

**AKÇALUŞAĞI (KOZAN) FAY ZONUNDA MEYDANA GELEN
TARİHSEL DEPREMLERİN PALEOSİSMOLOJİ TEKNİKLERİYLE
ARAŞTIRILMASI**

Ahmet Cem GEL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZİRAN 2006
ANKARA**

Ahmet Cem GEL tarafından hazırlanan AKÇALUŞAĞI (KOZAN) FAY ZONUNDA MEYDANA GELEN TARİHSEL DEPREMLERİN PALEOSİSMOLOJİ TEKNİKLERİYLE ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Süleyman PAMPAL
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: : Prof. Dr. Nail ÜNSAL



Üye : Prof. Dr. Cemalettin ŞAHİN



Üye : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL



Tarih :/...../.....

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ahmet Cem GEL

**AKÇALUŞAĞI (KOZAN) FAY ZONUNDA MEYDANA GELEN TARİHSEL
DEPREMLERİN PALEOSİSMOLOJİ TEKNİKLERİYLE
BELİRLENMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ahmet Cem GEL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Haziran 2006

ÖZET

Dünyanın en önemli kıta içi aktif transform faylarından biri olan Doğu Anadolu Fay Sisteminin bir parçası olan Akçaluşağı (Kozan) fay hattı üzerinde, tarihi ve güncel sismik aktivitenin belirlenmesi ayrıca fayın deprem üretme potansiyeli hakkında bilgi edinmek üzere bir dizi paleosismoloji çalışması yapılmıştır. Çalışma alanında elde edinilen bilgiler, bölge üzerinde yaşayan yaklaşık 3 milyon insan ve onlar için hizmet veren mühendislik ve diğer sanat yapıları için büyük önem taşımaktadır. Çalışma sonuçları, Akçaluşağı (Kozan) fayı üzerinde yüzey kırığı oluşturan ($M_s \geq 7$) depremlerden birinin milattan önce 150 ± 70 yıllarında ve $M_s = 6.9$ büyüklükte olduğuna işaret etmektedir. Segment üzerinde yapılan çalışmalarda ortamala kayma hızının 14.3 mm/yıl olduğu belirlenmiştir. Bulanan kayma hızı değeri fay üzerinde son zamanlarda yapılan diğer çalışma sonuçlarıyla da uyusmaktadır. Fay oluşumundan günümüze kadar kayma hızının sabit olduğu ve fazla bir değişim göstermediği kabulüne dayanılarak kayma hareketinin ne zaman başladığı belirlenmeye çalışılmış, segment üzerinde daha önce ölçülen 22 km 'lik toplam atım ve 14.3 mm/yıl 'lık ortalama kayma hızı kullanılarak hareketin yaklaşık yaşı 2 milyon yıl olarak bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre, Akçaluşağı fay'ının paleosismik ve tarihsel aktivitesi yanında, şu andaki sesizliğinin nedeninin son dönmelerde meydana gelen bir kilitlenme olabileceğini, bu süreç içerisinde ise yüksek

miktarda enerji depoladığını ve yakın gelecekte tekrar hareket edebileceğini göstermektedir.

Bilim Kodu : 911
Anahtar Kelimeler : Paleosismoloji, deprem, fay zonu
Sayfa Adedi : 67
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

RESEARCH OF THE HISTORICAL EARTHQUAKES THAT OCCURRED
ON AKÇALUŞAĞI(KOZAN) FAULT ZONE
BY PALEOSEİSMOLOGY TECHNICS
(M. Sc. Thesis)

Ahmet Cem GEL

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
Jun 2006

ABSTRACT

Besides ascertaining historical and today's seismological activities, several paleoseismological theses councerning the Akçaluşağı fault, which as part of the East Anatolian fault system poses one of the world's most important value of active inner-continental transformation were made to find out the potential of the earthquake faults. The data, achieved at the end of the study is very important to not only 3 million people living in this area but also engineering and other art constructions serving for these people. The out come of the study shows that one of the earthquake that constituted the surfacefault on Akçaluşağı occurred in BC 150 + 70 and Ms. 7.2 . The landslide speed was determined 14.3 (mm/year) as a result of the thesis studied on the segment. This sliding speed get along with the results of the recant studies. Depening on the fact that the landslide speed was stable sincethe fault occurred it was tried to determine when the slide began and it was found that the slide is 2 millon years old. The reason why Akçaluşağı fault's seismic passiveness migth be a kind of locking and during this period it can save energy and be active again.

Science Code : 911

Key Words : paleoseismology, earthquake, fault zone

Page Number: 67

Adviser : Prof. Dr. Süleyman PAMPAL

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Prof. Dr. Süleyman PAMPAL 'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım hocam Öğr. Gör. Dr. Ünsal SOYGUR' e, Jeoloji Yüksek Mühendisi Hüseyin KOZLU' ya ayrıca Arş. Gör. A. Hakan Mutlu' ya ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli aileme ve arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiii
HARİTALARIN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. MATERYAL VE METOD.....	17
2.1. Materyal.....	17
2.1.1. Fay civarının jeomorfolojisi.....	19
2.1.2. Bölgesel Jeomorfoloji.....	19
2.1.3. Hendek (Trench) açma.....	20
2.1.4. Stratigrafi.....	21
2.1.5. Yaşlandırma teknikleri.....	21
2.1.6. Heyelanlar.....	24
2.1.7. Sıvılaşma.....	24
2.2. Metod.....	25
2.2.1. Arazi öncesi çalışmalar.....	25

Sayfa

2.2.2. Saha çalışmaları.....	26
2.2.3. Laboratuar çalışmaları.....	27
2.2.4. Değerlendirme çalışmaları.....	27
3. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	28
3.1. Yapısal Jeoloji.....	28
3.1.1. Göksun – Sürgü fayı ve fay zonu.....	34
3.1.2. Çiçeklidere- savrun fayı ve fay zonu.....	35
3.1.3. Göksu fayı ve fay zonu.....	36
3.1.4. Kozan fayı ve fay zonu.....	37
3.1.5. Adana fayı.....	37
3.1.6. Saimbeyli fayı ve fay zonu.....	38
3.1.7. Feke fayı ve fay zonu.....	38
3.1.8. Mansurlu fayı ve fay zonu.....	39
3.1.9. Ceyhan fayı.....	39
3.1.10. Ecemiş fayı ve fay zonu.....	40
3.1.11. İskenderun körfezi fay zonu.....	40
3.1.12. Aslantaş fay zonu.....	41
3.2. Bölgesel Jeoloji.....	42
3.3. Bölgenin Genel Zemin Özellikleri.....	43
3.4. Depremsellik.....	46
3.4.1. Tarihsel dönem(1900).....	46
3.4.2. Aletsel dönem(1900 ve sonrası).....	47
3.5. Paleosismoloji.....	48

	Sayfa
3.5.1. Sismik aktivite.....	52
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ	67

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Tarihsel deprem kayıtları tablosu.....	47

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yaşalandırma numunesi kalibrasyon grafiği.....	23
Şekil 3.1. Aletsel dönem sonrası depremlerin tarih ve büyüklük grafiği.....	48

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 1.1. Çalışma bölgesinin uydu fotoğrafı.....	8
Resim 3.1 Akçaluşağı fayı.....	51
Resim 3.2.Akçaluşağı fayı aynası.....	52

HARİTALARIN LİSTESİ

Harita	Sayfa
Harita 1.1. Çalışma alanını gösteren genel deprem haritası.....	6
Harita 1.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası.....	7
Harita 3.1 Çukurova bölgesi ve çevresindeki ana fayları gösteren tektonik harita...	30
Harita 3.2. Çalışma alanı tektonik hatları gösteren harita.....	31
Harita 3.3. Adana İskenderun ve Misis- Andırın havzalarının yaklaşık sınırını Gösteren harita.....	33
Harita 3.4. Çalışma alanının jeoloji haritası.....	34

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
C-14 (BP: Before Present)	Karbon 14 (radyometrik yaşlandırma numunesi) Günümüzden önce
Kısaltmalar	Açıklama
KAF	Kuzey Anadolu Fay Hattı
DAF	Doğu Anadolu Fay Hattı
MTA	Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü
TJK	Türkiye Jeoloji Kurulu
KD	Kuzey - Doğu
KB	Kuzey - Batı
KKD	Kuzey - Kuzey- Doğu
KKB	Kuzey- Kuzey - Batı

1. GİRİŞ

Dünyanın en önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde bulunan Türkiye, yüzölçümü olarak %42'si I. Derece, %24'ü ise II. Derece Deprem Bölgesi üzerinde yer almaktadır. Başka bir ifade ile topraklarının %66'sı her an her büyüklükte depremin olabileceği bölgede yer almaktadır (Harita1.2). Bu bölgede yaşayan nüfus ise toplam nüfusun %71'i olup yüksek sismik risk altında yaşamaktadır.

Bu bilgilerin doğruluğu ve önemi, geçmişte yaşanan ağır hasarlı depremler incelendiğinde de görülmektedir. Örnek olarak 17.08.1999 tarihinde meydana gelen İzmit - Gölcük Depreminde 20.000'in üzerinde can kaybı olmuş, 80.000'nin üzerinde yapı ve sanayi tesisinde ağır hasar oluşmuştur. Yukarıdaki örnekte de görüldüğü gibi, Türkiye'nin, maalesef geçmişte olduğu gibi gelecekte de büyük depremlere maruz kalacağı kaçınılmaz bir gerçektir. Ülkemizin gelecekte maruz kalabileceği depremlerinin, araştırılması konusu son yıllarda üzerinde çalışılan ve ciddi sonuçlara ulaşılan bir konu haline gelmiştir.

Depremlerin önceden tahmini, olası depremin yeri, zamanı ve büyüklüğünün önceden belirlenmesi ile mümkündür. Ancak bu aşamaya henüz gelinebilmiş değildir. Şu anda sadece istatistik yöntemler kullanılarak sismik risk haritaları hazırlanmakta, bu haritalardan hareketle olası dönüşüm periyotları belirlenebilmekte ve bunun sonucu olarak da herhangi bir bölgede olması muhtemel depremlere karşı çeşitli önlemler geliştirilebilmektedir. Fakat bu tür çalışmalar için gerekli verilerin sağlanması her zaman mümkün olmayabilmektedir. Bölgenin tektonik özelliklerinin irdelenmesi ve tarihsel kayıtlar, depremlerin önceden tahmini için her ne kadar yeterli olmasa da bu konuda çalışan bilim adamlarına önemli ölçüde ipuçları vermektedir. Günümüzde eski tarihli deprem kayıtlarının eksikliği ve belirsizliği nedeniyle, konu üzerinde çalışan bilim adamları, bu kayıtları yeniden oluşturabilmek için, doğada saklı halde bulunan deprem izlerinden yola çıkarak, aktif bir fayın

geçmişindeki bütün sismik hareketlerini, gün yüzüne çıkarmak suretiyle bir veri bankası oluşturarak, geleceğe ışık tutmak amacıyla paleosismoloji çalışmaları üzerinde yoğunlaşmışlardır.

Paleosismoloji çalışmaları; stratigrafi, yapısal jeoloji, jeomorfoloji, ve sismoloji teknik metotlarını ile birlikte, değişik yaşlandırma tekniklerini uygulayarak bir fayın geçmişteki davranışlarını inceler ve gelecekteki deprem tehlikesini belirler [Wallace 1981, Crone 1987, Rockwell 1987, Schwartz ve Coppersmith 1989, Pantosti ve Yeats 1993].

Paleosismoloji çalışmalarının, son yıllarda önem kazanması ve deprem tahmininde ciddi bilgilere ulaştırması gerçeğinden yola çıkılarak, gelecekte meydana gelmesi muhtemel depremlerin tahmini konusun da ülkemizde ve yurt dışında yapılan paleosismoloji çalışmaları araştırılmıştır. Yapılan incelemelerde Kuzey Anadolu Fay Sisteminin, son yıllardaki hasar yapıcı depremler açısından son derece aktif bir dönem içerisinde olduğu bu sebeple depremle ilgili bilimsel araştırmaların ve paleosismoloji çalışmalarının daha çok bu sistem üzerinde yoğunlaşmış olduğu gözlenmiştir. Buna paralel olarak Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde aynı oranda çalışmaya rastlanılamamıştır. Oysaki DAF üzerinde 20. yüzyıl boyunca son büyük depremin 1874 ($M_s \geq 7.1+$) olup, 128 yıldır yüzey kırığı meydana getiren ($M_s \geq 7$) ya da önemli hasar yapan bir depremin meydana gelmemiş olması, deprem üreten aktif doğrultu atımlı faylar için uzun sayılabilecek bir zaman aralığı olup, meydana gelen enerji birikiminin, geçmişte çok büyük depremler ürettiği bilinen Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin yakın bir gelecekte de yeniden aktif bir döneme girebileceğini göstermektedir. Önümüzde ki dönemlerde büyük depremler üretebileceği görülen bu fay üzerinde yapılan çalışmalar oldukça önem taşımaktadır.

Büyük depremler için tekrarlanma aralığı saptamaya çalışan araştırmalar DAF üzerinde oldukça sınırlı sayıdadır. [Şaroğlu ve Diğ. 1987], Türkiye'nin diri fay haritasının hazırladıkları çalışmalarında $M \geq 7$ depremleri için Türkiye'de tekrarlanma aralığının 300–400 yıl olduğunu belirtmişlerdir. [Barka ve Kandinsky-Cade 1988]. $M \geq 7$ depremler için 1000 yıl, [Westaway 1994]., $M \geq 7$ depremler için 800 yıl tekrarlanma aralıkları belirtmişlerdir.

Türkiye sınırları içerisinde yaklaşık 600 km. uzanımına sahip olan Doğu Anadolu Fay Sistemi Karlıova da Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile kesiştiği bölgeden itibaren güneybatıya doğru, Türkoğlu yakınlarına kadar 435 km. uzunluğa sahiptir. Türkoğlu'ndan sonra ise yine güneybatı doğrultusunda devam ederek Osmaniye üzerinden Akdeniz'e uzandığını ileri süren görüşler de bulunmaktadır. [McKenzie, 1976; Perinçek ve Diğ., 1987; Koçyiğit ve Beyhan, 1998; Koçyiğit ve Diğ., 2001].

Paleosismoloji çalışmasının en önemli parametrelerinden biri olan yaşlandırma çalışmalarının iyi irdelene bilmesi için Fay sisteminin oluşumu ve yaşı hakkında detaylı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye'de neotektonik dönemin, başlangıç yaşının Orta Miyosen olduğu yaygın bir görüştür. [Ketin, 1948a, b; Mckenzie, 1970; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve Diğ., 1985; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şaroğlu ve Yılmaz, 1986].

Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin oluşum yaşı, konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Fayı ilk adlandıran [Arpat ve Şaroğlu 1972], oluşum yaşının Üst Miyosen'den sonra olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir. Şengör [1979], Dewy ve Şengör [1979] ve Şengör ve Diğ. [1985]'nin de içinde bulunduğu bir grup araştırmacı ise fayın, Anadolu levhasının batıya doğru hareketinin başlama yaşı olan 12–13 milyon yıldan daha yaşlı olamayacağını iddia etmişlerdir. [Herece ve Akay 1992] ve [Şaroğlu ve Diğ. 1992] ise geç pliyosen yaşını önermişlerdir. Bunların dışında Yürür ve Chorowicz. [1998],

Westaway [1994] ve Muehlberger [1981]., Doğu Anadolu Fayı için 1.9, 5 ve 4-5 milyon yıllık yaşlar önermişlerdir.

Türkiye'nin bugünkü jeolojik çatısı, Orta Miyosen döneminde oluşan ve bölgede Neotektonik dönemin başlangıcına karşılık gelen kıta-kıta çarpışması ve bunun sonucu olarak Anadolu levhasının batıya kaçıışı ile şekillenmeye başlamıştır. [Ketin, 1948a, b; McKenzie, 1970, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981]. Orta Miyosen'den Erken Pliyosen'e kadar süren post-collisional (kıtasal yakınsama) [McKenzie, 1969; Hempton, 1987; Koçyiğit ve Diğ., 2001] ve bu rejimin oluşturduğu deformasyon Doğu Anadolu bölgesinde K-G yönde kabuk kalınlaşması, bölgesel kıvrımlanmalar ve bindirme faylarının oluşmasını sağlamıştır [Koçyiğit ve Beyhan, 1998].

Fay Sistemi üzerinde yapılan çeşitli araştırmalarda sol yönlü toplam atım için farklı değerler saptanmıştır. Fayın segmentlerinde ölçümler yapan Arpat ve Şaroğlu [1972], Seymen ve Aydın [1972], Hempton [1985], Herece ve Akay [1992], Şaroğlu ve Ark.[1992] ve Turan [1993], sırasıyla 27 km, 15km, 21km, 13km, 17km ve 11 km toplam sol yanal atım bildirmişlerdir.

Bütün bu gerçekler göz önüne alınarak yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fay hattının bir parçası olan Savrun fay zon'u üzerinde bulunan Akçaluşağı fay hattı inceleme alanı olarak seçilmiş üzerinde çeşitli paleosismoloji çalışmaları yapılmıştır.

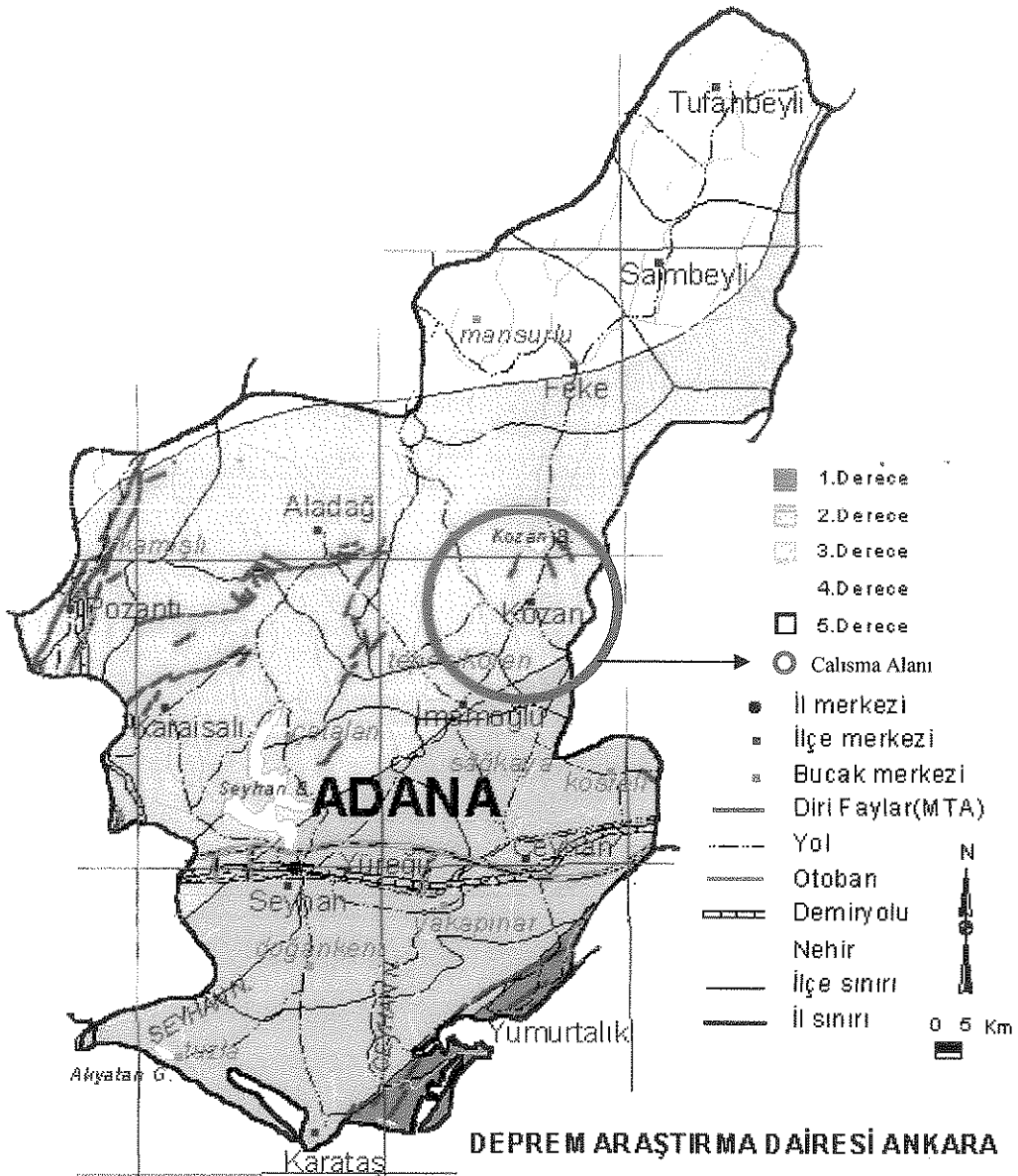
İnceleme alanı, Toroslarla Amanosların Arap – Afrika levhaları ile Anadolu levhasının sınırındaki sismik açıdan önemli bir noktadadır. Bölge Adana ovasının Kuzey doğusunda Toroslar'ın ovayla birleştiği kesiminden başlayıp Doğu Toroslar'ın yüksek kesimlerine doğru uzanır. Yaşlandırma çalışmaları yaptığımız Akçaluşağı (Kozan) fay zonu, Kadirli – Kozan – Feke ile Andırın ilçe sınırlarının birleştiği noktada olup Akçaluşağı köyü sınırları içerisinde

geçmektedir. Çalışma alanı $36^{\circ} - 36^{\circ},15'$ enlemleri ile $37^{\circ},30' - 38^{\circ}$ boylamları arasında yer almaktadır (Resim 1.1). Çalışma yaptığımız fayın ismini aldığı Akçaluşağı köyü Kozan ilçesine bağlı olup fazla gelişmeyen tipik bir orman köyü özelliği göstermektedir. Çok derin olmayan alüvyon zemin tabakası üzerine kurulmuş olan Akçaluşağı köyü KKD ve KKB olmak üzere sol yanall doğrultu atımlı iki adet aktif fay etkisi altındadır. Akçaluşağı köyü civarında ki killi Miyosen kayaları üzerine oturan Üst Miyosen yaşlı iyi tutturulmamış konglomeralarda, heyelanlar meydana gelmiş olup, bu olay günümüzde de devam etmektedir. Bölgede irili ufaklı yer kaymasına da rastlanmaktadır.

