

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ADİYAMAN FAY ZONUNUN KUZEYDOĞU
BÖLÜMÜNÜN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ**

Ercan ZENGİN

Tez Yöneticisi:
Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2005

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ADİYAMAN FAY ZONUNUN KUZEYDOĞU
BÖLÜMÜNÜN SİSMOTEKTONİK ÖZELLİKLERİ**

Ercan ZENGİN

Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

169320

Bu tez, 31.08.2005 tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı /başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ

Üye: Doç. Dr. Ercan AKSOY

Üye: Doç. Dr. Mehmet TURAN

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 09/09/2005 tarih ve 2005/30-13..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada her türlü bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım saygıdeğer hocam sayın Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ'e teşekkürlerimi sunarım. Arazi çalışmaları sırasında yardımcı olan Doç. Dr. Ercan AKSOY'a teşekkür ederim. Bölümde her türlü çalışmayı yapmamı kolaylaştıran ve bölümdeki imkanları sağlayan Jeoloji Mühendisliği Bölüm'ü başkanı sayın Prof. Dr. Erkan TANYOLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamda internet yoluyla bilgilerinden faydalandığım yerli ve yabancı bilim adamlarına ve burada tek tek ismini anamadığım herkese teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışması süresince büyük sabır gösteren eşim ve çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında 896 no'lu Proje desteğiyle tamamlanmıştır. Kuruma, sağladıkları maddi yardımlardan dolayı teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
EKLER LİSTESİ.....	V
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	IX
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu.....	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	6
3.MATERYAL VE METOD.....	13
3.1.Materyal.....	13
3.2.Metod.....	13
3.2.1.Saha Öncesi Çalışmalar.....	13
3.2.2.Saha Çalışmaları.....	14
3.2.2.1.Haritalama Çalışmaları.....	14
3.2.2.2.Veri Toplama Çalışmaları.....	14
3.2.2.3.Büro Çalışmaları.....	15
4.ARAŞTIRMA BULGULARI.....	15
4.1.Stratigrafi.....	15
4.2.Tektonik.....	26
4.2.1.Adıyaman Fay Zonu Ana Kırığı.....	28
4.2.2.Işıktepe Fay Seti.....	29
4.2.3.Başkaynak Fay Seti.....	29
4.2.4.Üçdeğirmenler Fayı.....	30
4.2.5.Çakıroğlu Fayı.....	30
4.2.6.Gökçepelit Fayı.....	30
4.3.Morfotektonik.....	30
4.4.Kinematik Analiz.....	35
4.5.DAFS'nin Yaşı, Kayma Oranı ve Toplam Atımı	43
4.5.1.Doğu Anadolu Fay Sistemi.....	43
4.5.2.Adıyaman Fay zonu.....	44
4.6.Depremsellik.....	47
4.6.1.Tarihsel Dönem Depremleri (1900 öncesi).....	47

4.6.2.Aletsel Dönem Depremleri (1900 sonrası).....	51
4.6.3.Depremsellik Analizi.....	53
4.6.4.Deprem Riski (tehlikesi)	53
4.6.5.Sismik Risk.....	60
4.6.5.1.Deprem Kırığı Uzunluğu – Deprem Büyüklüğü Metodu.....	61
4.6.5.2.Fay Alanı – Deprem Büyüklüğü Metodu.....	62
4.6.5.3.Maksimum Ötelenme – Deprem Büyüklüğü Metodu.....	62
4.6.5.4.Deformasyon Oranı – Deprem Büyüklüğü Metodu.....	63
4.6.5.5.Sismik Moment – Deprem Büyüklüğü Metodu.....	64
4.7. Deprem Odak Mekanizması Çalışmaları.....	66
4.7.1. Odak Parametreleri.....	67
4.7.2. Asal Gerilmeler ve Ana Faylanma Türleri.....	71
4.7.3. Kuvvet Sistemleri Ve Asal Gerilme Eksenleri.....	71
4.7.4. Cisim Dalgalarından Odak Mekanizmasının Saptanması.....	73
4.7.5. Azimut Açıları ve Episanır Uzaklıklarının Belirlenmesi.....	74
4.7.6. Odağı Terkediş Açılarının Hesaplanması.....	75
4.7.7. İstasyonların Schmidt Ağı ile Odak Küresi Üzerinde Yerleştirilmesi.....	76
4.7.8. Düğüm düzlemlerinin belirlenmesi.....	76
4.7.9. Asal gerilme eksenlerinin belirlenmesi.....	76
4.7.10.Odak Mekanizması Çalışma Sonuçları.....	76
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR.....	84

