500) and
Cal BC 2540 to 2490 (Cal BP 4490 to 4440)

Intercept data

Intercepts of radiocarbon age
with calibration curve:

Cal BC 2610 (Cal BP 4560) and
Cal BC 2600 (Cal BP 4550) and
Cal BC 2590 (Cal BP 4540)

1 Sigma calibrated results: Cal BC 2840 to 2820 (Cal BP 4790 to 4770) and
(68% probability) Cal BC 2670 to 2570 (Cal BP 4620 to 4520)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-24:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224073**

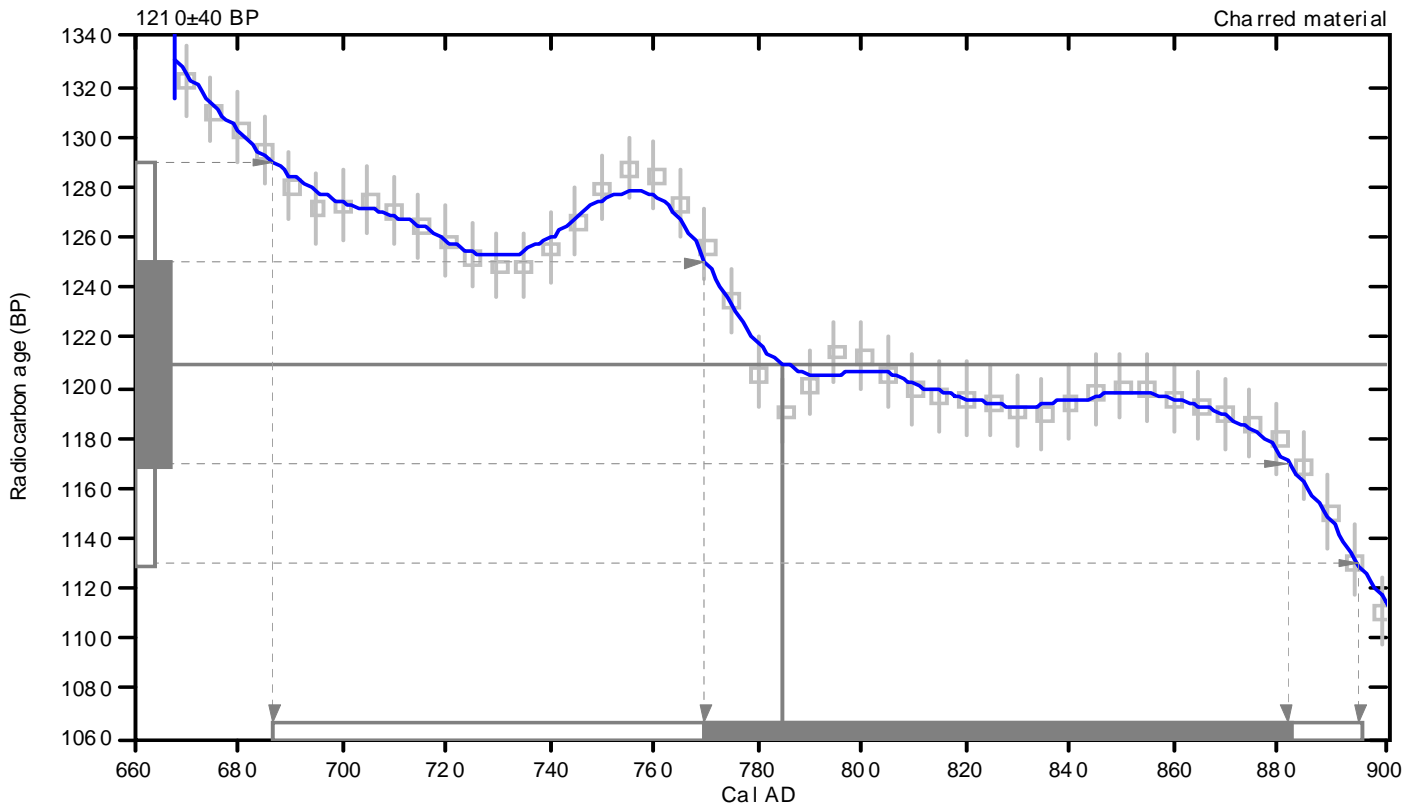
Conventional radiocarbon age: **1210±40 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal AD 690 to 900 (Cal BP 1260 to 1050)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 780 (Cal BP 1160)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 770 to 880 (Cal BP 1180 to 1070)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35 (2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-24.8:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224074**