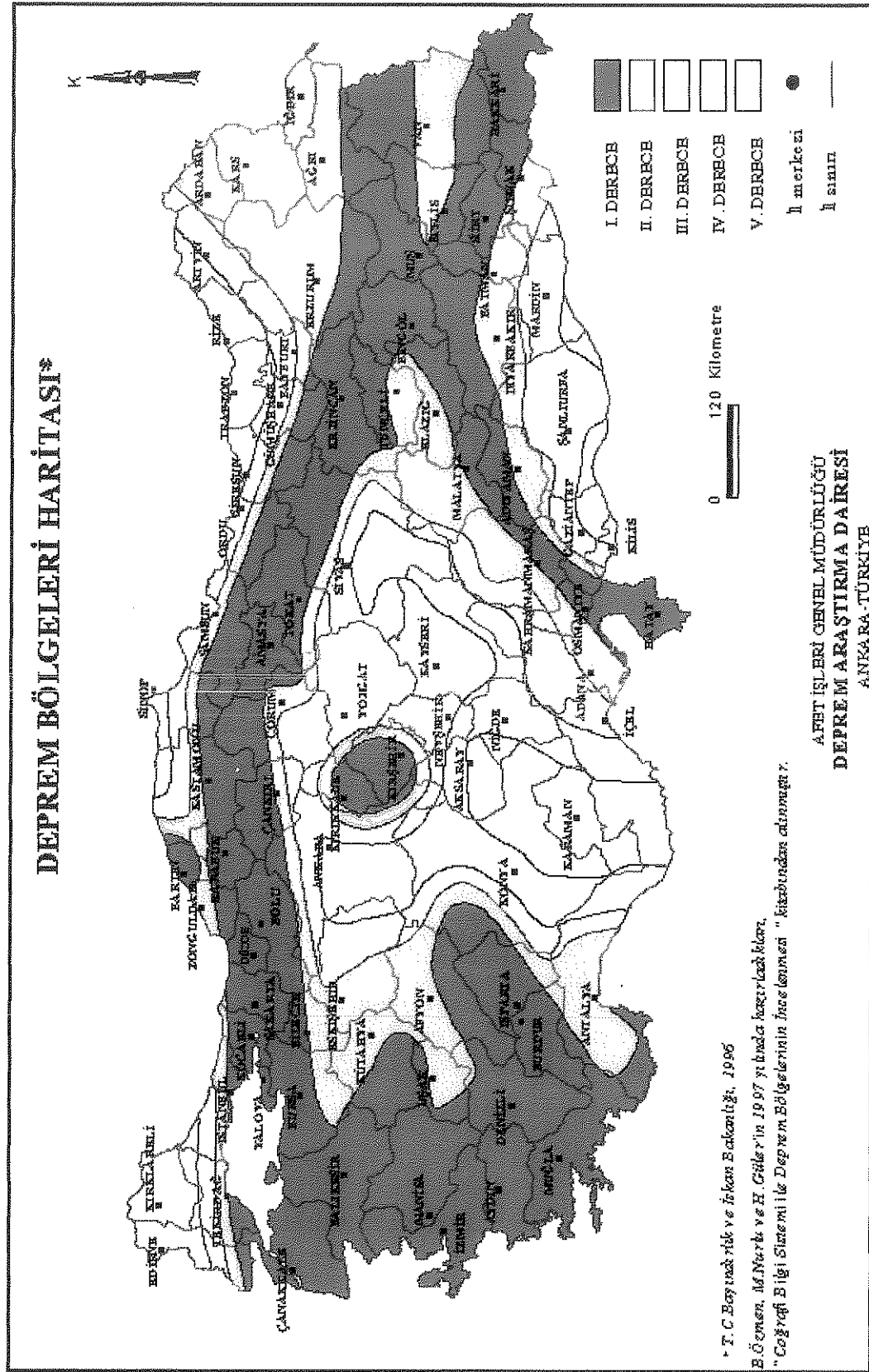
Akçaluşağı köyü içinde ki mevcut yerleşim birimleri çok dağınık olarak konumlanmıştır. Öyle ki iki komşu ev arasında birkaç kilometre uzaklığın bulunması doğaldır. Köyün kuzey tarafındaki tarihi kalıntılar bu bölgede çok eski tarihlerden günümüze kadar yaşam belirtisinin olduğunu göstermektedir. Bölgedeki tarihi kalıntıların ortaya çıkarılmasından sonra bölge sit alanı ilan edilmiş olup her türlü kazı ve arazi çalışmaları bölge jandarma birliklerinden izin alınarak yapılmaktadır. Ayrıca bölgede Çukurova'nın yakıcı sıcaklarından kurtulmak için Akçaluşağı köyünün kuzey kesimlerinde kurulan ve yaz aylarında kullanılan geçici yerleşim alanları (yaylalar) bulunmaktadır.

Bölgeye ulaşım stabilize yollarla sağlanmaktadır. Bu yolların dışında ise sadece yaz aylarında kullanılabilen toprak orman yollar bulunmaktadır. Bölgede mevcut iklim gerçek Akdeniz ikliminin kontinental tipi olup, Akdeniz ikliminin bütün özelliklerini taşımaktadır. Adana ovasını iç Anadolu'dan ayıran Toros dağları, bölgeye kuzeyden gelecek olan soğuk rüzgarlara set teşkil etmektedir. Bölgede kurak mevsim yaz'dır. yaz aylarında ki en büyük sorunu ise susuzluk ve kuraklıktır. Bölgede göl bulunmaz, ancak karstik çöküntülerin meydana getirdiği çukurlar bazen belirli sürelerde su tutarlar ve küçük ölçekli göl görünümü sunarlar.

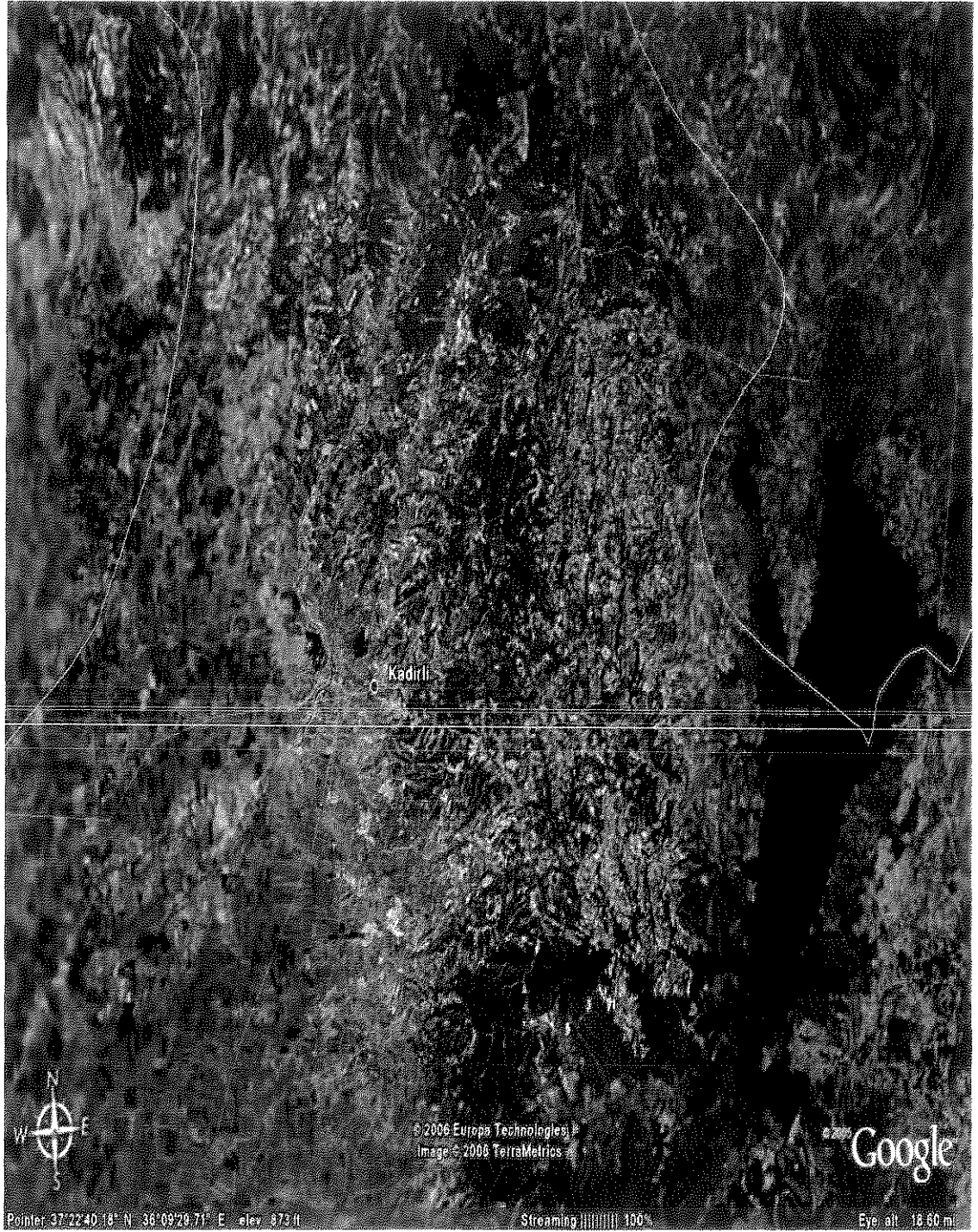
Yapılan bu çalışmada geçmiş de büyük depremlere maruz kalan yöre halkının olası bir deprem sonucu meydana gelecek, maddi ve manevi zararlara hazırlıklı olmasına ve bölgede ki her türlü yapılaşmada bu durumun göz önünde tutulmasına yardımcı olabilmek amaçlanmıştır.



Harita 1.1. Çalışma alanını gösteren genel deprem haritası



Harita 1.2. Türkiye deprem bölgeleri haritası



Resim 1.1. Çalışma bölgesinin uydu fotoğrafı

Konuyla ilgili daha önce yapılmış çalışmalar

Pampal, S., [1986], Bölgede yapmış olduğu çalışmalarda Akçaluşağı Fayını ve Fay zonunu isimlendirerek tanımlamıştır. Bu bölgenin jeolojisi ve sismolojisi hakkında detaylı bir şekilde incelemelerde bulunmuştur. “ Savrun Fayı Batısında Yer Alan Taşköprü (Kadirli) Akçaluşağı – Zincirlikuyu (Kozan) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi” adlı çalışmasında, ilk defa bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yaparak çalışma alanında bulunan bütün litostratigrafik birimleri formasyonlara ayırarak haritalamış, stratigrafik ve sedimantoloji özelliklerini ayrıntılı bir şekilde açıklamıştır. Bölgede ilk defa Permien yaşlı kayaların varlığı belirlenmiş ve Elmacık tepe formasyonu olarak adlandırılmıştır. Yine çalışma alanı içerisinde ilk defa Üst Kretase yaşlı kireçtaşları belirlenerek Söğütlüçatal formasyonu ismi verilmiştir. Paleosen yaşlı Arpalık Kireçtaşı ve Eosen yaşlı Ziyaretkaya kireçtaşı yine ilk defa bu araştırmada belirlenerek açıklanmıştır.

Kozlu, H., [1987], “Misis – Andırın – Iskenderun Dolaylarının Jeolojisi” adlı çalışmasında bölgenin stratigrafisi, yapısal ve bölgesel jeolojisi hakkında detaylı ve geniş bilgilere yer vermektedir. Yaptığı çalışmada bölgenin tamamına yakın kısmının jeoloji haritasını hazırlamış ayrıca bölge de bulunan birçok aktif fayı isimlendirerek tanımlamıştır.

Blumenthal, M., Araştırmalarında çalışma alanının batısında ilk olarak Eosen Flişi ile Miyosen yaşlı konglomeralardan bahsetmiştir.

Önder ve Yurt, M., İnceleme alanının kuzeyinde altta – şist- fillat ve meta kuvarsit ara tabakaları içeren Permien kireçtaşlarını, Trias yaşlı dolotaşı ve dolomitli kireçtaşlarının örttüğünü daha sonra transgresif olarak Üst Kretase oluşuklarının geliştiğini belirtmektedir. Ayrıca Paleosen’de asit magmatizma ürünlerinin sokulum yaparak Permien Kireçtaşları dokunaklarında skorn demir yatakları oluşturduğunu vurgulamaktadır.

Tolun, N., "1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Hatay Paftası" açıklamalarında çalışma alanı kuzeyinde yer alan Paleozoyik yaşlı birimlerin Devoniyen – Karbonfiber ve Alt Permiyen olarak devamlı bir seri teşkil ettiğini, Saimbeyli – Kozan arasında, Permiyen sonrası büyük bir boşluk olduğunu belirtmiştir. Çalışmada Paleozoyik formasyonlarını doğrudan Kretase'nin takip ettiğini vurgularken, Miyosen yaşlı çökelleri, Üst Kretase flişi ve Eosen yaşlı olarak değerlendirmiştir.

Karig, E., ve Kozlu, H. [1990], "Late Palaeogene – Neogene evolution of the triple junction region near Maraş, South-central Turkey" adlı çalışmalarında Türkiye'nin Maraş bölgesi Anadolu – Arap Afrika üçlü birleşiminin kompleks bir oluşum olduğunun düşünülmesine karşın, yaptıkları çalışma sonucunda beklenmedik sonuçlarla karşılaşmışlardır. Çalışmalarında ana sonuç olarak, uzunsal zamansal olarak değişen paralel sıkıştırıcı öğeleri bulunan çarpma-kayma hareketleri bu bölgenin son kretase çarpışmasının Arap bloğu ve Tauride arasındaki okyanus havzasının kapanmasından sonra evrimini tamamlamıştır.

Aspat ve Şaroğlu [1975], "Türkiye'deki Bazı önemli Genç Tektonik Olaylar" adlı çalışmalarında DAFS'nin ölü deniz fay sistemi ile doğrudan bağıntılı olduğunu belirtmişlerdir. Doğu Anadolu Fay sistemi boyunca Kahramanmaraş doğusunda sol yanal, Kahramanmaraş – Antakya arasında ise eğim atımlı hareketin hakim olduğunu, bunun da Arap bloğu hareketinin kuzeye değil, kuzeydoğuya doğru olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Kahramanmaraş ile Çukurova arasındaki bölgede yer alan ikinci derece önem taşıyan faylarında (Göksu, Sürgün vb.) sistemle ilgili olabileceğini ileri sürmüşlerdir. Fay boyunca Fırat nehir yatağına 15km dolayında sol yanal, Kahramanmaraş – Antakya arasında 400 m düşey atılım gerçekleştiğini ve bu ötelenmelerin Üst – Piyosen – Kuvaterner hareketleri ile olduğunu saptamışlardır.

Mckenzie [1976] Çalışmasında DAFS'nin bir bölümünde bindirme bileşeninin olmasının, ölü Deniz Fay sisteminin DAFS'a göre daha yavaş hareket etmesi ile açıklanabileceğini ileri sürmüştür.

Kuran, U., [1980], Çalışmasında Doğu Anadolu Fayı üzerinde Elazığ – Karlıova arasında 7,4 büyüklüğünde, Kahramanmaraş – Antakya arasında ise 8,1 büyüklüğünde depremler meydana gelme olasılığının oldukça yüksek olduğunu ifade etmektedir.

Muehlberger, W. [1981], "Türkiye'de Kıvrılarak Parçalanmış Ölü Deniz Fay Sistemi" konulu çalışmasında, Doğu Anadolu Fay Sisteminin oluşma Sebebi olarak, Türkiye – Arap Plakaları arasındaki çarpışma nedeniyle Ölü Deniz Fay Zonu boyunca oluşan hareketin yönünün yaklaşık olarak 4 – 5 milyon yıl önce başlayan bugünkü bölümünde, KD'ya sapmış ve bu bileşenin Doğu Anadolu Fay sistemini oluşturduğunu söylemiştir.

Şengör. ve Diğ. [1985], "Strike – Slip Faulting And Related Basin Formation In Zone of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study" Adlı çalışmalarında Türkiye'nin tektonik çatısı hakkında önemli görüşleri bulunmaktadır. Örneğin Doğu Anadolu yakınsama zonunun, Doğu Akdeniz'in okyanusal litosferi üzerine itilmesi nedeniyle Anadolu bloğunun esas olarak Kuzey ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fay sistemleri boyunca batıya kaçışı tarafından karakterize edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar Türkiye'nin güncel tektonik şemasının neden ve sonuçlarının anlaşılması ve fosil belirtilerinin tanınması için mükemmel bir yer olduğunu belirtmişlerdir

Dewey. ve Diğ. [1986], "Shortening of Continental Lithosphere: The Neotectonics of Eastern Anatolia a Young Collision Zone" adlı çalışmalarında, Arap bloğunun kuzeye, Avrasya plakası içerisine doğru hareketinin kama şekilli Anadolu Bloğunu batıya doğru zorladığı ve Batıya doğru hareketinin Kuzey ve Doğu Anadolu transform (şekil değiştiren) fay sistemleri tarafından sağlandığından söz edilmektedir. Deprem odak

merkezleri bölgede dağınık bir yayılım gösterirken büyük depremlerin ana faylar üzerinde yoğunlaştığı ve bu depremlerin sığ odaklı depremler olduğu, bunun da deformasyonun orta ve üst mantoda meydana geldiğinin bir delili olduğu ifade edilmektedir. Çalışmada 500 – 1000 yılları arasında KAFS'nin sismik açıdan suskun bir dönemdeyken DAFS'nin aktif olduğu ve yakın gelecekte yine büyük depremler üretebileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca DAFS üzerinde 18 – 22 km'lik sol yanal yer değiştirmeler ve 1.7 mm yıl^{-1} lik kayma hızının olduğu belirtilmiştir.