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. a) Arap-Afrika ve Avrasya plakalarının göreceli hareketleri ile oluşan tektonik yapılar (McKenzie, 1972'den değiştirilerek alınmıştır). b) İnceleme alanı ve yakın çevresinin aktif fay haritası (Perinçek ve diğ., 1987; Perinçek ve Çemen 1990'dan değiştirilerek alınmıştır).....	2
Şekil 1.2. Türkiye'nin Sismotektonik haritası. Veriler Deprem Araştırma Dairesi'nden, diri faylar ise Şaroğlu ve diğ., 1992'den alınmıştır.....	3
Şekil 1.3. DAFS, Adıyaman Fay Zonu ve Sivrice Fay Zonunun uydu görüntüsü	4
Şekil 1.3a. Çalışma alanı ve yakın çevresinin orta bölümünün uydu görüntüsü.....	5
Şekil 1.3b. Çalışma alanı ve yakın çevresinin KD bölümünün uydu görüntüsü.....	5
Şekil 4.1. AFZ'nun Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisindeki kesiminin tektonostratigrafik kesiti (Sönmez, 1995'den değiştirilerek alınmıştır).....	17
Şekil 4.2. Arap Platformu'nun kuzeybatı bölümünün stratigrafik dikme kesiti (Yılmaz, 1993).....	20
Şekil 4.3. Palu formasyonuna ait akarsu çökelleri.....	21
Şekil 4.4. AFZ'nun kuzeydoğu bölümündeki kesiminin neotektonik dikme kesiti (Türkmen, 1991'den değiştirilerek alınmıştır).....	24
Şekil 4.5. Hazar havzasının güneyinde gelişen alüvyal yelpaze.....	25
Şekil 4.6. Baltaş Beldesi çevresindeki travertenler.....	25
Şekil 4.7. Palu havzasının güney kenarını sınırlayan AFZ'nin genel görünümü.....	32
Şekil 4.8. AFZ'nin DAFS'den ayrıldığı Caru Çayı bölümü.....	32
Şekil 4.9. AFZ'nin kademeli morfolojisi. Örtülü Köyü'nün 1 km KD'su.....	34
Şekil 4.10. AFZ içerisinde gelişmiş küçük ölçekli iç şekilli çek-ayır havza.....	34
Şekil 4.11. Maden karmaşığına ait kireçtaşları içinde gelişmiş kayma çizikleri.....	36
Şekil 4.12. Maden Karmaşığına ait volkanitler içinde gelişmiş sağ yanal doğrultu atımlı fay düzlemi.....	36
Şekil 4.13. İnceleme alanında Eosen başlarında etkili olan genişleme rejimine ait paleostres diyagramları.....	38
Şekil 4.14. İnceleme alanında Oligosen sonlarında etkili olan sıkışma rejimine ait paleostres diyagramları.....	39
Şekil 4.15. İnceleme alanında Miyosen başlarında etkili olan genişleme rejimine ait paleostres diyagramları.....	40
Şekil 4.16. İnceleme alanında Orta-Üst Miyosen'de etkili olan sıkışma rejimine ait paleostres diyagramları.....	41