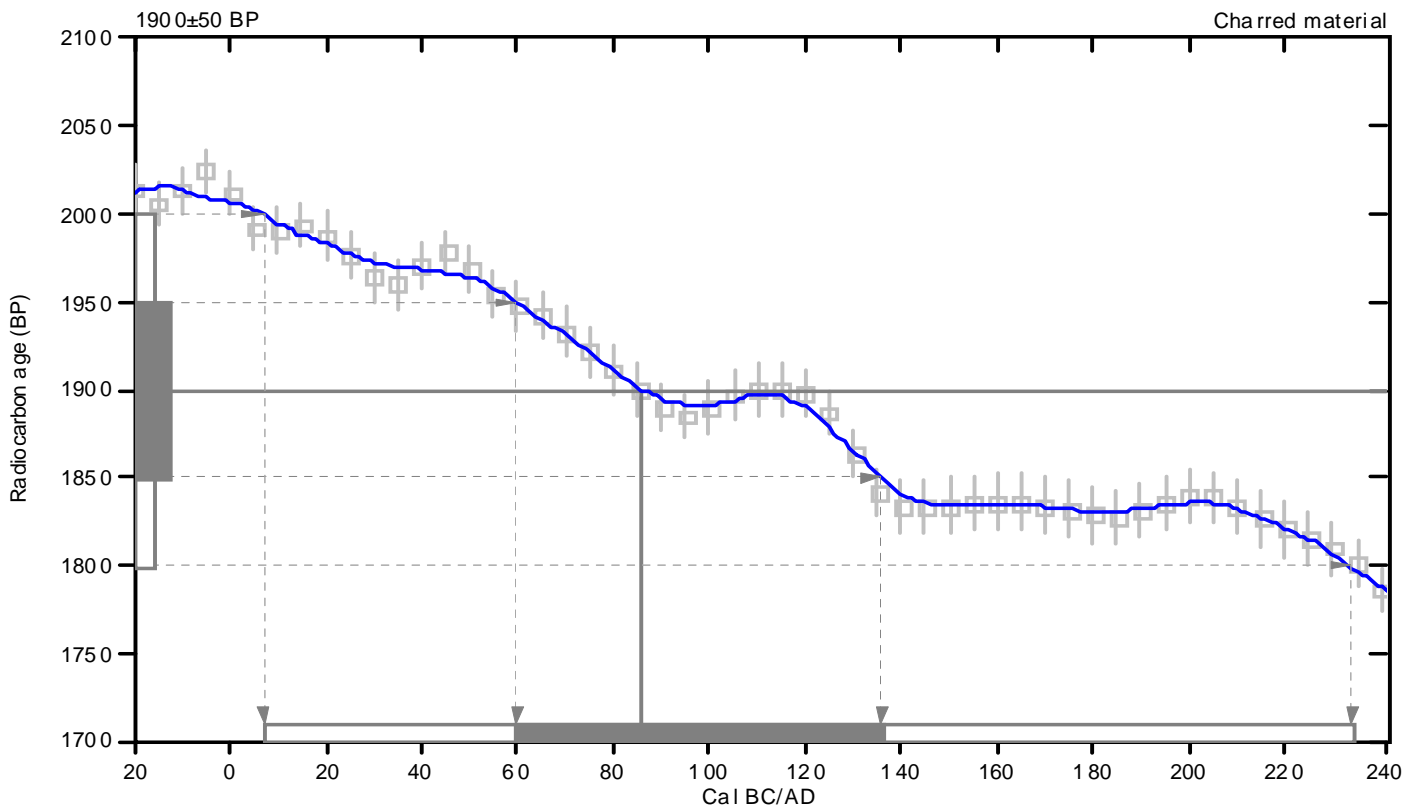
Conventional radiocarbon age: **1900±50 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal AD 10 to 230 (Cal BP 1940 to 1720)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 90 (Cal BP 1860)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 60 to 140 (Cal BP 1890 to 1810)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-25.6:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-224075**