Şaroğlu. ve Yılmaz. [1986], Doğu Anadolu bölgesinde orta Miyosen'de başlayan Neotektonik dönem aktivite ile havza modelleri arasında ki ilişkileri irdeledikleri çalışmalarında, Neotektonik dönemde bölgede K-G yönlü sıkışma sonucunda kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylar ve açılma çatlakları geliştiğini belirtmişlerdir. Bölgede Neotektonik dönemde, D-B uzanımlı ve senklinallere karşılık gelen havzalar ile antiklinallere karşılık gelen sırtlar, K-G yönlü açılma çatlakları ve sıçrama yapan doğrultu atımlı faylar arasında havzalar geliştiğini ayrıca K-G yönlü akarsuların yarma vadiler, D-B yönündekilerin ise menderesli yataklar geliştirdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalar Neotektonik dönem kayalarının Üst Miyosen'den günümüze kadar karasal ortamda gelişip, etkin tektonizma ve volkanizma ile temsil edildiğini ve Paleotektonik dönemin en genç kayalarının Alt Miyosen yaşlı olduğunu bildirmişlerdir.

Muehlberger ve Gorden [1987], "Observation on the complexity of the East Anatolian Fault , Turkey" isimli çalışmalarında Doğu Anadolu Fay sistemi'nin bireysel tek bir yapı şeklinde davranmadığını, farklı kayma özellikleri gösteren segmentler şeklinde hareket ettiğini belirtmişlerdir. Fay zonunun K-G yönlü sıkışma denetiminde, sıkışma bileşenli ve sıkıştıran büküm geometrisi geliştirilmiş segmentler ve fay Zonuna daha paralel ve çizgisel, havzalar geliştiren segmentler olarak iki tip segmentasyon oluşturduğu saptanmıştır. Araştırmacılar farklı tarzda segmentasyon gelişiminin sebebinin; Türkiye'nin farklı rijitlikte bloklar içermesi nedeni ile daha rijit olan

Arap kıtasal bloğunun Bu bölgenin içerisine girerken her bir farklı rijitlikteki blokta farklı miktarda girintiler ve deformasyonlar meydana getirmesi olasılığını ileri sürmüşlerdir.

Perinçek ve Diğ [1987], “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ki Yanal Atımlı Faylar ile İlgili Yeni Gözlemler” adlı çalışmalarında ülkemizin söz konusu kesiminde etkin durumda olan çok sayıda doğrultu atımlı fay üzerinde yoğunlaşmışlardır. Oldukça geniş kapsamlı olan bu çalışmada Doğu Anadolu Fay sistemi üzerinde de detaylı olarak durulmuş, zon içerinsin de ki fayların geometrik özelliklerine bağlı olarak gelişen çöküntü ve yükselim alanları irdelenmiştir. Ayrıca Doğu Anadolu Fay sistemi ile Ölü Deniz Fay sistemi arasında ki ilişkileri ortaya koyan yaklaşımlarda bulunulmuştur.

Barka ve Kandinsky –Cade. [1988], Türkiye’de ki doğrultu atımlı fayların geometrilerinin deprem davranışı üzerindeki etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmalarında Doğu Anadolu Ve Kuzey Anadolu Fay sistemlerini depremsellik ve geometrik açıdan karşılaştırmışlardır. Doğu Anadolu Fay Sisteminin de Kuzey Anadolu Fay Sistemi gibi ana fay izi boyunca uzanan, sıçrama ve bükümler ile birbirinden ayrılan süreksizliklerle karakterize edildiğini, kayma hızının 0.5mm yıl^{-1} olduğunu, buna karşın tekrarlanma aralığının ise Kuzey Anadolu Fay Sistemine göre çok daha büyük olduğunu ileri sürmüşlerdir. Çalışmaya göre Adana- Antakya Arasının Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde büyük bir deprem için uygun yapısal şartları sağlayan kesimler arasında olduğu belirtilmiştir.

Ambraseys. [1989], “Temporary seismic quiescence: SE Turkey” adlı çalışmasında bölgede ki tarihsel depremlerin ve 20. yüzyıldaki sismik suskunluğun, GD Türkiye’de tipik bir uzun dönem sismik aktivite modelini işaret ettiğini ileri sürmektedir. Çalışmada DAFS’nin KAFS ile kesiştiği noktadan GB ya doğru uzanarak Antakya yakınlarında Ölü Deniz Fay sistemi ile birleştiği ve 1796, 1822 ve 1872 depremlerinin de bu durumunun delili olduğunu ileri sürmüştür. Ayrıca 1822, 1872, 1874 ve 1905 depremlerinin

DAFS içerisindeki faylanmaları işaret ettiği hem bu yüzyıl hem de daha önceki dönemlerde sığ sismik aktivitenin varlığının göstergesi olduğu belirtilmektedir.

Perinçek ve Çemen [1990], Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları arasında ki ilişkileri inceledikleri çalışmalarında bu iki fayın birleşeceği üç olası bölge belirtmişlerdir. Bunlardan ilki Amik havzasının güneydoğusu, ikincisi Ölü Deniz fayının kuzeydoğu devamı, üçüncüsü ile Narlı kasabasının kuzeydoğusu olarak gösterilmiştir.

Taymaz ve Diğ [1991], " Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey)" Adlı çalışmalarında 14/06/1964 Malatya, 06/09/1975 Lice, 05/05/1986 Doğanşehir depremleri üzerinde yaptıkları incelemede DAFS için kayma hızını yaklaşık 29 mm yıl^{-1} olarak hesaplamışlardır. Bu depremler için saptanan kayma vektörünün Türkiye ve Arap levhaları arasındaki bağıl hareketin yönünü temsil edebileceği belirtilmiştir.

Şaroğlu ve Diğ [1992], "The East Anatolian fault zone of Turkey" adlı çalışmalarında Doğu Anadolu Fayının yaklaşık 580 km uzunluğunda olduğunu ve maksimum ötelenmenin 20 – 25 km olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada Türkiye'de yüzey kırıklığı meydana getiren depremlerin $M > 6$ olduğunu ve $M = 7$ depremlerinin ortalama tekrarlanma aralığının 300 – 400 yıl olduğu belirtilmektedir.

Kiratzı [1993], Doğu Anadolu Fay Sistemi boyunca meydana gelen aktif kabuksal deformasyonu araştırdığı çalışmasında zon içerisinde açılmanın yaklaşık olarak D-B yönünde 9 mm yıl^{-1} , sıkışmanın K-G yönünde 5 mm yıl^{-1} ve sol yönlü makaslamanın ise 6 mm yıl^{-1} hızında geliştiğini hesaplamıştır. Çalışmada, Doğu Anadolu Fay Sistemi boyunca oluşan deformasyonun büyük bir bölümünün Arap levhasının kuzeye hareketi nedeniyle batıya

kaçan Anadolu levhasının hareketi tarafından gerçekleştiği ve bölgede sismojenik tabaka kalınlaşma hızının da 0.2 mm yıl^{-1} olduğu saptanmıştır.

Westaway [1994], Çalışmasında Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin 5 milyon yıldan beri aktif olduğunu ve yaklaşık 14 mm yıl^{-1} 'lik sol yanal bir kayma hızına sahip olduğu belirtilmiştir. Yazar Türkiye ve Arap blokları arasındaki kısılmanın da yaklaşık olarak 2 mm yıl^{-1} olduğunu ileri sürmektedir.

Relinger ve Diğ [1997], Arap – Afrika – Avrasya levhalarının güncel hareketlerini incelemek için yaptıkları GPS ölçümlerine dayalı araştırmalarında Arap plakasının $20 \pm 3 \text{ mm yıl}^{-1}$ hızla $N38^\circ \pm 13$ batı yönünde hareket ettiğini, DAFS'nin ise $15 \pm 3 \text{ mm yıl}^{-1}$ 'lik kayma hızıyla ile hareket ettiğini belirlemişlerdir.

Yürür ve Chorowicz [1998], Anadolu – Afrika – Arap levhalarının birleşim alanı yakınlarında, güncel volkanizma, tektonik ve levha kinematiki üzerinde durarak özellikle Türkiye'nin güneydoğusunu etkileyen tektonizmayı araştırmışlardır. Çalışmada bu üç levhanın birleşim yeri olan Maraş üçlü eklemine olduğu GD Türkiye'de iki ana tektonik fazın varlığından söz edilmektedir. Araştırmada üçlü eklem yakınında, Ölü Deniz Fay Sistemi'nin kuzeydeki son segmenti olan Amanos fayı boyunca 2 milyon yıldan beri açılma volkanizmasının geliştiğini belirtmişlerdir. Birleşme alanında lokal tektonik rejimin değişim yaşı 2 milyon yıl olarak bulunmuş ve Ölü Deniz Fay Sistemi'nin kuzey ucunda, Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin oluşumuyla deformasyonun değişikliğe uğradığı saptanmıştır.

McClusky ve Diğ. [2000] , Doğu Akdeniz bölgesinin kinematiki ve dinamatiğini araştırmak için yaptıkları GPS ölçümlerinde Arap platformunun Avrasya platformuna göre $18 \pm 2 \text{ mm yıl}^{-1}$ hızla $N24^\circ \pm 5W$ yönünde hareket ettiğini saptamışlardır.

Güneyli, H., [2002] , “Doğu Anadolu Fay Sistemi, Palu- Hazar Gölü Segmentinin Neotektoniği ve Paleosismolojisi” adlı çalışmasında, Palu hazar gölü segmenti üzerinde yüzey kırığı oluşturan (Ms 7) son depremin Ms=7.1+1874 Hazar gölü depremi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yaptığı çalışmada segmenti üzerinde minimum 190 +/- 40 yıl, maksimum 280 +/- 55 yıl tekrarlanma aralığı belirlemiş, segment üzerinde ortalama kayma hızını da 13.5 mm/yıl olarak bulmuştur. Yaptığı çalışma bölge üzerinde yapılan ilk paleosismoloji çalışmasıdır.

2. MATERYAL VE METOD

Yapılan bu çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi içerisinde bulunan Akçaluşağı fay hattının neotektoniği ve paleosismolojisinin incelenmesi amacıyla çeşitli arazi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların isabetli noktalarda yapılabilmesi ve bölgenin daha detaylı bir şekilde incelenebilmesi için öncelikle büro çalışmaları yapılmıştır. Büro çalışmalarında Doğu Anadolu Fay Sistemi üzerinde daha önce yapılan benzer çalışmalar detaylı olarak incelenerek paleosismoloji konusu çalışılmıştır. Bölge üzerinde daha önceden hazırlanan 1/25000 ölçekli neotektonik haritalar incelenmiş ve bölgenin hava fotoğraflarıyla taranması yapılarak paleosismoloji çalışmasının uygulamalarının yapılacağı yerler seçilerek, paleodeprem verilerinin bulunabileceği ve güncel tektonik aktivite hakkında bilgi veren alanlar belirlenmiştir.

Yapılan çalışmalar sonucu Akçaluşağı fay Zonu'nun depremselliği hakkında bilgi kaynağı olabilecek jeolojik, arkeolojik ve tarihsel tüm bulgular belirli bir düzen içerisinde araştırılıp değerlendirilerek sonuçlar araştırma bulguları bölümü içerisinde işlem başlıkları ile sırayla verilmiştir.

2.1. Materyal

Paleosismoloji depremleri önceden belirleyebilmek için son yıllarda kullanılmaya başlanan yeni bir bilim dalıdır. Bu bilim depremlerle ilgili tarihsel bilgilerin eksik olduğu bölgelerde magnitüdü yüksek depremler üreten fayların geçmiş davranışlarını incelemektedir. Jeolojik izlerden ve kayıtlardan eski depremlerin yerleri, oluşumu ve zamanı hakkında bilgi elde etmeye çalışır. Eski (Tarihsel) depremlerin izlerini yakalamaya bu bilim dalına yardımcı ve çok yakın olan paleoarkeoloji de yardım eder. Bu yöntemde esas amaç araştırma yapılan bölgedeki sismik aktivitesi devam eden fayları tanımlayarak geçmişleri hakkında ulaşılabilecek her türlü bilgiyi kullanarak uzun süreli bir deprem tahmini yapmaktır. Bir fayı tanımlamak geçmiş sismik davranışları

belirlemek ve bu belirtileri yaşlandırmak ile mümkün olabilmektedir [Pantosti ve Yeats, 1993]. Yapılan paleosismoloji çalışmaları sonucu iyi bir şekilde tanımlanan sismik bir fayın, gelecekteki davranışını oldukça doğru bir biçimde tahmin etmek mümkündür.

Paleosismoloji çalışmasında 1. önemli parametre çalışma yapılacak bölgede en uygun yeri belirlemek ve doğru yöntemi kullanabilmektir. Deprem sırasında yüzeyde jeomorfolojik süreçlerde yerel ve bölgesel ölçeklerde düzensizlikler meydana gelmektedir. Bu düzensizliklere karşıt olarak, çökme ve erozyon süreçleri düzeni yeniden sağlamaya çalışır. Fakat bu olay sonucu erozyonsal yapılar ve çökeller, yüzey faylanması oluşturmuş eski depremlerin jeolojik verilerini saklarlar ya da yok ederler. Depremlerle ilgili elde edilebilecek bilgilerde önem taşıyan bu verilerin korunabilme şansı bölgenin jeomorfolojik konumuna ve iklimsel koşullarına bağlıdır. Bu faktörler göz önüne alındığında da arazi çalışması öncesi, masa başı çalışmalarıyla jeoloji ve topografya haritaları, hava ve uydu fotoğrafları kullanılarak isabetli birkaç çalışma yeri belirlenmeli, bu yerler daha sonra arazi gezileriyle kesinleştirilmelidir.

Bu çalışmada 2. önemli parametre ise yaşlandırma çalışmasıdır. Belirlenen geçmiş deprem izlerinin kalıntıları iyi bir şekilde yaşlandırılabilirse fayın enerji birikiminin zaman içindeki hareket periyodu belirlenmiş olacak ve gelecek hareketler konusunda bizlere doğru karar vermemiz için yol gösterici olacaktır.

Bu bilim dalında eski depremleri tanımlamak için her hangi bir standart paleosismoloji tekniği bulunmamaktadır. Farklı özellikteki yerler için farklı teknikler uygulanmaktadır. Bunlardan bir kaçısı sırasıyla haritalama, jeomorfoloji, hendek açma, stratigrafi ve paleoarkeoloji gibi teknikleridir. Bu tekniklerden en yaygın olanları aşağıda açıklanmıştır.

2.1.1. Fay civarının jeomorfolojisi

Fay zonu jeomorfolojisi fay üzerinde belli aralıklarla yüzey faylanması oluşturmuş eski deprem izlerinin tanımlanmasında kullanılan ilk temel yaklaşımdır. Yumuşak çökellerde gelişmiş bir fay dikliğinin morfolojisi incelenerek, bu dikliğin bir veya birkaç depremle meydana gelip gelmediği anlaşılabilmektedir. Uygun jeomorfolojik ve iklimsel koşullarda eski fay dikliklerinin korunabildiği daha önceki çalışmalar incelenerek belirlenmiştir.

Yeni bir fay dikliği olduğu zaman, bu diklik öncekine eklenir ve profilin meyilleşmesine neden olur. Fakat bu meyil, tek bir deprem için oldukça yüksek bir dikliği koruyarak zamanla kaybolur. Fay dikliği profilinin gelişimi ile yaşı arasındaki ilişkiyi araştıran birkaç model ileri sürülmüştür. [Nash 1980, 1986; Hanks vd. 1984; Andrew ve Hanks 1985, Hanks ve Schwartz 1987]. Ancak faylı çökerlerin tabiatı ve farklı iklim koşullarındaki düzensiz değişkenlikler bu modelleri güçleştirmektedir.

Fay boyunca ötelenmiş jeomorfolojik yapılar çalışarak eski depremler hakkında bilgiler elde edilebilir. Dereler, yelpazeler, alüvyon taraçalar ve havzalar bu yapıların en yaygın olanlarıdır. Saptırılmış dereler, gençleşmiş dere profilleri, terkedilmiş, ötelenmiş alüviyal taraçalar çalışılarak uzun süreli yamulma miktarı tahmin edilebilir.

2.1.2. Bölgesel jeomorfoloji

Derinde bir fay düzlemindeki eş sismik yamulma, yüzeyde geniş bir bölgeyi etkiler. Farklı bölgelerdeki yamulma miktarları, yapının geometrisi, hareketin tipi ve kayma dağılımı ile doğrudan ilişkilidir. Bu yamulma jeolojik olarak da kaydedilir. Aynı yapı boyunca yinelenmiş depremlere ait yer değiştirme miktarları, bir öncekine eklenir ve jeomorfolojik olarak belirli izler bırakırlar. Bu süreçler, uzanmış havzalar, çizgisel vadiler, taşkın ve gençleşmiş alüviyal vadiler, titlenmiş paleoyüzeyler ve silsileler olarak birkaç bölgesel yapının

kökeninde görülebilirler. Bölgesel jeomorfolojide tektonik süreçleri sayısallaştırma için en iyi olasılık kıyısal ortamlarda yapılır. Deniz seviyesi, nispi ve kesin yükselti değişimleri için bir başlangıç noktası olarak kullanıldığı için, kıyısal ortamlar çok uygun yerleri temsil ederler [Lajoie 1986]. Her bir depremin oluşumu, kıyı hatlarında, kıyı hatlarının çökmesi veya yükselmesi şeklinde görülür. 1946 Nankaidos, 1960 Şili, 1964 Alaska ve 1991 Costa Rica depremleri, eş sismik olarak meydana gelmiş kıyı deformasyonlarının iyi birer örneklerini teşkil ederler.

2.1.3. Hendek (Trench) açma

Bir fay sarplığı üzerinde hendek açılması, yüzey kırığı meydana gelmiş bir diri fayın sismik aktivitesinin araştırılması için en yaygın bir paleosismoloji tekniğidir. Hendek (trench) çalışması yüzey faylanması oluşturmuş depremlere ait jeolojik belirtilerin tanımlanması üzerinde yoğunlaşan bir çalışmadır. Yukarıda bahsedildiği gibi geçmiş yüzey faylanması oluşturmuş depremlerin belirtilerinin, fay boyunca her yerde korunma ve tanınma olasılıkları aynı değildir. Yapılacak hendek (trench) çalışmasının başarılı olabilmesi için kazı yapılacak alanın isabetli bir şekilde seçilmesi son derece önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Akçaluşağı fay zonunun paleosismisitesinin incelenmesi amacıyla yapılan hendek çalışması öncesinde yukarıda bahsedilen özellikler dikkate alınarak saha öncesi çalışmalarda hava ve uydu fotoğrafları üzerinde çalışılmış, daha sonra yapılan saha çalışmaları ile segmentler üzerinde paleosismoloji kazı (hendek) çalışmalarının yapılacağı yerler saptanmıştır. Yapılan kazı çalışmasında aşağıda ki üç özellik dikkate alınmıştır

- Fay izinin birkaç metre hassasiyetle saptanması
- Deprem izlerinin jeolojik kayıtlarda saklanmasını sağlayacak uygun çökelim alanları seçilmesi.

— Bu izleri yaşlandırabilecek odun parçaları ve organik malzeme içeren alanlar araştırılması.