Şekil 4.17. İnceleme alanında Pliyo-Kuvaterner’de etkili olan doğrultu atım rejimine ait paleostres diyagramları.....	41
Şekil 4.18. Tarihsel dönemde basit kayma deformasyonu süresince, Sivrice Fay Zonu’na (K60D) paralel olarak şekillenmiş yapılar arasındaki geometrik ilişkilerin görünümü.....	42
Şekil 4.19. Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin Pliyo-Kuvaterner’deki yapısal evrimini gösteren şematik model.....	42
Şekil 4.20. AFZ’nun Palu güneyinde Caru Çayı yatağında oluşturduğu ötelenme (AA’).	45
Şekil 4.21. AFZ’nun Maden Çayı yatağında oluşturduğu ötelenme (BB’).	46
Şekil 4.22. AFZ’nun Fırat Nehri vadisinde oluşturduğu ötelenme (CC’).	46
Şekil 4.23. DAFS boyunca 1822’den itibaren tektonik yüklenme ve büyük depremlerden dolayı görülen Coulomb stres değişimi (Nalbant ve diğ., 2005’den alınmıştır).	49
Şekil 4.24. İnceleme alanı ve yakın çevresinde aletsel dönemde meydana gelen depremlerin dışmerkez dağılımları (veriler ISC ve Türkneth Katalogları’ndan alınmıştır).	52
Şekil 4.25. Türkiye için hesaplanan b değerleri değişim haritası.	54
Şekil 4.26. Yüzey dalgası magnitüdü değerleri için hesaplanan Magnitüd – Frekans grafiği.	57
Şekil 4.27. Zaman magnitüdü değerleri için hesaplanan Magnitüd – Frekans grafiği.	59
Şekil 4.28. Fay düzlemi parametrelerinin şematik gösterimi.	68
Şekil 4.29. Değişik faylanma tipleri ve bunlara karşılık gelen fay düzlemi çözümleri.	70
Şekil 4.30. Doğrultu atımlı faylanma mekanizması.	71
Şekil 4.31. Normal faylanma mekanizması.	72
Şekil 4.32. Ters faylanma mekanizması.	72
Şekil 4.33. Tek kuvvet çifti (A) ve ikili kuvvet çifti (B) dalga yayılım modelleri.	73
Şekil 4.34. Sismogramlarda kompresyon ve dilatasyon gösteren ilk hareketler yönleri.	74
Şekil 4.35. Çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönem boyunca açığa çıkan sismik enerji dağılımı.	77
Şekil 4.36. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.	81

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 4.1. Adıyaman Fay Zonu'nda gerçekleştirilen paleostress lokasyonları.....	37
Tablo 4.2. DAFS'de tarihsel dönem boyunca oluşmuş depremlerin yerleri ve büyüklükleri.....	50
Tablo 4.3. DAFS'de aletsel dönem boyunca hasar yapmış depremler.....	51
Tablo 4.4. $\Delta M = 0,1$ aralıklarla hesaplanan deprem sayıları ve kümülatif değerleri. Yüzey dalgası magnitüdüne göre düzenlenmiş 1903-2002 ISC verileridir.....	56
Tablo 4.5. Yüzey dalgası magnitüdüne göre Gutenberg – Richter ilişkisinden hesaplanan a ve b değerleri.....	58
Tablo 4.6. Yüzey dalgası magnitüdüne göre hesaplanan olasılık ve geri dönüş periyotları..	58
Tablo 4.7. Zaman magnitüdüne göre hesaplanan deprem sayıları ve kümülatif değerleri....	58
Tablo 4.8. Zaman magnitüdüne göre Gutenberg – Richter ilişkisinden hesaplanan a ve b değerleri.....	60
Tablo 4.9. Zaman magnitüdüne göre hesaplanan olasılık ve geri dönüş periyotları.....	60
Tablo 4.10. İnceleme alanında aletsel dönemde oluşmuş önemli depremlerin odak mekanizması çözüm sonuçları.....	79

EKLER LİSTESİ

- EK-1:** Adıyaman fay zonunun kuzeydoğu bölümünün neotektonik haritası.
- EK-2:** ISC kataloglarına ait deprem verileri.
- EK-3:** DAD Türkneth kataloglarına ait deprem verileri.
- EK-4:** Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası

SİMGELER VE KISALTMALAR

- DAFS** : Doğu Anadolu Fay Sistemi.
KAFS : Kuzey Anadolu Fay Sistemi.
ÖDFS : Ölü Deniz Fay Sistemi.
AFZ : Adıyaman Fay Zonu.
TFS : Tunceli Fay Sistemi.
SUFZ : Sancak – Uzunpınar Fay Zonu.
OFZ : Ovacık Fay Zonu.
IFZ : Ilıç Fay Zonu.
GF : Genç Fayı.
DF : Doğanlı Fayı.
PF : Pertek Fayı.
BAF : Baskil Fayı.
MFZ : Malatya Fay Zonu.
SFZ : Sivrice Fay Zonu.
LÇFZ : Lice – Çermik Fay Zonu.
SF : Sürgü Fayı.
DAD : Deprem Araştırma Dairesi.
ISC : International Seismology Center.
KOERİ : Kandilli Observatory Earthquake Research Institute
HARV : Harvard University.
CMT : Centroit Moment Tensor.
USGS : United States Geological Survey.
GPS : Global Positioning System.
Ms : Yüzey Dalgası Magnitüdü.
Md : Zaman Magnitüdü.