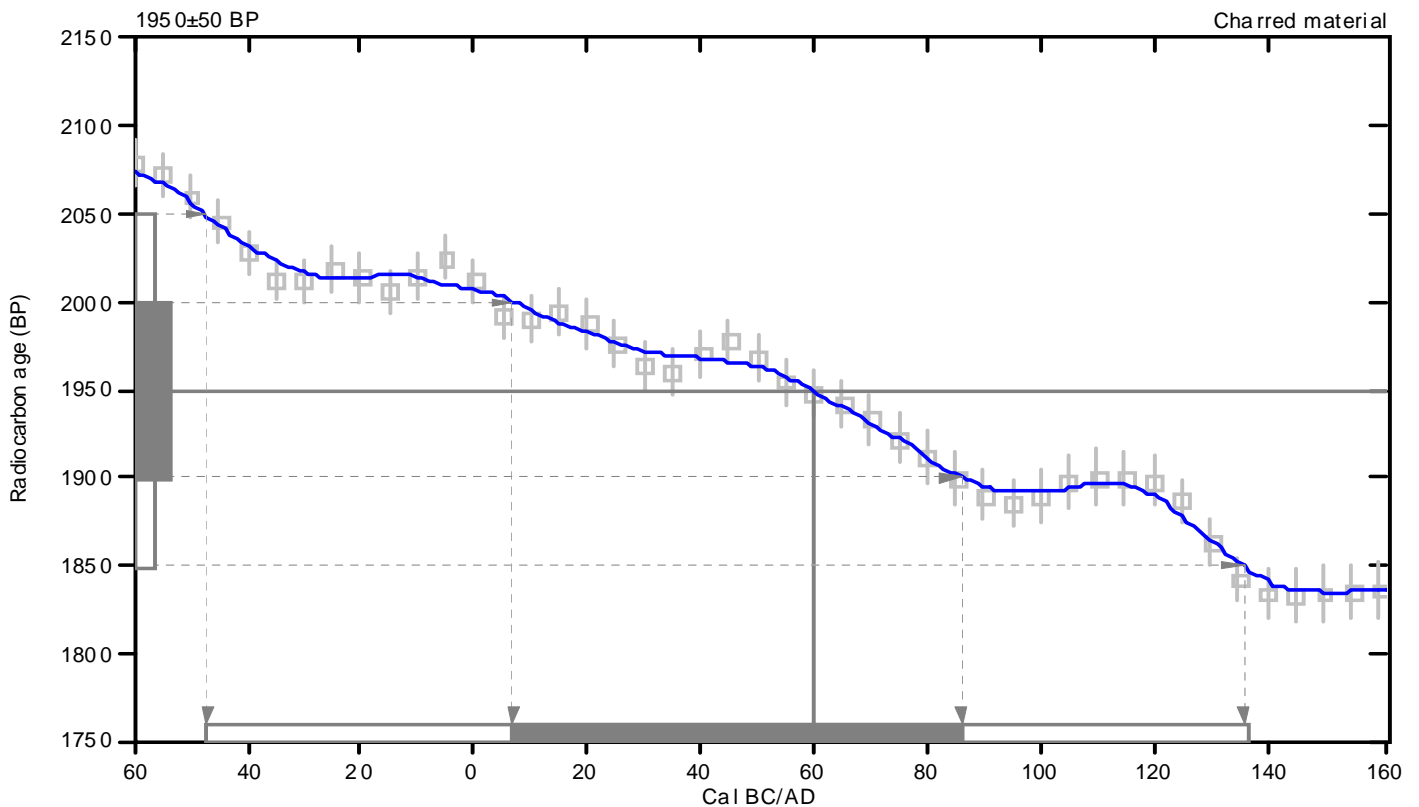
Conventional radiocarbon age: **1950±50 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal BC 50 to Cal AD 140 (Cal BP 2000 to 1810)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 60 (Cal BP 1890)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 10 to 90 (Cal BP 1940 to 1860)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL04

Calibration Database

INTCAL04 Radiocarbon Age Calibration

IntCal04: Calibration Issue of Radiocarbon (Volume 46, nr 3, 2004).

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, Radiocarbon 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com

Dr. Kadir Dirik

Report Date: 6/20/2006

Hacettepe University

Material Received: 4/28/2006

Sample Data	Measured Radiocarbon Age	$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ Ratio	Conventional Radiocarbon Age(*)
-------------	--------------------------	-------------------------------------	---------------------------------

Beta - 216603

NA

NA

1630 +/- 40 BP

SAMPLE : 2005ST-E.17

ANALYSIS : AMS-Standard delivery

MATERIAL/PRETREATMENT : (charred material): acid/alkali/acid

2 SIGMA CALIBRATION : Cal AD 350 to 530 (Cal BP 1600 to 1420)

Comment: the original sample was too small for a $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratio measurement. However, a ratio including both natural and laboratory effects was measured during the ^{14}C detection to derive a Conventional Radiocarbon Age, suitable for applicable calendar calibration.