2.1.4. Stratigrafi

Depremi ikincil etkileri, sismojenik kaynaklardan birkaç yüz km uzaklarda yer alan stratigrafik kesitler içerisinde gözlenebilir. Bu yapıların kökenleri, depremler tarafından meydana getirilmiş sarsıntılar ile ilgilidir ve belli yerlerdeki belirli şartlara bağlıdır. Bunlar sıvılaşma, çökme, kaymalar, kaya düşmeleri, türbütler ve tsunami tortulları gibi yapılardır. Bu türlü deprem etkileri, belli bir yere kadar erişmiş ivmeler ve belli bir zamandaki bir tsunami dalgasının varışı hakkında bilgiler verir. Fakat bu depremlerle ilgili sismojenik yapıların özellikleri hakkında bilgi vermezler. Daha önce kıyıda ortamlarda bahsedildiği gibi bu etkilerin çoğu, fırtınalar, aşırı sediment yüklenmesi, yamaç stabiliteleri gibi depremlerden farklı kaynaklar tarafından da meydana getirilebilir.

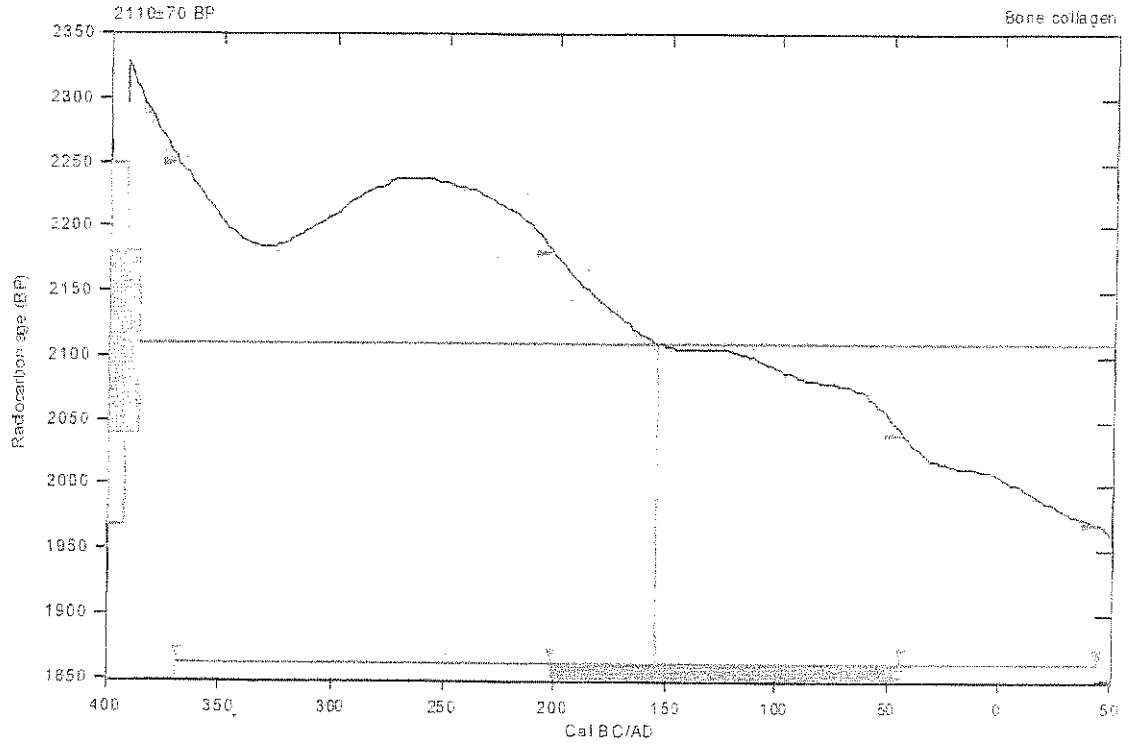
2.1.5. Yaşlandırma teknikleri

Eski depremleri ve deformasyonları kaydeden çökeller ile jeomorfolojik yapıların yaşlandırılması, paleosismoloji araştırmalarının en önemli kısmını oluşturur.

Paleosismolojide yaşlandırmada kullanılan en yaygın metot, c^{14} tekniğidir. Kuvaterner yaşlı kıtasal çökeller, c^{14} yaşlandırması için uygun kömür parçaları, organik tabakalar ve toprak seviyeleri içerir. Genellikle c^{14} yaşlandırma tekniği, birkaç gram kömürlü kısım veya her zaman bulunmayan bolca zenginleşmiş malzemeye ihtiyaç duymaktadır. Yakın geçmişte paleosismoloji araştırmalarında, özellikle c^{14} yaşlandırmasında önemli gelişmeler, İvme Kütle Spektrometrelerin (İKS) kullanılmaya başlanmasıyla olmuştur. İKS yaşlandırması, geleneksel yaşlandırma tekniklerinden daha

pahalı olmakla birlikte sadece birkaç miligram karbon kullanılmasını gerektirmektedir. Laboratuarda yapılan C^{14} ölçümleri, genellikle C^{14}/C^{12} oranı esas alınarak düzeltilmektedir. Bu oran, genç malzemelerden türeyen numunelerin muhtemel kirlenmesi hakkında bilgiler sağlamaktadır. Ayrıca C^{14}/C^{12} atmosferik oranı, zaman içinde sabit olmadığı için laboratuarda elde edilen Radyo karbon yaşı, yaşı bilinen odun parçaları numunelerinden türetilmiş olan kalibrasyon eğrileri'nin (Şekil 2.1) kullanılması ile takvim yılları'na dönüştürülmektedir. Ancak kalibrasyon eğrilerinde büyük düzensizlikler bulunmakta ve gerçek Radyo karbon yaşı elde edilememektedir. Radyo karbon kullanarak yaşlandırılmış numunelerin gerçek yaşındaki diğer belirsizlikler de bulunmaktadır. Örneğin rezervuardaki C^{12}/C^{14} oranında, sonraki değişiklikler veya anormal bir başlangıç oranı, ölçülen yaş üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilmektedir. Gerçekten, rezervuarlar karbonatlı ana kayalardan veya özellikle göller veya buzul dönemleri esnasındaki su kütlelerinin büyüklüğünden yüksek derecede etkilenir. Ayrıca, güncel ya da eski karbonlu numunelerin gömülme sırasındaki muhtemel kirlenmesi söz konusudur. Özellikle kirlenme, numunenin gerçek yaşına, kirlenmenin tipine ve miktarına bağlı olarak eşit olmayan etkiler meydana getirebilirler. Son olarak kabukların yaşlandırılması durumunda birincil aragonit, daha sonraki rekristalize olmuş olanlardan ayırmak çok ince bir iştir. Bu durumda gerçek yaş, çok daha genç bir yaş olarak elde edilebilir.

Faylanmış yüzeylerin yaşlarını tahmin etmede önemli gelişmeler, toprak gelişimi ve toprak kimyasının çalışılmasıyla sağlanmıştır. Toprak kimyası dokusu, kalınlığı esas alınarak birkaç bölgeden toprak krono-serisi elde edilmiş ve bazı örneklerde bazı kesin yaşlandırmalarla sınırlandırılmıştır. Bazı bölgeler için pedojenik kalsiyum karbonatın gelişme derecesi, toprak gelişiminin bir belirtisi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.1. Yaşlandırma numunesin kalibrasyon eğrisi

Faylanmış çökellerin yaşlandırılmasında ümit verici diğer bir metot, termolüminisans (TL) metodudur. Bu metod, güneş ışığını iyonize eden termolüminisans özelliği gösteren kuvars ve feldispat gibi minerallere dayanmaktadır. TL yaşı, laboratuarda termolüminisans özelliği sıfır oluncaya kadar numune ısıtılarak ölçülür ve yaşlandırmaya hassas mineral tanelerinin gömülme zamanından başlayarak yeniden inşa edilir.

Son olarak ağaç halka analizleri, eski depremlerin yaşlandırılması için kullanılabilmektedir. Bu metod sismojenik bir fayın yakınında yer alan ağaçların, faydaki büyük bir depremin oluşumu esnasında ağaç halkalarının gelişiminde görülen karışıklıklar esasına dayanır. Kuraklık, fırtınalar, seller gibi ağaç halka gelişiminde doğrudan eş sismik deformasyondan ileri gelen karışıklık belirtileri durumunda, yaş, büyüklük, topoğrafik ve jeolojik konumlara dayanarak seçilen çok sayıdaki ağaçların tahrip olmayan çekirdek kısımlarından numunelerin alınması ile başlanır. Bu çalışmada en az iki ağaç

eş zamanlı olarak gelişen karışıklıkları belgeleyecek birkaç numunede denetimli yaşlandırma ve dikkatli kontroller yapılır. Bu metodun uygulanabilirliği, eski depremlere göre ağaçların yaşları, faya olan yakınlıkları, fayın lokasyonu gibi birkaç faktörle sınırlı kalır. Fakat bu metod, dünyanın bazı bölgelerinde oldukça ümit verici bir metodu oluşturmaktadır.

2.1.6. Heyelanlar

Heyelanları kullanarak paleosismik olayların dolaylı belirtilerini yorumlamada aşırı derecede dikkatli davranılmalıdır. Çünkü 100 veya 500 yıl gibi tekrarlanma periyotlarına sahip ana fırtına olaylarının da binlerce heyelanları harekete geçirebileceği düşünülmelidir. Kuzey Kaliforniya'da fırtınalardan ileri gelen heyelanlar, döküntü akmaları ve çamur akmaları meydana getirirken, 1906 San Francisco depremi, akarsu sedimentlerin de başlıca yanal yayılmalar ve kaya düşmelerine neden olmuştur. Heyelanları paleosismik belirtiler olarak kullanmadan önce, çeşitli şartlar altında tarihsel depremler tarafından neden olunan heyelanların çeşitli ve büyüklükleri hakkında yeterince bilgiler elde edilmelidir. Daha sonra kalibre edilmiş örnek bir çalışma tarihsel öncesi deprem olaylarına uygulanabilir.

Özel bir takım kalibrasyonla heyelanlar, tarihsel depremlerin magnitüdüleri hakkında bazı bilgiler verebilir. Tarihsel depremler ile ilgili çalışmalar, kayaç tipi, deprem magnitüdü ve sebep olan faydan uzaklık gibi değişkenlerle birlikte heyelan tipleri ve yoğunlaşmaları gibi özelliklerin karşılaştırabileceği farklı jeolojik ortamları kapsamalıdır. Depremler ile heyelanların çeşitleri arasındaki çok iyi kalibre edilmiş ilişkiler, tarihsel depremleri tanımlamada yardımcı olabilir.

2.1.7. Sıvılaşma

Heyelanlar gibi, sıvılaşma yapıları da tarihsel depremleri tanımlamada değerli bilgiler verir. Eğer sıvılaşmaya sebep olan deprem olayının magnitüdü

hakkında bilgi edinmek isteniyorsa, depremlerden ileri gelen sıvılaşma yapıları, tarihsel olayları kullanarak dikkatli bir şekilde kalibre edilmelidir. Bazı güncel çalışmalar bu çeşit kalibrasyon işleri ile uğraşmaya çalışmıştır. Sonuçlar, bir magnitüd biriminin dörtte bir sınırları içerisinde tarihsel öncesi depremlerin moment magnitüdlerinin tahmin edilebileceğini göstermiştir. Birçok yerel ve bölgesel faktörler, sıvılaşacak malzemenin hassasiyetini etkileyebileceği için, her bir özel bölge için kalibrasyon çalışmaları yapılmalıdır.

Tehlike değerlendirmeleri de, sıvılaşma ve heyelanlar, özel bir fayın kazı (trench) çalışmalarında önemli avantajlar sunarlar. Sebep olan faylar dikkate alınmaksızın, sıvılaşma ve heyelan çalışmaları, özel bir yerdeki şiddetli sarsmanın ne kadar sıklıkla oluştuğunu belirtirler. Kazı (Trench) sonuçları belli bir yere özgüdür ve yalnızca özel bir faya uygulanır. Potansiyel olarak birkaç sismojenik fayın bulunduğu bölgelerde sıvılaşma ve heyelan çalışmaları, yere özgü çalışmalardan ziyade şiddetli sarsıntı tehlikesi hakkında oldukça iyi bilgiler verirler.

2.2. Metod

2.2.1. Arazi öncesi çalışmalar

Arazi çalışmaları öncesi konuyla ilgili yerli yabancı literatür taraması yapılarak daha önce yapılan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Saha çalışmalarını yaptığımız bölge üzerinde çok sayıda çalışması ve deneyimi olan Prof. Dr. S. PAMPAL ve Dr. Hüseyin Kozlu ile yapılan büro çalışmalarında uydu ve hava fotoğraflarının stereoskopik incelemeleri ile yapılacak kazı yeri için en uygun alan tespit edilmeye çalışılmıştır.

2.2.2. Saha çalışmaları

Hendek (Trench) çalışması

Yapılan büro çalışmaları sonucu paleosismoloji amaçlı kazının yapılacağı kesimler belirlenmiştir. Bu yerin tespitinde aktif fayların deformasyon yarattığı ve deformasyonun dar bir zon içerisinde izlenebildiği kesimler üzerinde çalışılmış, özellikleri belirgin fay sarplıkları üzerinde durulmuştur.

Fay sarplığı, sismojenik fay düzleminin yüzeyde görülen kesimini verilen addır. Fay sarplığının karakteristik özellikleri, derinde belirginlik kazanan ana fay parametrelerinin bir ifadesi olarak ele alınmaktadır. Sismolojik ve jeolojik verilerin tamamına yakınının mevcut olduğun depremler, kırık geometrisi, minimum bir uzunluk, minimum bir kayma dağılımı sağlayan jeolojik gözlemler ile tam bir uyum içerisinde. Bu açıdan yaklaşıldığında da fay sarplığını meydana getiren depremin büyüklüğü hakkında önemli bilgilere sahip olmak mümkündür. Bu yaklaşım özellikle aletsel dönem öncesi depremlerinin saptanmasında çok önemli bir yer teşkil etmektedir [Pantosti ve Yeats, 1993].

Yukarıda sözü edilen kriterlerle birlikte yaşlandırılabilir malzemelerin de rahatça bulunabileceği alanlar göz önünde bulundurularak seçilen noktalarda paleosismoloji kazıları yapılmıştır. Aktif fayların oluşturduğu hendek yerlerinin seçiminde göz önünde bulundurulan nitelikleri taşıyan, aktif faylanma mekanizması ve paleodepremler hakkında bilgi veren sistemlerin yer aldığı mostralarda yarma kazıları yapılarak hendek çalışması ilkeleri doğrultusunda uygulamalar yapılmıştır. Yarma kazılarında yüzeyler sıyrılıp temizlendikten sonra uygun noktalardan yaşlandırma sınıflama ve tanımlama örnekleri alınmıştır.

2.2.3. Laboratuvar alışmaları

Paleosismoloji kazılarından elde edilen yaşlandırma rnekleri ABD. Flori'da laboratuvarına gönderilerek C-14 yöntemi ile radyometrik olarak yaşlandırılmıştır.

2.2.4. Değerlendirme alışmaları

Saha ncesi, saha ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler çalışmanın amacına yönelik olarak değerlendirilip yorumlanmıştır. Son olarak, elde edilen tüm veriler birlikte yorumlanıp, sonuçlar ortaya konularak tez haline getirilmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

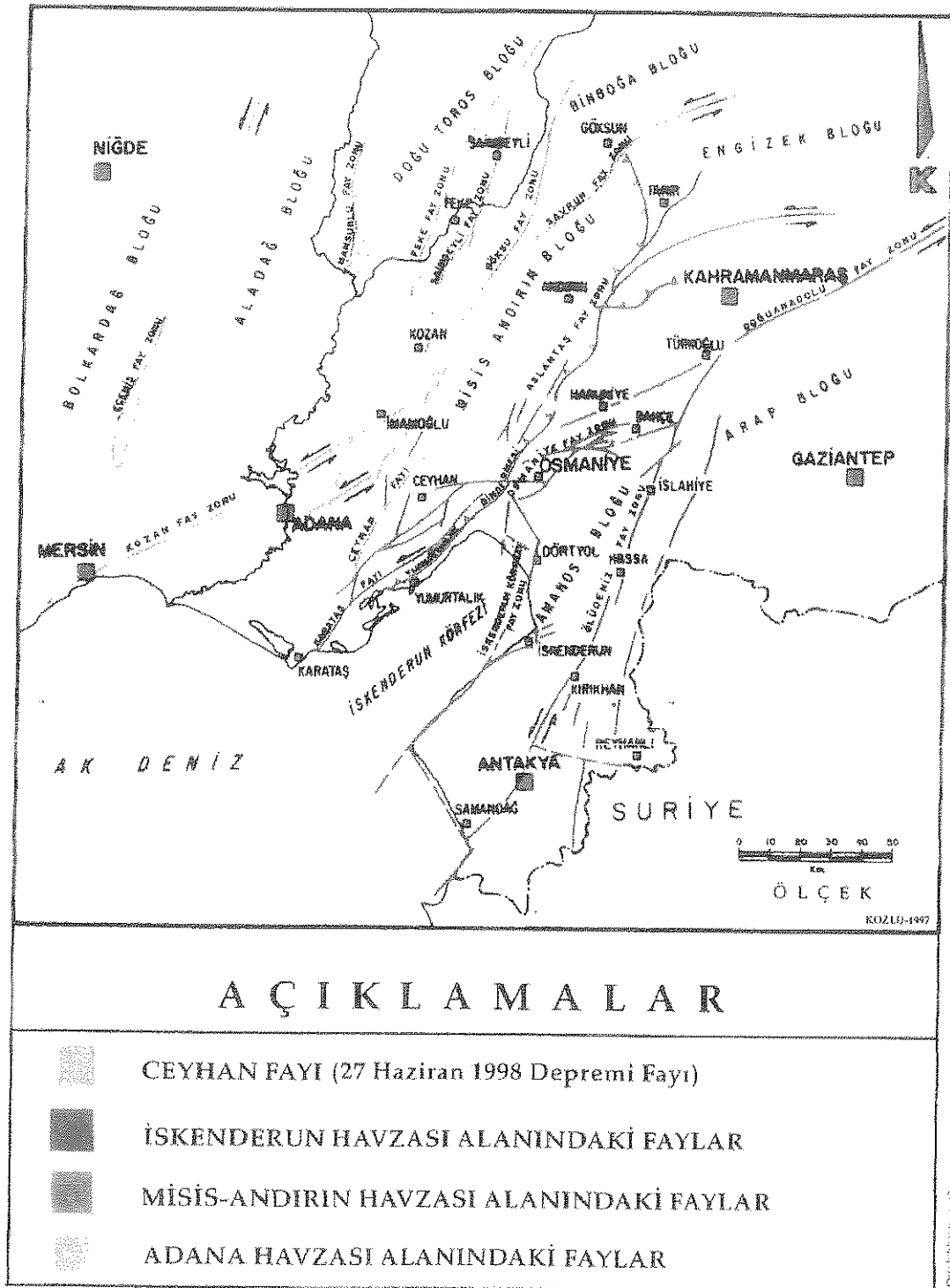
Akçaluşağı (Kozan) Fay hattının depremselliğini araştırmaya yönelik paleosismoloji çalışmamızın ilk adımı olarak bu fayı da içerisine alan Misis-Andırın bölgesinin genel anlamda jeolojik incelemesi yapılmıştır. Bu inceleme bölgenin yapısal ve bölgesel jeolojisi bölge üzerinde bulunan aktif faylar ve bölgenin zemin durumunu içermektedir. Yapılan incelemelerde, bölge üzerinde daha önceden yapılmış çalışmalardan edinilen bilgiler ve yapılan arazi gezileri sonuçları kullanılmıştır. Bu sonuçlar aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

3.1.Yapısal Jeoloji

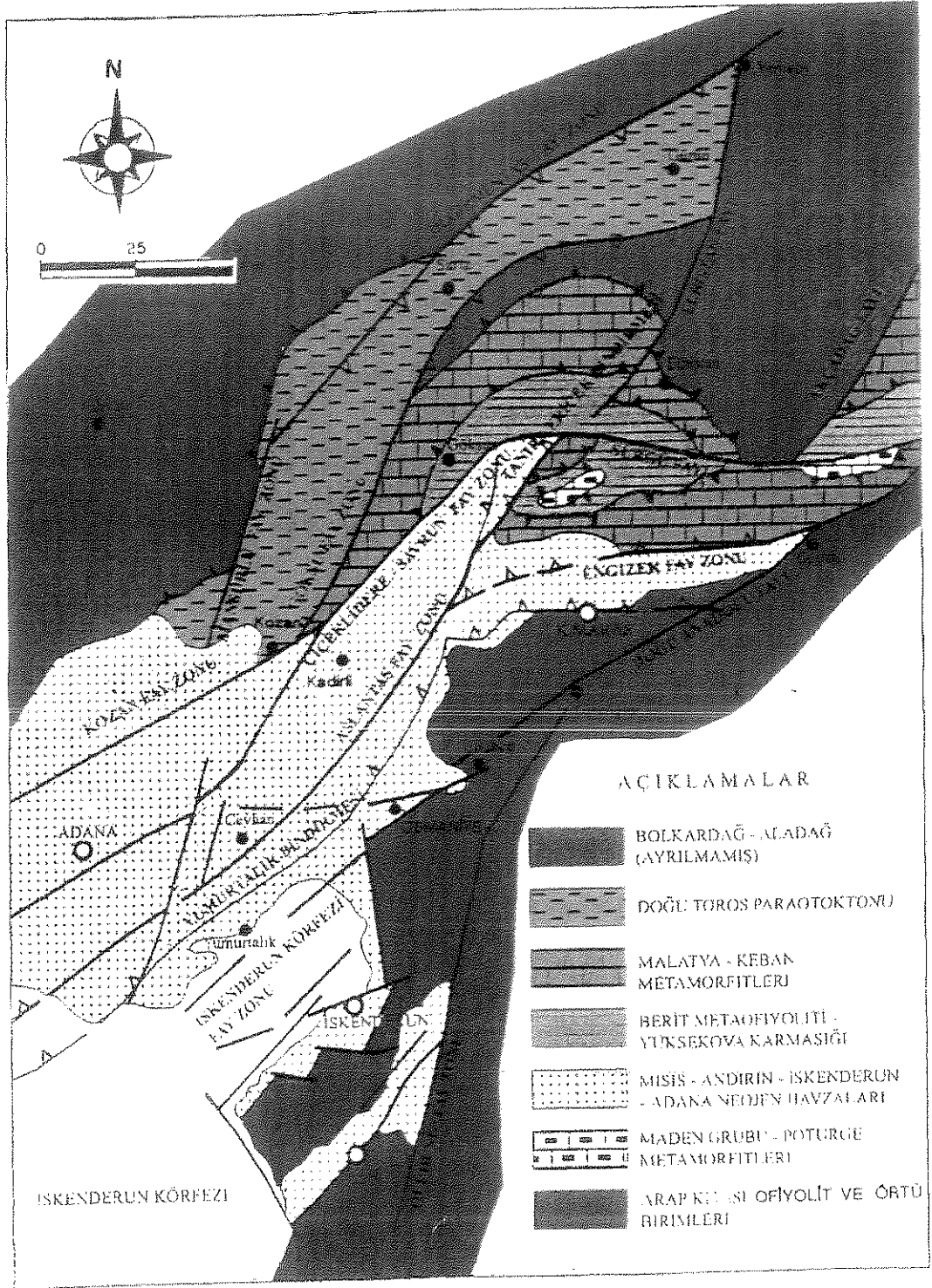
İnceleme alanı, hem sürüklenim (şariyaj) hem de doğrultu atımlı fay tektoniğinin belirgin izlerini taşımaktadır. Özellikle, Neojen'de ve sonrasında bölge tamamen doğrultu atımlı fay tektoniğinin etkisinde kalarak gelişimini tamamlamıştır. Dolayısıyla bölge, ana faylarla bölünerek zaman zaman hareket eden birçok bloğa ayrılmıştır. Bu faylardan bazıları plaka, (kıta – kıtacak) sınırı oluşturacak şekilde gelişmiştir. Örneğin ölü deniz fayı, Arap ile Afrika kıta sınırını; Aslantaş fay zonu, Afrika – Torid – Anatolit kıta sınırını oluşturmaktadır. Ayrıca Göksu, Savrun, Mansurlu ve Ecemiş fay zonları, Torid – Anatolid kıtası içinde olup, bu kıtayı birçok parçacıklara bölmüştür. Bu önemli faylar (Harita 3.1); tektonik haritada görüldüğü gibi, bölgeyi kuzeye doğru Arap, Amanos (Afrika), Misis-Andırın, Engizek, Binboğa, Doğu Toros Aladağ ve Bolkardağı gibi birçok bloğa ayırmıştır. Bu blokları ayıran ana fayların hemem hepsi bugün için plakacak sınırı özelliği taşımaktadır. Diğer bir unsur ise blokların sınırını oluşturan bu fayların birçoğu, kıtasal kabuğun kestiğini ve derinlere, magmaya kadar devam ettiğini gösteren izleri taşımaktadır. Bu görüş Ölüdeniz ve Aslantaş fay zonlarında izlenen kuvaterner yaşlı genç bazaltik volkanizma faaliyetlerinden anlaşılmaktadır. Orta Miyosen döneminde Osmaniye- Bahçe arasındaki alana benzer volkanizma faaliyetleri görülmektedir. Adana Neojen havzası Tortoniyen istifi

arasında (Üst Miyosen) yaşlı tüfler yer almaktadır. Bu volkanik faaliyetlerde magma ile irtibatlı fay zonlarıyla ilişkili volkanizmanın işaretini taşımaktadır. Bunun nedeni, Anatolit – Torid kıtası ile Arap – Afrika kıtası arası yer alan Neotetisin (okyanusun) kapanmasını takiben oluşan kıtasal hareketleri karşılayan suture zonu ve kıta kenarı fayların Tersiyer süresince aktif olmasından kaynaklanmaktadır. Bölge ve yakın çevresindeki bölgesel ölçekteki ana fayları gösteren tektonik harita 3.2 de verilmiştir. Bütün bu veriler incelendiğinde bu bölgenin Neotektonik dönemde hareketli olduğunu ve halen devam ettiğini göstermektedir.

İnceleme alanı, kıta sınırlarını oluşturan büyük ölçekli ana fayların yer aldığı ve Üst Kretase ve sonrasında sürekli aktif tektonizmanın etkisinde kalan bir konuma sahiptir. Sınırlı kıta hareketlerine bağlı olarak gelişen kıta kenarı fayları ve bunlarla ilişkili diğer faylar, Üst Kretase'den itibaren (bazı dönemlerde şiddetli olmak üzere) aktivitesini günümüze kadar sürdürmüştür. Bunun nedeni ise, inceleme alanı kıtaların birleştiği ve tektonikçe aktif bir bölge üzerinde bulunmasından kaynaklanmaktadır.



Harita 3.1. Çukurova bölgesi ve çevresindeki ana fayları gösteren tektonik harita



Harita 3.2. Çalışma alanında ve yakın çevresinde yeralan bölgesel ölçekteki tektonik hatları gösteren harita [Kozlu 1987]

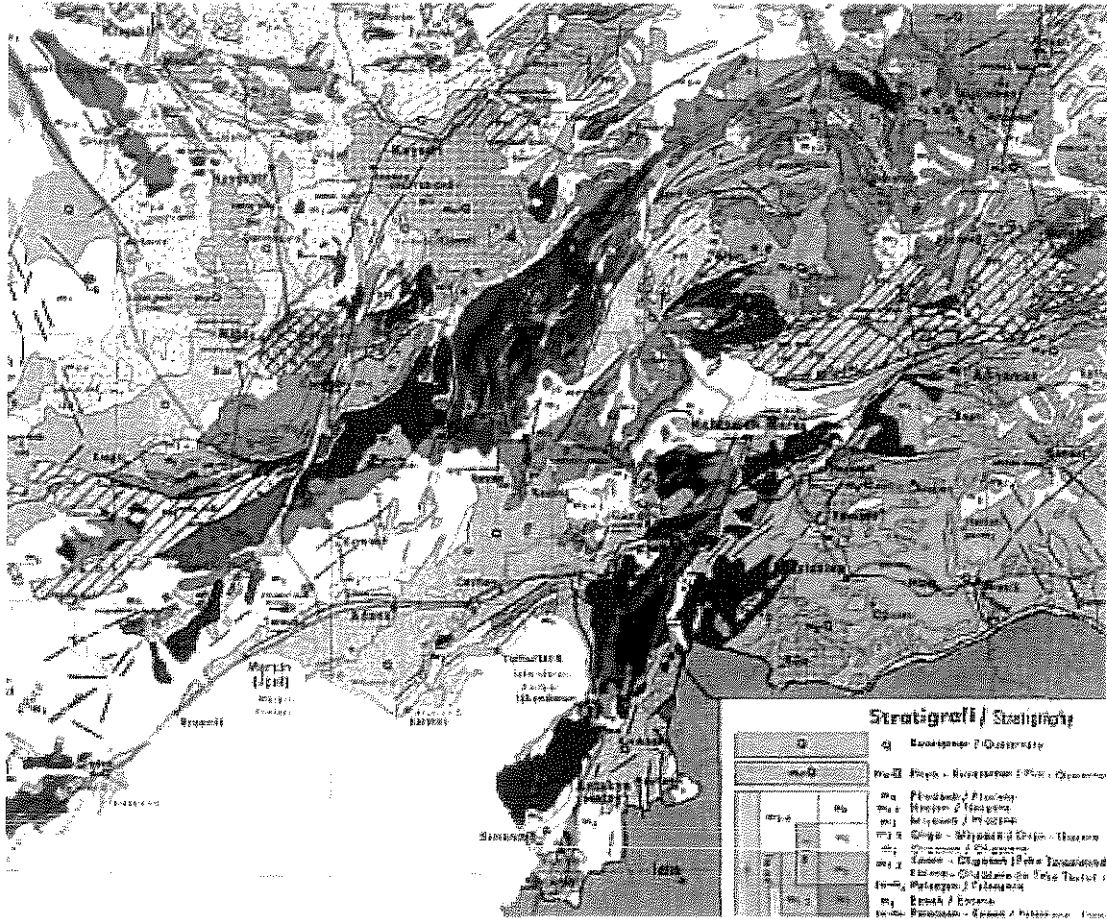
Bölgenin jeolojik gelişimine bakıldığında tektonik hareketlerin Kampaniyen (Üst Kretase) sonunda başladığı söylenebilir. Bölge'de jeolojik inceleme yapmış birçok araştırmacının özellikle Şengör ve Yılmaz, [1981], Pampal [1986] ve Kozlu, [1997] tarafından, çalışma bölgesi ile ilgili olarak yaptıkları araştırma verileri değerlendirilerek aşağıda özetlenen jeolojik yapı modeli ortaya çıkarılmaktadır.

a) Torid – Anotolid kıtası (platformu) ile Arap – Afrika kıtası arasındaki Neotetis okyanusunun güney kolu Kampaniyen sonu – Üst Maastirhtiyen öncesi kapanmıştır. Bu kapanmayı sağlayan yatay tektonik hareketleri (Şaryajları) takiben, bölgede doğrultu atımlı faylarla Üst Maastirhtiyen-Paleosen- Alt Eosen havzaları açılmıştır.

b) Alt Eosen kuzey- güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak gelişen sürüklenim (şaryaj) hareketleriyle, üst Maastirhtiyen – Alt Eosen havzaları kapanmış ve sonunda yine doğrultu atımlı faylara bağlı olarak Orta Eosen havzaları açılmıştır.

c) Orta Eosen sonunda başlayan ve yine kuzey – güney yönlü sıkışmaya bağlı olarak Orta Eosen havzaları kapanmış ve yine doğrultu atımlı faylar harekete geçerek Miyosen havzalarını açmıştır. Neojen başında bölgesel sıkışma rejimine bağlı olarak gelişen doğrultu atımlı fayların genleşme bölgeleri oluşturulmuş ve bu çöküntü alanlarda Miyosen istif çökelmiştir. Misis – Andırın havzasında, Neojen istif, Eosen'in ve yığılma karmaşığının üzerinde gelişmiştir.

d) Miyosen döneminde ve sonrasındaki konum ise, kuzeyde Torid Anotolid, ortada okyanus kabuğu (ofiyolitler) birimleri ve bunlarla bölünerek karışmış kıtasal kabuk birimlerinden oluşmuş ofiyolitli melanjlara ile, güneyde Arap – Afrika kıtası birbiri ile birleşerek kenetlenmiştir. Bu birim üzerindeki önce Eosen ve devamında Neojen havzaları, yine doğrultu atımlı fayların etkisinde kalarak açılmış ve gelişimini tamamlamıştır.



Harita 3.4. Çalışma alanının jeoloji haritası (MTA)

Bölgedeki bazı faylar aşağıda tanıtılmıştır.

3.1.1. Göksun- sürgü fayı ve fay zone

Göksun- Elbistan ovasını güneyden sınırlayan doğu- batı doğrultulu Göksu fayı, Perinçek ve Kozlu [1984] tarafından isimlendirilmiş olup, doğudan gelen Sürgü fayının devamıdır. Bu fayın kuzey bloğunda, Yüksekova birliği, Binboğa ve Nurhak as birlikleri; güney blokta ise, Misis- Andırın ara birliği, Berit ve Engizek as birlikleri yer alır. Fay'ın sol yönlü doğrultu atım gösterdiği arazi çalışmalarıyla tespit edilmiştir. Göksu fayının başlama yaşı orta Eosen sonu olup fayın aktivitesi zaman zaman devam ederek Miyosen sonunda da hareket etmiştir. Fayın en aktif olduğu dönem Oligosen olup, bu dönem de sol yönlü yanal atım kazanmıştır. Fay halen aktiftir. Fay zone şeklinde

gelişmiş Göksun fayı boyunca, yine bu ana faya paralel uzanan bir çok fay ve bindirmeler gelişmiştir. Bu fay zonu, Çiçeklidere ve Savrun fay zonunun devamı şeklinde olup, Bulgurkaya olistostromunu kuzeyden sınırlamakta ve olistostromun oluşmasında etkin rolü bulunmaktadır. Göksun fayının doğu tarafının oluşturan Sürgü fayıda halen aktiftir.

3.1.2. Çiçeklidere- savrun fayı ve fay zonu

Bu fay ilk defa Pampal [1984 ve 1986] tarafından yörede yaptığı doktora tez çalışmasında tanımlanarak Savrun fayı adı altında tanıtılmıştır. Daha sonra bu tektonik hat Kozlu [1987] tarafından Çiçeklidere- Savrun fayı olarak tanıtılmıştır. Fayın adı Kadirli kuzeyindeki Çiçeklidere ve savrun suyu yörelerinden esinlenerek isimlendirilmiştir. Bu fay Göksu fayının batı ve güneybatı devamı olup, misis-andırın havzası ile Yüksekova karmaşığı ve üzerindeki Malatya-keban metamorfiteeri arasında gelişmiştir. Çiçeklidere-Savrun fayı Neojen havzasının, kuzey ve kuzeybatısında yer alan allokon birliklerin sınırına yakın alanda gelişmiştir. Yine fay zonu şeklinde gelişmiş bu tektonik hat, sol yönlü yanal atım göstermektedir. Ters ve normal atım bileşenli birçok tektonik hatlarla temsil edilen bu fay, savrungözü yöresinde KD-GB doğrultusunu alarak güneybatıa Çiçeklidere köyüne doğru devam etmekte ve Sıtır köyü dolaylarında alüvyallarla örtülmektedir. Bu fay Neojen ve alüvyal örtü altında sıtır yerleşim birimi civarında (Kozanın doğusu), Göksu fayını kesmektedir.

Çiçeklidere-Savrun fayı, aynı zamanda Adana Miyosen havzasının açılmasıyla ilgili olan tektonik hatlardan biridir. Bu fay, Andırın yöresinde olduğu gibi Misis yöresinde de Adana havzası ile Misis-Andırın havzası arasındaki geçiş kuşağında yer almakta ve fay basamaklarından oluşmuş bir tektonik zona karşılık gelmektedir. Doğrultu atımlı fay zonlarının karakteristik özellikleri bu fay zonunda da görülmektedir. Doğrultu atımlı fay zonlarının karakteristik özellikleri bu fay zonunda da görülmektedir. Bu fayın en aktif olduğu dönem, orta miyosen başında olup, daha sonra da zaman zaman

hareketini devam ettirmiştir. Fayın, düşey ve yanal atım bileşeni büyüktür. Bu fayların da hala aktif olduğunu belirten saha gözlemleri tespit edilmiştir.

3.1.3. Göksu fayı ve fay zone

Bölgedeki önemli tektonik yapılardan biri olan Göksu Fayı, Kozlu [1987] tarafından ayrıntılı incelenerek haritalanmış ve tanımlanarak isimlendirilmiştir. Fayın güney uzantısı Misis – Andırın havzasının Üst Eosenoligosen havzası birimleri (bulgur kaya olistostromu), kuzey ve kuzeybatı tarafındaki Adana havzasıyla sınırlanmaktadır. Göksu fayının doğrultusu, Adana ve Misis arasında DKD – BKB; Kozan ve Sarız arasında, yaklaşık K – G ve Sarız Gürün arasında ise D – B istikametinde uzanmaktadır. Bu fay, bölgede gelişen büyük boyutlu faylardan biridir ve kilometrelerce devam etmektedir. Göksu fayı, orta Eosen havzalarının kapanımı ile gelişmiş önemli tektonik hatlardan biridir.

Göksu fayı, olası Kampaniyen sonunda oluşmaya başlamış ve Genç Eosen-Oligosen'de en aktif duruma geçmiştir. Bu esnada en büyük yanal atımı kazanmıştır. Mevcut veriler göre fay, Kampaniyen sonundan itibaren Miyosen sonuna kadar devamlı aktif olmuştur. Başlangıçta sağ yönlü doğrultu atımı fay niteliğine sahip [kozlu, 1987] olan bu tektonik hatta Neojen döneminde, sol yanal atım gösteren, yeniden aktif olmuş fay grupları tesbit edilmiştir. Özellikle, Göksu fayının Adana Neojen havzasına ulaştığı ve Neojen faylarıyla (çiçeklidere- savrun, kozan fayları vb.) keşiştiği yerin güney bölgesinde, bu fay kuşağındaki fayların sol yanal atım gösterdiği izlenmiştir. Fakat Adana fayı olarak tanımlanan tektonik hat, Göksu fayının eski izi olup, Adana Neojen havzası temel birimleri ile Misis-Andırın Neojen havzası temel birimlerini ayıran bir sınır fayı olarak gelişmiştir. Ancak bu tektonik hat, Miyosen ve sonrasında tekrar hareket ettiği için Adana fayı olarak yeniden tanımlanmıştır. (Bkz. harita 3.1)

3.1.4. Kozan fayı ve fay zone

Kozan fayı, Kozlu [1987] tarafından isimlendirilmiş ve tanıtılmıştır. Bu fay Kozan ilçesinin güneyinden başlamakta ve İmamoğlu'nun kuzeyinden geçerek DKD – BGB doğrultusunda Mersin'e doğru devam etmektedir. Bu fay da Çiçeklidere ve Savrun fayı gibi, Adana neojen havzasının oluşumunda etkin rolü olan önemli tektonik hatlardan biridir. Fayın başlangıç yaşı Alt Miyosen veya Üst Eosen- Oligosen olup, Orta Miyosen'de Büyük atım kazanmış ve daha sonrada aktif olmuştur. Neojen örtüsü altındaki buna benzer faylar, Adana basenindeki deniz seviyesindeki değişimleri ve çökelmeyi kontrol etmiştir. Kozan fayı, Adana Miyosen havzası yamacında gelişen, normal atım bileşenli büyük olan sol yanal atım gösteren tektonik bir hat olarak tanımlanabilir. Adana Neojen havzası sedimantasyonunu kontrol eden bu fay, savrun fayının batı uzantısı olarak da tanımlanmıştır. Bölgesel çalışmalar da Fayın günümüzde aktif olduğuna dair önemli bir ize rastlanmamıştır. Bu fay zoneun da, yer yer KD-GB ve KB-GD doğrultulu aktif fay izlerine rastlanmıştır.