CALIBRATION OF RADIOCARBON AGE TO CALENDAR YEARS

(Variables: C13/C12=-26.1:lab. mult=1)

Laboratory number: **Beta-216603**

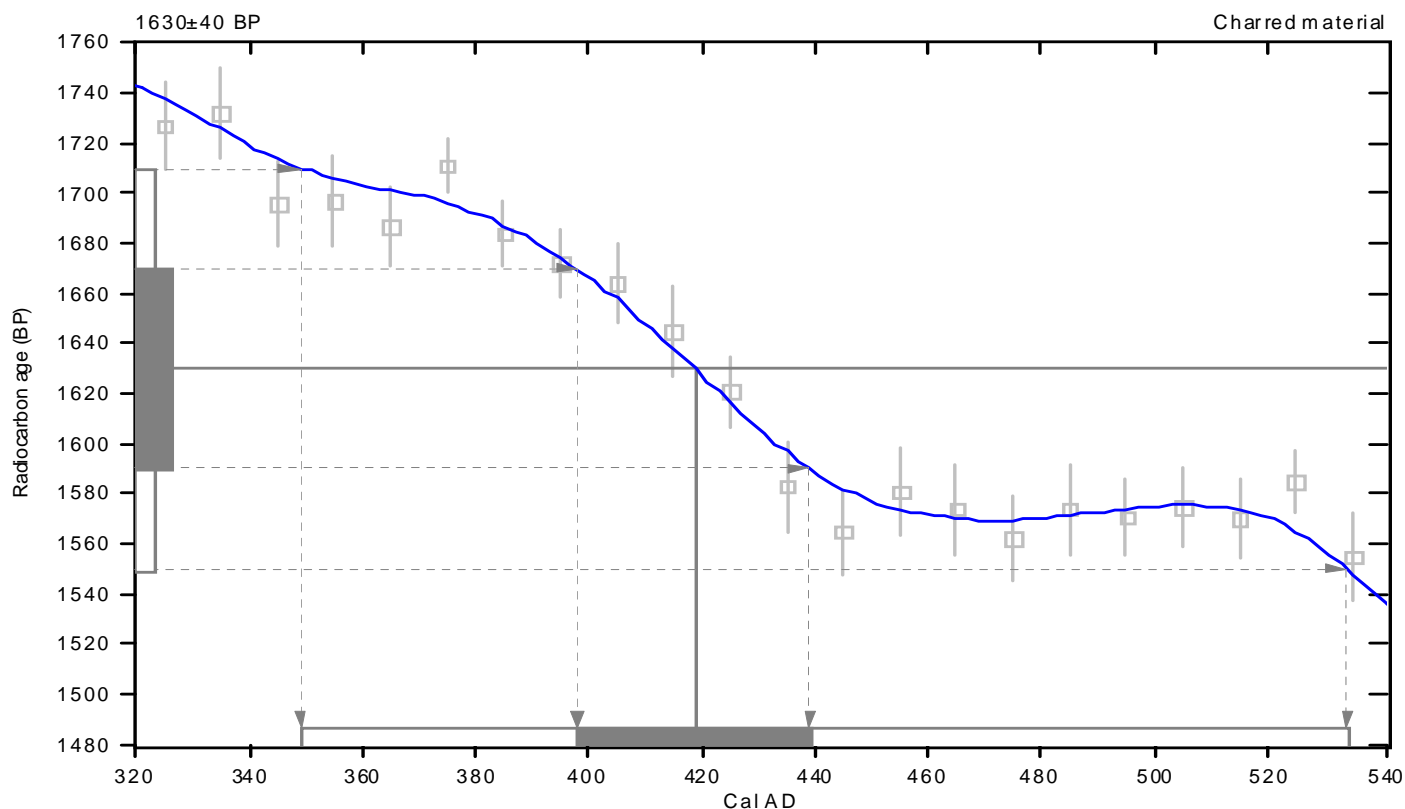
Conventional radiocarbon age: **1630±40 BP**

2 Sigma calibrated result: Cal AD 350 to 530 (Cal BP 1600 to 1420)
(95% probability)

Intercept data

Intercept of radiocarbon age
with calibration curve: Cal AD 420 (Cal BP 1530)

1 Sigma calibrated result: Cal AD 400 to 440 (Cal BP 1550 to 1510)
(68% probability)



References:

Database used

INTCAL98

Calibration Database

Editorial Comment

Stuiver, M., van der Plicht, H., 1998, *Radiocarbon* 40(3), p xii-xiii

INTCAL98 Radiocarbon Age Calibration

Stuiver, M., et al., 1998, *Radiocarbon* 40(3), p1041-1083

Mathematics

A Simplified Approach to Calibrating C14 Dates

Talma, A. S., Vogel, J. C., 1993, *Radiocarbon* 35(2), p317-322

Beta Analytic Radiocarbon Dating Laboratory

4985 S.W. 74th Court, Miami, Florida 33155 • Tel: (305)667-5167 • Fax: (305)663-0964 • E-Mail: beta@radiocarbon.com