3.1.5. Adana fayı

Bu fay GB'da Mersin körfezine doğru alüvyal örtü altında gizlenerek ve Adana Çimento Fabrikasının güney kenarında yüzeye çıkar. Fay, yaklaşık KD-GB doğrultusunda kuzeydoğuya doğru yine yer yer alüvyon örtü altından devam ederek Tumlu Kalesinin güney kenarından Geçerek Bucak nahiyesi civarında Çiçeklidere-Savrun Fayı ile birleşir. Bu fay güzargahında ve özellikle fayın kuzeybatı bloğu, temel birimleri, alüvyal ve toprak örtü düzlüklerinde ada gibi yükselir. Adana fayının, Göksu fayının eski izi olduğunu belirten veriler bulunmuştur.

Bu fayın kuzey tarafındaki Neojen havzası temelinde Toros kuşağına ait birimler yer alır. Halbuki fayın güney tarafındaki temel birimler, Misis-Andırın Neojen havzasının temelini oluşturan ve karışık oluşumuna katılmış melanaj birimleri yer alır. Bu sonuç, bölgede hidrokarbon aramaları yürüten

T.P.A.O'nun arşiv bilgilerinin değerlendirilmesiyle öğrenilmiştir. Bölgedeki havza sınırlarını oluşturan faylar, havzaların temel birimleri farklılığı ölçü olarak alınarak tariflenmiştir. [kozlu 1987]. Bu fay da, Üst Miyosen sonu hareket etmiştir ve günümüzde de aktif faylar arasında yer almaktadır.

Adana fayı, Bölgenin yapısal özellikleri de göz önüne alınarak, ters atım bileşenin egemen olduğu, doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlanabilir. Bölgede bu fayla ilişkili gömülü normal fayların olabileceği ve bunların D-B, KD-GB ve KB-GD doğrultusunda uzanan Adana-Mersin E-5 karayolunun kuzey tarafındaki fay, normal bileşenli olup, kuzey bloktaki Üst Miyosen-Pliyosen birimleri ile güneydeki alüviyal sınırını oluşturmuştur. (Bkz harita 3.1)

Adana fayının bilinen özellikleri günümüzde de aktif bir tektonik hat olduğu ve deprem üretebilecek faylar arasında olmasıdır.

3.1.6. Saimbeyli fayı ve fay zonu

Kozlu ve diğ.[1978] tarafından isimlendirilen bu fay, doğu toros paratokton istifinde gelişmiş olup, Göksu fayı gibi yaklaşık K-G doğrultuda uzanmaktadır. Uzun mesafeler de devam bu doğrultu atımlı fayın yaşı olası Eosen sonrası Miyosen öncesidir. Bu fayda, Göksu fayı gibi sağ yanal atım bileşenlidir. Bu fay zonu üzerinde miyosen döneminde de önemli hareketler olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu yeni hareketler, sol yönlü faylarla temsil edilmektedir.

3.1.7. Feke fayı ve fay zonu

Kozlu ve diğ. [1978] tarafından haritalanan bu fayda, Saimbeyli fayı gibi Doğu toros paraotoktonu içinde gelişmiştir. Feke fay'ında Saimbeyli fayı doğrultusunda ve ona paralel olarak uzanmaktadır. Bu fay zon şeklinde

gelişmiştir ve Saimbeyli fayıyla benzer özellikler taşımaktadır. Miyosen döneminde de hareketliliği devam etmiştir.

3.1.8. Mansurlu fayı ve fay zone

Doğu Toroslar da Dellaloğlu ve Diğ.[1981] tarafından isimlendirilmiştir. Bu fay doğu toros paraotoktonu ile Aladağ birliği'nin arasındaki bölgede gelişmiştir. Bu fayda yaklaşık Göksu fayına paralel uzanmaktadır. Miyosen öncesi hareket etmiş bu fayda muhtemelen sağa yanal atımlı faylardan biridir ve Adana havzası Miyosen çökelleriyle örtülüdür. Ancak, diğer bazı faylarda olduğu gibi (Saimbeyli, Göksu vb.) bu fay zonunda da Miyosen sonunda sol yönlü yanal atım bileşenli hareketler görülmektedir.

3.1.9. Ceyhan fayı

Bu fay Misis dağlarının kuzeybatı kenarında ve Ceyhan Nehri'nin uzantısı boyunca KD- GB doğrultuda uzanır. Bu tektonik hat üzerinde 1998 Ceyhan depremi sonrası yapılan incelemede depremin üst merkezinin (episantr) bu fay üzerinde olduğu görülmüştür. Bu fay Misis dağlarının yükselmesini sağlamıştır. Ayrıca Ceyhan nehri yatağının da bu mevki de yaklaşık fayın izini takip ettiği görülür. Bu fay Göksu ve Savrun fay zonlarının güneybatı uzantısını oluşturacak şekilde gelişmiştir. (KD-GB) bu ilişki, eski döneme ait Göksu fay zonlarındaki hareketin hala devam ettiğinin işaretidir ki Ceyhan depreminde belirgin hareket ve hasar, bu fay çevresinde meydana gelmiştir. Ceyhan fayı şimdiki özelliği ile Misis yükseliminin KB kenarının geriye dönük bindirmesi olarak yorumlanabilir. Depremi oluşturan fayın, Misis yapısal yükselimi KB kenarında oluşur, Aslantaş fay zonundaki geriye dönük bindirme hatların hareketleriyle ilgili olabileceği görülmektedir.

3.1.10. Ecemiş fayı ve fay zonu

Bu tektonik hatta ilk çalışma Arpat, E., Şaroğlu, F., [1975] tarafından yapılmış olup, daha sonra Yetiş, C., [1978] yörede ayrıntılı çalışmalar yapılmıştır. Halende birçok yerbilimci bu fay üzerindeki çalışmalarını sürdürmektedir. Ecemiş fayı, Boklar dağları ile Aladağlar arasında ve bir çöküntü alanı (koridor) olarak KD-Gb doğrultuda fay zonu şeklinde gelişmiş olup, Orta Toroslarla Doğu Torosları ayırmaktadır.

Ecemiş fayı, Miyosen öncesi ve Eosen sonrası (Oligosen'de) kıtasal kabuk içinde zon şeklinde gelişmiş sol yanal atımlı büyük boyutlu faylardan biri olarak tarif edilir. Birçok araştırmacı bu fayın toplam yanal atımının 50-60 km olduğunu belirtirler.

Bu fay Tarsus düzlüğünde Miyosen çökelleri tarafından örtülür. Fayın kilometrelerce devam eden yanal hareketi, Miyosen öncesine ait olup, Miyosen ve sonraki dönemde de önemli hareketleri gözlenmiştir. Bu fay zonunda güncel aktivitesini belgeleyen bazı ipuçları görülür. Örneğin, Çamardı yerleşim birimi civarında görülen askılı alüvyal yelpaze şekilleri gibi; ancak bu fay üzerinde önemli sayılabilecek yanal atım hareketini belirten net veriler gözlenmiştir. Sonuç olarak, birçok araştırmacının belirttiği gibi, Ecemiş fayıda eski döneme ait önemli tektonik hatlardan biri olduğuna dair görüş birliği vardır.

3.1.11. İskenderun körfezi fay zonu

Kozlu [1982] tarafından tanımlanan bu fay zonu, İskenderun havzasının açılmasıyla ilgilidir. Bu tektonik hatların bir kısmı, Amanos dağlarının batı ve kuzeybatı kenarı boyunca fay zonu şeklinde gelişmiştir. İskenderun körfezi doğrultusunda yaklaşık paralel uzanmakta olup, KKD-GGB ve K-G doğrultusundadır. Diğer fay zonu, Amanos dağlarını kateden D-B ve KD-GB doğrultulu yanal atımlı faylardır ve bu faylar birbirleriyle kesişmektedirler.

Fayların başlama yaşı Alt Miyosen sonu – Orta Miyosen başlangıcı olup, halen aktivitesini sürdürmektedir. İskenderun Neojen havzasının ve körfezin açılmasını sağlayan bu fay zone, şiddetli hareketini Tortoniyen esnasında ve erken Pliyosen sonunda geçirmiştir. Bu faylar; Aslantaş, Ölü deniz rift sistemi ile Doğu Anadolu fay sisteminin yanal hareketine bağlı olarak oluşan, yanal ve çekim (genleşme) faylarının etkisi altında kalarak evrim geçirmiştir.

İskenderun körfezindeki fayların düşey bileşenleri (listrik faylar) yanında yanal (oblik) atım bileşenleri bulunmaktadır. Fayların birçoğu, Miyosen sedimantasyonu esnasında aktifliğini sürdürmüştür. İskenderun körfezinde kıyıya paralel gelişen faylar, genelde çekim (genleşme) faylarıdır (listrik faylar). Bu faylarla kesişen ve Amanos birliğini aşip uzun mesafeler de devamlılık gösteren faylar ise yanal atım bileşenleridir ve Doğu Anadolu fayının veya Aslantaş fayının doğrultusuyla uyumludur.

3.1.12. Aslantaş fay zone

Bu fay, Kozlu'nun [1987], Misis – Andırın yöresinde yaptığı çalışmada Aslantaş Karataş fayı olarak tanıtılmıştır. Daha sonra, Karig ve Kozlu [1990], tarafından K.Maraş, Andırın ve Misis bölgesinde yaptıkları çalışmada sadece Aslantaş fay zone olarak tariflenmiştir. Bu fay zone Misis – Andırın havzası içinde ve aynı orojenik kuşağa bağlı olarak gelişmiştir.(harita 3.1). Bu fay zone günümüzde de yıkıcı deprem üretebilecek aktif fayların bulunduğu kuşaktır.

Bu tektonik hat, yaklaşan ve sıkışan levha hareketlerine bağlı olarak Anadolu –Aslantaş kıtaları kenarı boyunca gelişmiş sol yönlü doğrultu atımlı fay zoneudur. Aslantaş fay zone, Karataş ve Yumurtalık ilçeleri civarında denizden karaya çıkarak kuzeydoğuya doğru KD-GB doğrultusunda Ceyhan ilçesi çevresinden, Aslantaş barajı yöresinden ve Amanos dağlarının kuzey ucundan geçerek doğuya doğru çatallanarak devam eder. Aslantaş fay zoneunun güneybatısındaki devamı ise Kıbrıs beşparmak dağlarına kadar

uzanmaktadır. Bugün Aslantaş fay zone, bir yapısal yükselime (Misis yükselimi) ve bu yükselime paralel uzanan birçok bindirme bileşenli faylarla temsil edilmektedir. Bu yükselim alanında ve çevresinde, doğrultu atıma bağı olarak hem bindirme ve hem de normal bileşenli tali faylar gelişmiştir. Aslantaş fay zone, halen aktif oluşu nedeniyle, bölgede deprem kaynağı açısından fayların en önemlisini oluşturmaktadır. Bölgedeki birçok fay, bu yükselim hattı ile kesişmektedir. Buradan da anlaşılacağı gibi bu zone üzerindeki herhangi bir fayın hareket etme olasılığı oldukça yüksektir.

Aslantaş fayının sol yanal atım etkisiyle Sarıkeçeli- Karatepe, Bostanlı- Çuhadarlı, Yumurtalık ve Yenice kale bindirimleri oluşmuştur. Aslantaş fayı söz konusu bu bindirme bileşenleri ile birlikte tipik bir pozitif lale yapısı (Positive Flower Structure) göstermektedir. Fayın başlangıç yaşı muhtemelen Oligosen Erken Miyosen'dir. Ayrıca bu hat aktif kıta kenarında geliştiği için Neojen döneminde ve günümüzde sürekli aktif olmuştur. Bu fay zone bölgede depremlere neden olan ve halen deprem üretebilecek aktif fayların yoğun bulunduğu tektonik kuşağa karşılık gelmektedir.

3.2. Bölgesel Jeoloji

Çalışma alanımızın jeoloji haritasına bakıldığında Kuzey- Kuzey Doğu yönünden paleozoyik mesozoyik yaşlı Toros dağ kuşağı birimleriyle, Güney – Güney Doğu yönünden ise Arap – Afrika plakasının yine paleozoyik – mesozoyik yaşlı birimleriyle çevrili olduğu görülür. Bu dağ kuşakları arasında Adana ve İskenderun neojen havzası bulunmaktadır. Bu iki havza arasında kuzeydoğu güneybatı doğrultusunda uzanan ince bir kuşakta ise, Misis – Andırın havzası bulunmaktadır. Bu kuşak üzerinde oligosen – miyosen yaşlı karmaşık istifleri bulunmaktadır. Bu kuşak üzerinde oligosen – miyosen öncesi temel birimlerin irili ufaklı bloklarını içeren oliditostromal ise tektono – sedimenter nitelikli Misis – Andırın karmaşığı yer almaktadır. Bu karmaşık alan, Anadolu plakası ile Arap Afrika plakası arasında yer alan kıta sınır bölgesine karşılık gelir. Bu nedenle bu koridor, yaklaşan kıta kenarı

özelliklerini sunan tip örneklerin bulunduğu bir alan olarak tariflenebilir. Bu bölge geçmişten günümüze dahil olmak üzere günümüze kadar kıta hareketlerine bağlı olarak aktivitesini devam ettirmiştir. Adana neojen havzası temelinde Anadolu plakasına ait paleozoyik – mesozoyik yaşlı birimler bulunur. İskenderun neojen havzası temelinde ise miyosen öncesi Arap – Afrika kıtasına ait birimler vardır. Misis – Andırın havzasının temel birimleri ise Arap – Afrika ve Anadolu kıtası arasında yer alan Neotetis okyanusuna ait ofiyolitli melanj (Üst krestase yaşlı) ve bunların örtü birimleri olan paleojen birimler yer alır. (harita 3.2)

İnceleme alanında yerleşim birimleri alüviyal düzlükler üzerinde kurulmuştur. Birçok yerleşim birimi kum, çakıl, mil, kil gibi suya doymuş alüvyon zemin oldukları için özellikle ince kum birimlerinde sıvılaşma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle depremlerde büyüme ve sıvılaşmaya ağır hasarlar beklenmelidir.

3.3. Bölgenin Genel Zemin Özellikleri

Bölgede, zemin özelliklerine genel olarak iki gruba ayrılarak incelenebilir. Bunlar temel birimleri olarak tariflenen Oligosen ve Neojen yaşlı kırıntılı istifler ile Kuvater döneminde oluşan alüviyal zeminlerdir.

Bölgenin jeolojik haritası incelendiğinde büyük bir alanın alüviyal zemin ile kapalı olduğu görülür. Neojen istifleri, daha ziyade Adana ilinin kuzey alanlarda yüzeylemektedir. Yani, Tarsus-Adana E-5 karayolunun kuzey bölgesinde, Adana'nın, batı, kuzeybatı tarafında yüzeylemektedir. Adana ili ve yakın çevresinde temel birimler, Adana Neojen havzasına ait gevsek tutturulmuş çakıltası, kumtaşı, miltaşı ve kiltaşı ardalanmasından oluşan çökel istiftir.

Ceyhan ve yakın çevresindeki temel birimleri ise, Misis (Yakapınar), Doruk, Yumurtalık, Dokuztekneler, Sarımaç ve Karataş vd. yerleşim yerleri çevresinde yer alır. Bu yörelerde, Bulgurlukaya Olistostromuna ve

Miyosen çökellerine ait gevşek tutturulmuş çakıltası düzeyleri içeren kumtaşı, miltaşı ve kiltası ardışığından oluşan istifdir. Bu temel birimler, yörede alüvyal örtü altından yükselen engebeli bir topografyayı oluşturur. Bu bölgede geniş bir alan Ceyhan nehrinin yatak değiştirmesi sonucu oluşan genç alüvyalarla (kum, çakıl, mil, kil) ve toprak örtü ile kaplıdır.

Gerek Adana çevresindeki, gerekse Misis yöresindeki temel birimler üzerinde nemli ikliminin ürünü olarak kimyasal çökelen ve yörede "Kaliçi" olarak tanımlanan karbonatça zengin sert örtü tabakası bulunur. Bu bölgeye özgü kaliçiler, hemen hemen tüm temel birimleri üzerinde gelişmiştir.

İnceleme alanında yerleşim birimleri, özellikle köy, kasaba ve ilçe yerleşimleri, alüvyal düzlükleri üzerinde kurulmuştur. Ceyhan ilçesi yerleşim alanında bu gibi suya doymuş alüvyal zemin üzerindedir. Adana ilinin güneyi yani, eski Adana (Seyhan) alanı da Seyhan nehri deltası alüvyalları üzerinde yer alır. Adana'nın yeni yerleşim alanları ise, kuzey, kuzeybatı ve kuzeydoğu yönde geliştiği görülür. Bu bölgeler, Pliyosen yaşlı kumtaşı ve şeyil zeminler üzerindedir.

Eski Adana yerleşim alanı (Adana'nın güney bölümü-Seyhan nehrinin alüvyal düzlüğü), Ceyhan ilçesi ve ovadaki birçok yerleşim birimi ve sanayi tesisleri, kum, çakıl, mil, kil gibi suya doymuş alüvyal zeminde oldukları için, sivilaşma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle depremlerde ağır hasarlara neden olabilir. Dolayısıyla, bu gibi yerleşim birimleri bölgesinde oluşabilecek depremlerde, yapı hatalarının yanında, yapı temelindeki zeminin özelliklerinden kaynaklanan olumsuzluklarla birleşerek hasarların boyutları büyük olacaktır. Nitekim, bu olaylar, 17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce depremlerinde bariz bir şekilde görülmüştür.

Bölgede, bundan sonra dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, yeni yerleşim alanlarının mutlaka temel birimlerinin yüzeyletiği bölgelerde seçilmesidir. Yeni yerleşim arazileri seçilirken büyötmeye ve sivilaşmaya eğimli zeminler ve aktif fay kuşakları dikkate alınmalıdır. Bölgenin jeolojik özellikleri dikkate alındığında, Ceyhan, Yumurtalık, Karataş ilçe sınırları içinde yeni yer seçiminde güçlüklerle karşılaşılacaktır. Zira bu yerleşim birimlerinin yakınında depremlere karşı güvenli bir alan bulmak, aktif fayların yoğun oluşu nedeniyle güçtür. Buralarda takip edilmesi gereken yol, bölgenin aktif fay haritası göz önünde tutularak, yeni yerleşim yerlerinin belirlenmesinde temel birimlerin yüzeyletiği alanlara yönelmektir. Zira Misis yükselimindeki temel birimleri (bloklı Bulgorkaya Olistostromu, Aslantaş, ve Karataş formasyonları) alanı, deprem dalgalarına karşı, alüvyallarla kapalı zeminlerden daha güvenlidir. Suyla doygun alüvyal zeminler üzerinde inşa edilen her türlü yapıyı, özellikle büyük depremler esnasında zemindeki sivilaşma olaylarından korumak mümkün değildir. Halbuki tanımlanan temel birimleri, depremler esnasında sivilaşma olaylarından etkilenmeyecektir. Bu gibi zeminlerde oluşacak hasarlar, yapının proje, malzeme, işçilik, yükseklik vb. hatalarından kaynaklanacaktır ki, bunun da önlemini almak olanaklıdır.

Çukurova yöresinde alüvyal düzlüklerinde yer alan yerleşim birimleri ve sanayi yapıları, olası büyük bir depreme karşı korunmaları için, mevcut yapı temel zeminlerini iyileştirme yoluna gitmelidir. Şayet bunun gibi zayıf zeminlerde yeni yapılar inşa edilecek ise, zemine uygun yapılaşma ilkelerine titizlikle uyulmalıdır. Doğal olarak deprem hasarlarından korunmaya karşı en güvenli önlemin birinci koşulu, yüzeye yakın yeraltı suyu bulundurmıyan ve aktif faylardan uzak, sağlam zeminlerin yerleşim alanı olarak seçilmesidir [Kozlu, 2001].

3.4. Depremsellik

3.4.1. Tarihsel dönem (1900)

Çalışma bölgesinde tarihsel dönemde meydana gelen depremler araştırılırken H. Soysal, S. Sipahioğlu, D. Kolçak, ve Y. Altınok'un hazırlamış olduğu " Türkiye ve Cevresinin Tarihsel Deprem Katoloğu" , Amraseys ve Jackson [1989], Amraseys ve Finkel [1995], International Atomic Energy Agency Seismic Catalogue of Turkey" Maden Teknik Arama Enstitüsü kaynakları ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Dairesi kaynaklarından yararlanılmıştır.

Çalışma bölgesi merkez seçilmek suretiyle bu bölgeye sınır olan diğer deprem bölgelerinde tarihsel kayıtlar, birçok yıkıcı depremin meydana geldiğini göstermektedir. Yapılan çalışmalarda bölge ve çevresinde tarihsel süreç içerisinde meydana gelen depremlerin birçok yerleşim birimini harap edip insanların ölümüne neden olduğunu görülmektedir. Tarihsel kayıtlara ulaşmak için yapılan mitoloji çalışmasında bölge üzerinde yaşayan medeniyetler M.Ö. ve M.S. olmak üzere,

M.Ö. 2250 Akad İmp., 1800 - 1575 Huriler, 1275 Hitit İmp., 1080 – 820 Neo – Hititler, 670 Asur İmp., 560 Lidya – Kikya, 515 – 375 Pers İmp., 323 İskender İmp., 305 Antigonos İmp., 270 – 44 Selevkaslar Krallığı, 44 Ptolemaioslar Krallığı (Kapadokya), 14 Kapadokya,

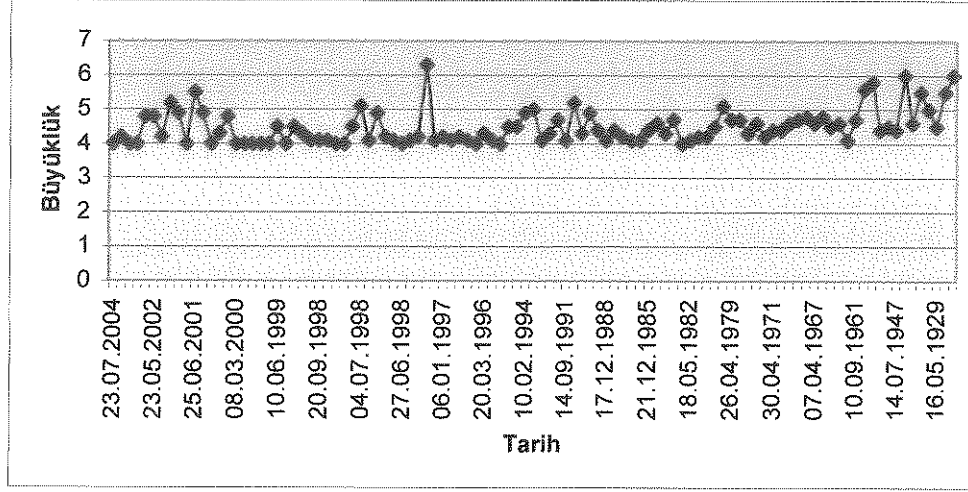
M.S. 79 – 406 Roma İmp., 420 – 626 Doğu Roma İmp., 651 – 1071 Bizans İmp., 1092 Selçuklu Sultanlığı, 1100 - 1212 Anadolu Selçuklu Sultanlığı, 1230 – 1401 Kikya Krallığı, 1430 - 1520 Dulkadir Beyliği, Ali Koyunlular, Mısır Memluk Sultanlığı, 1520 – 1923 Osmanlı İmp., 1923 ve günümüz Türkiye Cumhuriyeti Olarak belirlenmiştir.

3.4.2. Aletsel dönem (1900 ve sonrası)

Bölge üzerinde 1900 sonrası meydana gelmiş depremler aşağıda tablo ve grafiklerde gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Tarihsel deprem kayıtları tablosu

Tarih	Enlem	Boylam	Büyüklik	Derinlik
290	37.06	35.8	6.3	-
524	37.2	35.9	6.3	-
1268	37.27	35.5	6.2	-
1855	37.06	35.75	5.4	-
1896	36.9	35.3	5.4	-
1933	37	35.5	5	30
1945	37.11	35.7	6	60
1951	36.58	35.85	5.7	50
1952	37.25	35.65	5.6	70
1964	36.81	35.33	4.6	4
1966	36.84	35.92	4.8	58
1967	37.4	36.2	5.3	32
1987	37.02	36.02	4.2	10
1994	36.97	35.83	4.3	17
1994	37	35.84	4.8	26
1998	36.85	35.55	6.3	23



Şekil 3.1. Aletsel dönem zaman magnitüd ilişkisini gösteren grafik

3.5. Paleosismoloji

Bölgenin geneli üzerinde yapılan jeolojik ve sismolojik araştırmalar sonucu elde edilen veriler doğrultusunda yapılan büro çalışmalarında Akçaluşağı (Kozan) Fay hattı üzerinde paleosismolojik amaçlı kazının yapılacağı kesimler belirlenmiştir.

Belirlenen bölgenin, iki aktif fay tarafından sınırlanmış, bu faylar arasında yaklaşık genişliği 1 km olan kalın bir alüvyon tabakasından oluştuğu gözlenmiştir. Aktif iki fay arasında kalan alüvyon tabakasının her iki tarafında ki bu aktif faylarda sol yanal doğrultu atım gözlenmiştir. Bölgenin KD' sunda bulunan Akçaluşağı köyünün batı kısmında yer alan doğrultu atımlı fay vadisi (Resim 3.1) üzerinde yapılan çalışmada paleodepremler hakkında veri sağlanabilmiş ve ayrıca faylanma mekanizması ve deformasyon miktarı gibi bilgilere ulaşılmıştır. Arazi çalışmalarında yarma kazısı yapılarak fay hakkında bilgiler toplaya bileceğimiz yüzeyler oluşturulmuştur. Yapılan yarma kazısının hendek metodundan farkı ise hendeklerdeki gibi iki yüzey üzerinde değil yalnızca bir yüzey üzerinde çalışma imkanının olmasıdır. Yarma kazısı sonucu ortaya çıkan yüzeyde, daha önce yüzey kırığı oluşturmuş

paleodepremleri temsil eden noktalar belirlenmiş. Bu noktalardan radyokarbon (C-14) örnekleri alınarak paleosismolojik olaylar yaşlandırılmıştır.

Akçaluşağı köyü batısında ki ana fay kolu üzerinde yapılan yarma kazısında yüzey kırığı meydana getiren ($M \geq 7$) toplam bir adet paleosismik olay saptanmıştır. Yapılan paleosismolojik kazıda tarihsel dönemde meydana geldiği bilinen büyük deprem izlerinin tamamı ortaya çıkmamıştır. Bunun nedenlerini ise, tarihsel kayıtlarda ki belirsizlikler, fay kollarının alüvyal birimlerce örtülmesi ve bazı hasar yapıcı depremlerin yüzey kırığı oluşturmamış olması ya da hızlı erozyonun deprem izlerini silmesi gibi faktörler oluşturmaktadır. Yapılan kazı çalışmasında yüzey kırığı izi oluşturan depremin yaşı iz seviyesinde alınan radyokarbon (C-14) numunesinin laboratuvar sonuçlarıyla 2110 ± 70 BP olarak saptanmıştır. Fakat yukarıda da belirtildiği gibi yüzey kırığı oluşturan 2. bir deprem izine rastlanılamadığı için tekrarlanma aralığı hakkında herhangi bir hesaplama yapılamamıştır. Ancak bölgeye komşu segmentlerde yapılan çalışmalar incelendiğinde bulunan deprem yaşının tutarlılık gösterdiği görülmüş ve deprem tekrarlanma aralığı uygunluğu gözlenmiştir. Bölgenin mitolojisi ve tarihçesi incelendiğinde ise bulunan depremin etkileri olabilecek bir takım tarihsel bilgiye ulaşılmıştır.

Yapılan çalışmalarda yapısal özellikler ile birlikte jeolojik, morfolojik ve sismolojik veriler kullanılarak fayın yaşı, toplam atımı ve etkinliği konusunda bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır. Bu anlamda fayın kayma hızı hesaplamaları yapılmadan önce bölge üzerinde yapılmış kayma hızı hakkında ki çalışmalar incelenmiştir. Bu incelemeler sonucu bölge üzerinde yapılan çalışmaların çoğunun farklı yöntemlerle yapıldığı ve değişik sonuçlar içerdiği saptanmıştır. Jeolojik veriler kullanarak Dewey ve diğ. [1986] 1.7 mm/yıl, Yürür ve Chorowicz [1998], 7.8 -9 mm/yıl, Lyberis ve diğ [1992], 19 mm/yıl, Westaway [1994], 14 mm/yıl Westaway ve Arger [1996], 19 mm/yıl, Barka ve Kandinsky-Cade [1988], 5 mm/yıl, Güneyli [2002], 14 mm/yıl,

ayrıca jeolojik ve plaka tektoniği verilerini birlikte değerlendirerek Jackson ve Mckenzie [1984], 34 mm/yıl kayma hızı bulmuştur. Ayrıca sonlu elemanlar yöntemi ile 6 mm/yıl kasapoğlu [1987], sismik verileri kullanarak 29 mm/yıl [Taymaz ve diğ. 1991], ve GPS yöntemi ile 9 ± 1 mm/yıl [McClusky ve diğ., 2000], 10 mm/yıl [oral ve diğ., 1992] ve 15 mm/yıl [Reilinger ve diğ., 1997]'lik kayma hızları hesaplamıştır.

Yaptığımız çalışmalarda fayın Akçaluşağı ilköğretim okulunun batısında kalan kısımda yaklaşık 35m sol yanal doğrultu atımlı öteleme meydana geldiği görülmüştür. Doğrultu atımın açık bir şekilde izlenebildiği bu kesimde yapılan paleosismolojik kazı çalışmasında alınan yaşlandırma (C-14) örneği 2110 ± 70 BP yaş vermiştir. Jeolojik ve paleosismolojik yöntemlerle saptanan bu iki veriden eşit olmayan standart sapma metodu [Geyh ve Schliecher, 1990] kullanılarak segmentin GB'sında sol yönlü yanal kayma hızı yaklaşık olarak 14.2 ± 3.8 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Fakat bu hesaplamanın sağlıklı olabilmesi için en az iki farklı nokta üzerinde de hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Ancak bulunan sonucun daha önce bölge üzerinde yapılan çalışmalarda ki sonuçlarla örtüşmesi yapılan çalışmanın bir tür sağlaması olarak kullanılmıştır.



Resim 3.1. Akçaluşağı Fayı



Resim 3.2. Akçaluşağı Fayı KD

3.5.1. Sismik aktivite

Deprem tehlikesinin belirlenmesi yalnızca geçmiş depremlerin tanınmasına değil aynı zamanda bu depremlerin büyüklükleri hakkında bilgiler edilmesine de bağlıdır. Tarihsel öncesi deprem olayların magnitüdlerini tayin etmede kullanılan geleneksel metot, o yerdeki maksimum ötelenme miktarını saptamaktır ve bu ötelenme miktarını, magnitüdü bilinen bir depremin ötelenme miktarıyla karşılaştırmaktır. Ayrıca, fay doğrultusu boyunca ötelenme miktarı, kısa mesafeler içerisinde on kat veya daha fazla değişebilir ve birçok paleosismik çalışma, belli bir yerde detaylı veriler elde eder. Bu yüzden tarihsel öncesi depremlerin magnitüdlerine, önemli belirsizlikler içeren birer tahminler olarak bakılmalıdır.

Sismik risk

Aktif faylar üzerinde oluşması muhtemel en büyük deprem büyüklüklerinin önceden belirlenmesi bu konuyla ilgili çalışmalar yapan bilim dallarının en önemli hedeflerinden biridir. Bu konu hakkında günümüze kadar ve günümüzde birçok çalışmalar yapılmış ve yapılmasına devam edilmektedir.

Deprem büyüklüğü belirleme analizlerinde ilk adımını “ karakteristik deprem”, “maksimum deprem”, “maksimum güvenilir deprem”, “saçılmış deprem” gibi tahmin edilmeye çalışılacak sismik tehlike tipinin tanımlanması oluşturur. [depolo ve Slemmons, 1990].

Karakteristik Deprem, fay segmentleri üzerinde benzer büyüklükte ve tarzda tekrarlanan depremler için kullanılan bir terimdir. [Scwartz ve Diğ., 1981].

Maksimum deprem, bir sismik kaynağın belirli bir zaman aralığı içerisinde oluşturulması beklenen en büyük deprem olarak tanımlanır. [Scwartz, 1981]. Günümüzde maksimum deprem terimi, bir fayın büyüklük (magnitüd) – tekrarlanma aralığı dağılımında oluşan en büyük depremi ifade etmekte olup fay parametrelerinin karşılaştırılması, kaynak tanımlamaları ve tarihsel sismisite gibi jeolojik ve sismolojik metotlar kullanılarak bulunur. [dePolo ve Slemmons, 1990]

Maksimum güvenilir deprem, bir bölge ya da bir fay boyunca oluşma ihtimali var olan en büyük veya maksimum depremi ifade eden bir terimdir. Maksimum depremden zamandan bağımsız olması ile ayrılır. Bu terim genelde uzun ömürlü ve yüksek riskli mühendislik projelerinde kullanılmaktadır. [dePolo ve Slemmons 1990]

Saçılmış depremler, genellikle belirli faylarla ilgili olmayan yerel depremselliğe bağlı deprem tehlikesini ifade etmekte olup küçük veya orta büyüklükte sarsıntılardır. [dePolo ve Slemmons, 1990].

Yukarıda anlatılan deprem tahmin modellerinden, belirli bir zaman diliminde sismik bir kaynağın oluşturabileceği en büyük depremi temsil ettiğinden en yararlısı maksimum deprem büyüklüğüdür. Maksimum deprem büyüklüğünün tahmininde ise deprem kırığı (fay) alanı, ötelenme miktarı ve deformasyon oranı, tarihsel sismisite, deprem kırığı uzunluğu ve deprem büyüklüğü verileri kullanılmaktadır.

Maksimum ötelenme ve deprem büyüklüğü metodu

Yüzey kırığı oluşturan bir depremde meydana gelen ötelenme değerini deprem büyüklüğüne dönüştürmek için sayısal bir ilişki kullanılır. Öteleme – deprem büyüklüğü ilişkileri ile yüzey kırığı – deprem büyüklüğü ilişkileri benzer değerlendirmelere sahiptirler. [dePolo ve Slemmons, 1990]. Bu konuda yapılan son çalışmalardan birinde Wells ve Coppersmith [1994], tarafından

$$M = 6.69 + 0.74 \log(MD) \quad (3.1)$$

bağıntısı geliştirilmiştir. Bölge üzerinde yapılan çalışmada yüzey ötelenmesi hakkında bilgi sahibi olabileceğimiz nokta üzerinde 10.3 m sol yanal ötelenme ölçülmüştür. Aktif fay zonlarında benzer büyüklükteki segmentler üzerinde yüzey kırığı oluşturan depremler sırasında gelişen yanal ötelenmeler değerlendirildiğinde 10.3 m'lik ötelenmenin 3 ya da 4 aşamada gerçekleştiğini söyleyebilir. Wells ve Coppersmith, (1994) yüzey kırığı uzunluğu (SRL) maksimum ötelenme (MD) arasındaki ilişkiyi açıklamak için

$$\log(MD) = -1.38 + 1.02 \log(SRL) \quad (3.2)$$

Bağıntısını geliştirmiştir. Buradan yola çıkarak, segmentin ortalama 37 km uzunluğa sahip yüzey kırığının (SRL) olduğu göz önüne alınarak $M = 6.9$ olarak bulunmuştur..

Deformasyon oranı – Deprem büyüklüğü metodu

Deformasyon oranı yöntemi paleosismolojik, jeolojik, jeodetik ve tarihsel yüzey ötelenmelerinin incelenmesi ve sismik deformasyon oranı ile deprem büyüklüğü değerlerinin saptanmasına bağlı bir metottur. Deformasyon oranı verileri, uzun süreli, orta süreli ve güncel zaman dilimlerini içeren oldukça geniş zaman dizilerinden elde edilir. Uzun süreli veriler çok sayıda depremin ortalamasından saptanır. Fakat zaman periyodu çok fazla uzun olduğundan bu süreçte sismotektonik rejimin değişmiş olması riski vardır. Bu nedenle uzun süreli deformasyon oranlarının kullanılmasında ciddi yanılgılar ortaya çıkabilir. Orta süreli deformasyon oranları yüz binlerce ve on binlerce yıllık zaman aralıklarından elde edilir. Orta süreli deformasyon oranları sismotektonik çalışmalar için birincil önemde verileri oluşturur. Bunlar jeolojik, paleosismolojik ve jeodetik verilerden elde edilir. Toplam deprem momentleri, sismik deformasyon oranını verecek yüksek sismisite veya büyük depremler oluşan bölgeler için hesaplanır. Tüm bu üç zaman aralığından elde edilen bilgiler, sismik bir kaynağı tanımlamak için son derece önemlidir. [dePolo ve Slemmons, 1990]. Deformasyon oranı – magnitüd arasındaki ilişkiyi belirlemek için

$$M_s = 7.223 + 1.263 \log S \quad (3.3)$$

Bağıntısı geliştirilmiştir. [Schwartz ve Diğ., 1984]. Bağıntıda S, mm cinsinden yıllık kayma hızını göstermektedir. Akçaluşağı fay hattı üzerinde hesapladığımız 14.3 mm/yıl'lık kayma hızı formülde değerlendirildiğinde segment üzerinde meydana gelebilecek maksimum deprem büyüklüğü $M_s=8.6$ olarak bulunmaktadır. Bu ilişki daha yüksek kayma hızına sahip faylar için kullanılmakta olup düşük kayma hızına sahip faylarda bir takım hatalar vermektedir.

Sismik moment- Deprem büyüklüğü metodu

Bu yöntem, deprem büyüklüğü tahmininde en fazla veriyi gerektiren bir metot olup sismik teoriler ve gözlemler ile en yeterli şekilde desteklenen bir yaklaşım sağlar. Deprem büyüklüğü, sismik moment ve magnitüd ile temsil edilebilir. Sismik moment sismograflardan tahmin edilebilir ve sismolojik veriler ile jeolojik bilgiler arasında bir bağlantı kurulmasını sağlar. [dePolo ve Slemmons, 1990]. Deprem büyüklüğü ve fay kırığı parametreleri arasındaki anlamlı bir fiziksel bağlantı sismik momenti (M_0) saptamamızı sağlar. Bu ilişki,

$$M_0 = \mu DA \quad (3.4)$$

Bağıntısı ile formülleştirilmiştir. Formülde ki μ kesme modülü (genelde $3 \cdot 10^{11}$ dyn/cm² olarak alınır) D fay boyunca oluşan ortalama ötelenme oranı, A ise kırılan fayın yüzey alanıdır. [Hanks ve kanamori, 1979, dePolo ve Slemmons, 1990.] sismik momentin magnitüde dönüşümü,

$$M = 2/3 \log M_0 - 10.7 \quad (3.5)$$

Bağıntısı ile ifade edilmektedir. [Hanks ve kanamori, 1979, dePolo ve Slemmons, 1990.]

Deprem kırığı uzunluğu – Deprem büyüklüğü metodu

Bu yöntem deprem büyüklüğünün, fayın uzunluğunun logaritması ile doğru orantılı olduğu kabulüne dayanan bir metottur. Wells ve Coppesmith [1994]'nin geliştirdiği

$$M = 5.08 + 1.16(\log L) \quad (3.6)$$

Bağıntı, karakteristik ve maksimum deprem tahminlerinde doğrudan kullanılmaktadır. Burada L, km cinsinden fay uzunluğunu temsil eder. Akçaluşağı fayı uzunluğu 37 km olduğu dikkate alınarak bağıntıda L değeri

37 km olarak yapılan hesaplamada maksimum deprem büyüklüğü $M_s=6.9$ olarak bulunmaktadır.

Fay alanı – Deprem büyüklüğü metodu

Fay alanı – magnitüd ilişkileri deprem büyüklüğü tahmininde yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Bu yöntem yüksek deprem potansiyeline sahip derin sismojenik fay zonlarında yararlı sonuçları vermektedir. [dePolo ve Slemmons, 1990]. Wyss [1970], [Singh ve Ark.1980] ve [Bonilla ve Ark. 1984], deprem büyüklüğü ile fay arasında sayısal ilişkiler geliştirmiştir. [dePolo ve Slemmons, 1990]. Wyss [1979], magnitüd ve fay alanı arasındaki ilişkileri ortaya koymak için yaptığı çalışmada $M<5.6$ depremler için

$$M=\log A + 4.15 \quad (3.7)$$

$M>5.6$ depremler için 0.3 birim magnitüd hata payı ile

$$M=0.93\log A + 4.38 \quad (3.8)$$

Bağıntılarını geliştirmiştir. Bağintıda A, km^2 cinsinden fay alanını temsil eder. Fay alanının hesaplanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta deprem üreten fayın eğimi boyunca kırılman olabildiği sismojenik derinliğinin doğru tahmin edilmesidir.

Wyss [1979]'in bağıntıları daha sonra yapılan bazı çalışmalarla geliştirilmiş, son olarak Wells ve Coppersmith [1994], fay alanı – magnitüd ilişkileri

$$M=4.07 + 0.98\log A \quad (3.9)$$

Şeklinde formüleleştirilmiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Doğu Anadolu Fay hattının bir parçası olan Savrun fay zonu üzerinde bulunan Akçaluşağı (kozan) aktif fay hattının depremselliğinin incelenmesi amacıyla yapılan bu araştırmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

1. Yapılan büro çalışmaları sonucu paleosismolojik amaçlı kazının yapılacağı kesimler belirlenmiş. Belirlenen bölgenin iki aktif fay tarafından sınırlandırıldığı ve bu faylar arasında yaklaşık genişliği 1km olan kalın bir alüvyon tabakasından oluştuğu gözlemlenmiştir
2. Çalışma sonucunda fayın Akçaluşağı ilköğretim okulunun batısında kalan kısmında yaklaşık 35m sol yanal doğrultu atımlı öteleme meydana geldiği görülmüştür.
3. Doğrultu atımının açık bir şekilde izlenebildiği bu kesimde yapılan paleosismoloji kazı çalışmasında alınan yaşlandırma (C-14) örneği 2110 ± 70 BP yaş sonucunu vermiştir. Fakat yüzey kırığı oluşturan 2. bir deprem izine rastlanılamadığı için tekrarlanma aralığı hakkında herhangi bir hesaplama yapılamamıştır. Bunun nedenlerini ise, tarihsel kayıtlarda ki belirsizlikler, fay kollarının alüvyal birimlerce örtülmesi ve bazı hasar yapıcı depremlerin yüzey kırığı oluşturmamış olması ya da hızlı erozyonun deprem izlerini silmesi gibi faktörler oluşturmaktadır.
4. Eşit olmayan standart sapma metodu kullanılarak segmentin GB'sında sol yönlü yanal kayma hızı yaklaşık olarak 14.2 ± 3.8 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.
5. Fay parametereleri kullanılarak yapılan maksimum deprem büyüklüğü bağıntıları ile segment üzerinde belirli zaman aralıklarında oluşabilecek maksimum olası deprem büyüklükleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamada

fay üzerinde yaklaşık olarak 6.9 -7.2 büyüklükte depremlerin meydana gelebileceği belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Aksu, A.E., Calon, T.J., Piper, D.J.W., Turgut, S. and Izdar, E., "Architecture of late orogenic Quaternary basins in northeastern Mediterranean Sea." *Tectonophysics*, 210, 191-213 (1992).

Ambraseys, N.N., "Some characteristic features of the Anatolian Fault Zone." *Tectonophysics*, 9, 143-165 (1970).

Ambraseys, N.N., "Value of historical records of earthquakes." *Nature*, 232, 375-382 (1971).

Ambraseys, N.N., "Temporary seismic quiescence: SE Turkey." *Geophys. Jour.*, 96, 311-331 (1989).

Ambraseys, N.N. Ve Finkel, C.F., "The seismicity of Turkey and adjacent areas, A Historical Review," *Academic Press*, İstanbul, 240s (1995 1500-1800).

Andrew, D.J., and Hanks, T.C., "Scarp degraded by linear diffusion-inverse solution for age." *Jour. Geophysical Research*, v.90 10193-10208 (1985)

Ambraseys, N.N. And Jackson, A., "Faulting associated with historical and recent earthquakes. in the Eastern Mediterranean region." *Geophys. Jour. Int.* 133, 390-406 (1998).

Arpat, E. Ve Şaroğlu, F., "Doğu Anadolu Fayı ile ilgili bazı gözlem ve düşünceler." *MTA Bült.*, 73, 1-9 (1972).

Arpat, E. Ve Şaroğlu, F., "Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar." *TJK Bült.*, 18/1, 91-101 (1975).

Arpat, E., "Karakaya barajı çok büyük depremlerle sınanacaktır." *Yeryuvarı ve İnsan* 2/1, 59-62 (1977).

Barka, A.A. And Kadinsky-Cade, K., "Strike-slip fault geometry and its influence on earthquake activity." *Tectonic's*, 7/3, 663-684 (1988).

Bonilla, M.G., Mark, R.F., And Lienkaemper, J.J., "Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length and surface fault displacement." *Bull. Seism. Soc. of Amer.*, 74, 2379-2411 (1984).

Crone, A.J., "Summary of discussion session, recognition of paleoseismic events in the geologic record; in Crone, A.J., E.M. eds., Proceeding of conference xxxix- direction in paleoseismology." *Geological survey open-file report* 87-673 (1987).

Crowell, J.C., "Origin of late Cenozoic basins in Southern California in: Tectonic and Sedimentation." *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.*, 22, 190-204 (1974).

Davis, G.H., And Reynolds, S.T., "Structural geology of rocks and regions." *Academic Press, John Wiley and Sons, inc, USA*, 776 p (1996).

Depolo, Cm., And Slemmons, D.B., "Estimation of earthquake size for seismic hazards. Krinitzsky, in E.L., and Slemmons, D.B., (eds.). Neotectonics in earthquake evaluation." *Review in Engineering Geology, Ill. The Geol. Soc. Amer., Boulder, Colorado* (1990).

Demirtaş, R., "Paleoseismology of the North Anatolian Fault; A case study in the Mudurnu Valley Segment, Bulletin of International Institute of Seismology and Earthquake Engineering, Individual Studies by participants at *the IISEE Ministry of Construction*, vol 31 (1995)

Demirtaş, R. "Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Abant-Gerede Arasında kalan Bölümünün Neotektonik Özellikleri ve Paleosismisitesi" *A.ü. Fen Bilimleri Ens.* 1-211 (2000)

Dewey, J. Ve Şengör, A.M.C., "Aegean and surrounding regions: complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone," *Geol. Soc. Am*, 66, 843-868 (1979).

Dewey, J., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., And Şengör, A.M.C., "Shortening of Continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia: a young collision zone." *Collision Tectonics*, 19, 3-36 (1986).

Egeran, N. Ve Lahn, E., "1/2.400.00 mikyaslı Türkiye yerdepremi haritası hakkında muhtıra." *MTA Bült.*, 2/32, 270-278 (1944).

Ergin, K., Güçlü, U. Ve Uz, Z., "Türkiye ve civarının deprem kataloğu." *İTÜ, Arz Fiziği Enstitüsü yayınları*, 24, 1-28 (1967).

Harding, T.P. And Lowell, J.D., "Structural styles, their plate-tectonic habitats, and hydrocarbon traps in petroleum provinces." *Amer. Assoc. Pet. Geologists Bull.*, 63, 1016-1058 (1979).

Hempton, M.R., And Şengör, A.M.C., "The East Anatolian transform . fault: its age, offset and significance in the neotectonics of the eastern Mediterranean." *Eos Trans. Amer. Geophys. Un.*, 61, s360 (1980).

Hempton, M.R., And Dewey, J.F., "Earthquake-induced deformational structures in young lacustrine sediments, East Anatolian Fault, southeastern Turkey." *Tectonophysics*, 98, 7-14 (1983).

Hempton, M.R., "Results of detailed mapping near Lake Hazar (Eastern Taurus Mountains). Geology of Taurus belt: International symposium proceedings, Ankara, Turkey," *MTA Blt.*, 233-228 (1984).

Hempton M.R., And Dunne, L.A., "Sedimentation in pull-apart basins: Active examples in Eastern Turkey." *Jour. Geol.*, 92, 513-530 (1984).

Hempton, M.R., "Structure and deformation history of Bitlis suture near Lake Hazar, southeastern Turkey." *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, 233-243 (1985).

Hempton, M.R., "Constraints on Arabian plate motion and extensional history of Red Sea." *Tectonics*, 6, 687-705 (1987).

Herece, E. Ve Akay, E., "The East Anatolian fault between Karlıova and Çelikhan." *Türkiye 9. Petrol. Kong., Ankara*, 361-372 (1992).

Jackson, J. And Mckenzie, D., "Active tectonics of the Alpine-Himalaya Belt between western Turkey and Pakistan." *Geophysics Jour. Res. Astron. Soc.*, 77, 185-264 (1984).

Kasapoğlu, K.E. And Toksöz, M.N., "Tectonic consequence of the collision of the Arabian and Eurasian plates: Finite element models." *Tectonophysics*, 100,71-95 (1983).

Kasapoğlu, K.E., "Doğu Akdeniz'in sismotektonik özellikleri: Sonlu elemanlar çözmlmesi." *Yerbilimleri*, 14,309-317 (1987).

Ketin, İ., "Über die tektoniks-machanismen Folgerungen aus den grossen Anatolilischen Erdbeben des letzten Dezenniums." *Geol. Rdsch.*, 36, 77-83 (1948a).

Ketin, İ., "Son on yılda Türkiye'de vukua gelen büyük depremlerin tektonik ve mekanik neticeleri hakkında." *TJK Bült.*, 1/2, 1-13 (1948b).

Ketin, İ., "Relations between general tectonic features and main earthquake regions of Turkey." *MTA Bült.*, 71, 63-67 (1968).

Kıratlı, A.A., "A study on the active crustal deformation of the North and East Anatolian Fault Zones." *Tectonophysics*, 225, 191-203 (1993).

Koçyigit, A., Beyhan, A., "A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey," *Tectonophysics* 289, 317-336 (1998).

Koçyigit, A., Yılmaz, A., Adamia, S. Ve Kuloshvili, S., "Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition

from thrusting to strike-slip faulting." *Geodinamica Acta*, 14, 177-195 (2001).

Kozlu, H., "Misis-Andınn-İskenderun-Adana yöresinin jeolojisi ve petrol olanakları." *TPAO rap. No: 2032* (1987).

Kuran, U., "Levant sahili, Anadolu fayları boyunca yıkıcı depremlerin yer, magnitüd ve zamanlarının (uzun süreli) önceden saptanması." *TJK Bült.*, 2, 151-163 (1980).

Lyberis, N., Yürür, T., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N., "The East Anatolian fault: an oblique collisional belt." *Tectonophysics*, 204, 1-15 (1992).

Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R.W., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadaria, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R.E., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., And Veis, G., "Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus." *Jour. Geophys. Res.*, 105, 5685-5719 (2000).

Mckenzie, D., "Speculation on the consequence and causes of plate motions. Geophysics." *J. R. Astron. Soc*, 18, 1-32 (1969).

Mckenzie, D., "Plate tectonics of the Mediterranean region." *Nature*, 226, 239-243. 239-246 (1970).

Mckenzie, D., "Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys." *J. R. Astron. Soc*, 30, 109-185 (1972).

Mckenzie, D., "The East Anatolian Fault: A major structure in eastern Turkey." *Erath Planet. Sci. Lett.*, 29, 189-193, Soc, 30, 109-185 (1976).

Muehlberger, W.R., "The splintering of the Dead Sea Fault zone in Turkey." *Yerbilimleri Derg.*, 8, 123-130 (1981).

Muehlberger, W.R. And Gordon, M.B., "Observation on the complexity of The East Anatolian fault, Turkey." *Jour. Structural Geology*, 9/7, 899-903 (1987).

İnceöz, M. Ve İnce, S.C., "Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Palu çevresinde yapısal ve Morfotektonik özellikleri." *ATAG*, 2, 98-110 (1999).

Oral, M.B., Reilinger, R.E. Ve Toksöz, M.N., "Deformation of the Anatolian block as deduced from GPS measurements." *Eos Trans. AGU*, 73, 120p (1992).

Özdemir, M.A., "Doğu Anadolu fay zonunun Sincik (Adıyaman) ile Hazar Gölü arasındaki jeomorfolojik özellikleri." *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Derg.*, 8/1, 191-216 (1996).

Pampal, S., YİĞİT., "Charleston – Güney California yakınlarından deprem tekrarlamaları ile ilgili paleosismik deliller." *Deprem Araştırma Bült.* 51, 107-116 (1985).

Pampal, S. "Savrun Fayı Batısında Yeralan Taşköprü (Kozan)-Zincirlikuyu (Kadirli) Arasındaki Bölgenin Jeolojisi", *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi* 1: 65-100 (1986).

Pantosti, D. And Yeats, R.S., "Paleoseismology of great earthquakes of the Late Holocene." *Annali di Geofisica*, XXXVI, 3-4, 237-257 (1993).

Perinçek, D., Günay, Y., Kozlu, H., "Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yanall atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler." *TPJD, Türkiye 7. Petrol Kong.*, 89-103 (1987).

Perinçek, D. And Çemen, İ., "The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey." *Tectonophysics*, 172, 331-340 (1990).

Pınar, N. And Lanh, E., "Descriptive catalogue of Turkish earthquakes, in Turkey." *Bayındırlık Bakanlığı yay.*, 6/6 (1952).

Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksöz, M.N., Barka, A.A., Kınık, İ., Lenk, O. And Sanlı, İ., "Global positioning system measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone." *Jour. Geophys. Res.*, 102/B5, 9983-9999 (1997).

Seymen, İ. Ve Aydın, A., "Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilişkisi." *MTA Bült.*, 79, 1-9 (1972).

Schwartz, D.P., Coppersmith, K.J., Swan, F.H.II, "Methods for estimating maximum earthquake magnitudes, in Proceedings." *of the 8th World Conference on Earthquake Engineering*, July 21-28, San Francisco, California: Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1, 279-285 (1984).

Singh, S.K.E., Bazan, E. And Esteva, L, "Expected earthquake magnitude from a fault. Bull." *Seism. Soc. Amer.*, 70, 903-914 (1980).

Slemmons, D.B., "Determination of design earthquake magnitudes for microzonation," *Proc. Of the Third International Earthquake Microzonation Conf., 1, National Science Foundation, Washington, D.C.,* 119-130 (1982).

Sungurlu, O., Perinçek, D, Kurt, G., Tuna, E., Dölger, S., Çelikdemir, E., Naz, H., "Elazığ-Hazar-Palu Alanının jeolojisi," *TPAO, rap.*, 1-50 (1985).

Şaroğlu, F. Ve Yılmaz, Y., "Doğu Anadolu'da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik evrim ve havza modelleri." *MTA Bült.*, 107, 73-94 (1986).

Şaroğlu, F., Emre, Ö. Ve Boray, A., "Türkiye'nin diri fayları ve depremseUikleri." *MTA rap.* 8174,394s (1987).

Şaroğlu, F., Emre, Ö. Ve Kuşçu, İ., "The East Anatolian fault zones of Turkey," *Annales Tectonicae*, 6:99-125 (1992).

Şengör, A.M.C., "The North Anatolian transform fault: Its age, ofset and tectonic significance." *Jour. Geol. Soc. London*, 136, 269-282 (1979).

Şengör, A.M.C., "Fundamentals of neotectonics of Turkey." *TJK Konferans Ser. 2*, 40s (1980).

Şengör, A.M.C. Ve Yılmaz, Y., "Tethyan evolutions of Turkey: A plate tectonic approach." *Tectonophysics*, 75, 181-241 (1981).

Şengör, A.M.C. Ve Yılmaz, Y., "Türkiye'de Tetisin evrimi: Levha tektoniği açısından bir yaklaşım." *TJK, Yerbilimleri Özel Dizisi*, 1 (1983).

Şengör, A.M.C., Görür, N. And Şaroğlu, F., "Strike-slip faulting and related basin formation in zone of tectonic escape: Turkey as a case study. in: Strike-slip deformation, basin deformation and sedimentation". *Edited by K.T. Biddle&N. Christie-Blick. Soc.Econ. Paleont. and Min. Spec.Publ.*, 37, 227-264 (1985).

Taymaz, T., Eyidoğan, H. And Jackson, J., "Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault zone. (Turkey)." *Geophys.Jour. Int.* 106, 537-550 (1991).

Türkmen, L, "Elazığ doğusunda Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen?) stratigrafisi ve sedimantolojisi." *TJK Bült.*, 34/1, 45-53 (1991).

Tchalenko, J.S., "Similarities betveen shear zones of different magnitudes." *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 81, 1625-1940 (1970).

Tonbul, S. Ve Özdemir, M.A., "Doğu Anadolu Fayı'nın Palu Civarında (Elazığ doğusu) jeomorfolojik birimlere yansıması üzerine gözlemler." **A.Ü. Türkiye Coğrafyası, Araştırma ve Uygulama Merkezi Derg.**, 3, 275-290 (1994).

Turan, M., "Elazığ yakın civarındaki bazı önemli tektonik yapılar ve bunların bölgenin jeolojik evrimindeki yeri." **A.Suat Erk Jeoloji Semp. Bild.**, 193-204 (1993).

Wells, D.L., And Coppersmith, K.J., "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement." **Bull. Seism. Soc. Amer.**, 84/4, 974-1002 (1994).

Westaway, R., "Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean." **Jour. Geophys. Res.**, 99/B6, 12,071-12090 (1994).

Westaway, R. And Arger, J., "The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: a complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, Jour." **Geol. Soc.** 153, 729-743 (1996).

Wilcox, R.E., Harding, T.P. And Seely, D.R., "Basic wrench tectonics. Amer." **Assoc. Petroleum Geologists Bull.**, 57, 74-96 (1973).

Wyss, M., "Estimating maximum expectable magnitude of earthquake from dimensions." **Geology**, 7, 336-340 (1979).

Yürür M.T. And Chorowicz, J., "Recent volcanism, tectonics and plate kinematics near the junction of the African, Arabian Anatolian plates in the eastern Mediterranean." **Jour. Volcanology and Geothermal Res.**, 85, 1-15 (1998).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : GEL, Ahmet Cem
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 27.04.1980 Erzurum
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (312) 231 74 00
 Faks : 0 (312) 231 74 00
 e-mail : cemgel@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi /İnşaat Müh. Böl.	2003-2006
Lisans	Atatürk Üniversitesi/ İnşaat Müh. Böl.	1998-2002
Lise	Aziziye Lisesi	1996- 1998

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2003-2006	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Kayak, fotoğrafçılık