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

**ADİYAMAN FAY ZONUNUN KUZEYDOĞU BÖLÜMÜNÜN SİSMOTEKTONİK
ÖZELLİKLERİ**

Ercan ZENGİN

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
2005, Sayfa: 90

Ülkemiz sismik aktivite bakımından dünyanın en önemli deprem kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Anadolu plakası, kuzeyini baştanbaşa kesen Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Doğu ve Güneydoğu Anadolu'yu kateden, dünyanın en önemli kıta içi aktif transform faylarından biri olan Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile sınırlanmıştır. Bu tektonik yapı grubu ülkemizde zaman zaman depremlerle ortaya çıkan sismik enerji boşalımıyla onbinlerce insanımızın hayatını kaybetmesine ve ülkemiz ekonomisinin çok ciddi anlamda kayba uğramasına neden olmaktadır. Dolayısıyla bu afet zararlarının en aza indirilmesi için, bölgede sınırlı sayıda görülen sismotektonik amaçlı bilimsel çalışmaların hızlandırılarak artırılması gerekmektedir.

Bu çalışma ile Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde Adıyaman Fay Zonu'nun geçmişteki ve güncel sismik aktivitesinin anlaşılması yoluyla, deprem üretme potansiyelinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Fay sistemi içerisinde gelişmiş zonlarda meydana gelen depremler ve bunların odak çözümleri hakkında bilgi edinmek için haritalama çalışmaları yapılmıştır.

Bu bilgiler özellikle bölgede yaşayan yaklaşık 6 milyon insanımızın hayatını ilgilendirmekle beraber uzun vadeli mühendislik yapılarının (köprü, viyadük, otoyol, baraj, hastane vb.) projelendirilmesi için büyük önem arz etmektedir. Bu yönüyle bölgede yapılan ilk sismotektonik amaçlı çalışmadır.

Çalışma kapsamında fay zonu boyunca belirlenen lokasyonlarda alınan ölçümlerden yapılan kinematik analiz sonuçlarına göre AFZ, ilk oluşumundan günümüze kadar farklı gerilme sistemlerinin etkisi altında kalmıştır. Buna göre fay zonunda kinematik çalışmalar sonucunda bölgede esas olarak 5 ayrı fazın (gerilme sistemi) varlığı belirlenmiştir. Kinematik

veriler değerlendirildiğinde, AFZ'nun da içinde bulunduğu DAFS'nin Miyosen başındaki genişleme tektonik rejimi ile oluştuğunu, Orta-Üst Miyosen sonlarında etkili olan sıkışma tektonik rejiminden etkilendiğini ve Pliyo-Kuvaterner'de ise günümüzde de etkili olan doğrultu atım karakterini kazandığı anlaşılmaktadır.

Bölgede aletsel dönem kayıtlarından elde edilen veriler kullanılarak yapılan deprem odak mekanizması sonuçları ile kinematik analiz sonuçları karşılaştırıldığında, Pliyo-Kuvaternerde etkili olan stres durumu, deprem odak çözümleri ile uygunluk göstermiştir. Bununla beraber sismolojik ve jeolojik verilerle yapılan çalışmalarda DAFS içerisinde fay zonları arasında blok rotasyonları olduğu saptanmıştır. Bunun en yakın örneği ise Mw=5.7 olan 2004 Sivrice depremidir. Bu depremin blok rotasyonları ile oluştuğu tahmin edilmektedir.

Depremsellik analizi sonuçlarına göre sismotektonik parametreler hesaplanmıştır. Bu parametreler kullanılarak Fay Zonu üzerinde meydana gelebilecek en büyük depremin büyüklüğü, olma olasılığı ve geri dönüş periyodu hesaplanmıştır. Buna göre bölgede olabilecek en büyük depremin büyüklüğü $M_s=6.5-6.8$ 'dir.

Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin alt zonlarından birini teşkil eden AFZ'nun KD bölümünde yapılan jeolojik arazi çalışmaları, fayın bu bölümünde 5 ayrı fay ve fay seti ile temsil edildiğini göstermiştir. Bunlar sırasıyla; AFZ ana kırığı ile aynı doğrultuda olan sol yanıl ve yaklaşık 13 km uzunluğunda Işıktepe fay seti (IFS), genel doğrultusu $K20^\circ D$ olan ve 11 km kadar izlenebilen Başkaynak fay seti (BFS), D-B doğrultulu ve 8 km izlenebilen sol yanıl doğrultu atımlı Üçdeğirmenler fayı (ÜF), Çakıroğlu fayı (ÇF) ve Gökçepelit fayıdır (GPF).

Anahatar Kelimeler: Adıyaman fay zonu, DAFS, sismotektonik, odak mekanizması, kinematik analiz, sismik risk.

ABSTRACT

Master Thesis

THE SEISMOTECTONICS CHARACTERISTICS OF NORTHEASTERN SECTION OF THE ADIYAMAN FAULT ZONE

Ercan ZENGİN

Firat University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geological Engineering
2005, Page: 90

Turkey has been found upon the most important earthquake focus of the world in terms of seismic activity. Anatolia plate is limited by the East Anatolian Fault System (EAFS) which is one of the most significant continent-interior active transform faults, the North Anatolian Fault System (NAFS) cutting diagonally the north part of Anatolian plate, and girdled by the East and Southeast Anatolia. With the discharge of seismic energy emerged by means of the earthquakes happened occasionally, tens of thousands of people in Turkey have lost their lives to earthquake disaster due to this tectonic structure group. It is also led to the economic loses seriously. Therefore, the increasing of the limited scientific studies with the seismotectonics purpose conducted in the region has been required quickly for minimizing of these earthquake disasters.

This study aims realise of the earthquake producing potential by the pathway of understanding of seismic activities occurring in the past and current seismic activities of AFZ on the EAFS. Mapping studies is done to take information on the earthquakes happened in developing zones inside fault system and their focus solutions.

This information has been considered important for about 6 million people living in the region especially as well as the project studies of the long-term engineering structures (i.e., bridge, viaduct, highway, dam and hospital). With this aspect, this study includes the final results of the first seismotectonics studies performed in the region.

According to the results of kinematic analysis made up of the measures taken from the locations predetermined along fault zone in the scope of study, the Adiyaman Fault Zone (AFZ) is remained under the effect of different strain systems until from its first formation to its end moment. Accordingly, the availability of 5 different zones in the region is determined

essentially in the results of kinematics studies at fault zone. From the kinematics data, some conclusions can be drawn as follows; (i) extension in head Miocene of the EAFS that also contains the AFZ occurs with tectonic regime, (ii) compression being affected at the end of mid-up Miocene is influenced by the tectonic regime, and (iii) Plio-Quaternary is characterised by the strike slip in the past and even now.

When the results of both the earthquake focus mechanism and kinematics analysis made by using data obtained from the term recording with apparatus in the region are compared to each other, stress situation in terms of Plio-Quaternary is shown suitability. In the studies made by seismologic and geological data, the presence of bloc rotations between fault zones inside the EAFS is also determined. The closest example in terms of time to this phenomenon is the Sivrice earthquake happened in 2004.

The seismotectonics parameters are calculated by using the results of the earthquake analysis. Occurrence probability and return period and magnitude of the largest earthquake to be taken place on fault zone using these parameters are calculated. Hence, the biggest earthquake magnitude possible to be happened in district is estimated as a Ms value between 6.5 and 6.8.

Geological field studies done in the northeast section of the AFZ including one of the sub-zones of the EAFS have shown to be 5 different faults and fault sets as follows; (1) Işıktepe Fault Set (IFS) which is in the same trending with the AFZ main breaking, and an about 13 km wide sinistral strike slip fault; (2) Başkaynak Fault Set (BFS) which is a general trending of N20°E (K20°D) and able to watched until 11km; (3) Üçdeğirmenler Fault (UF) which is a general trending of east-west and 8 km wide sinistral strike slip fault; (4) Çakıroğlu Fault (CF), and (5) Gökçepelit Fault Set (GPF).

Keywords: Adıyaman fault zone, EAFS, seismotectonics, focal mechanism, kinematic analysis, seismic risk

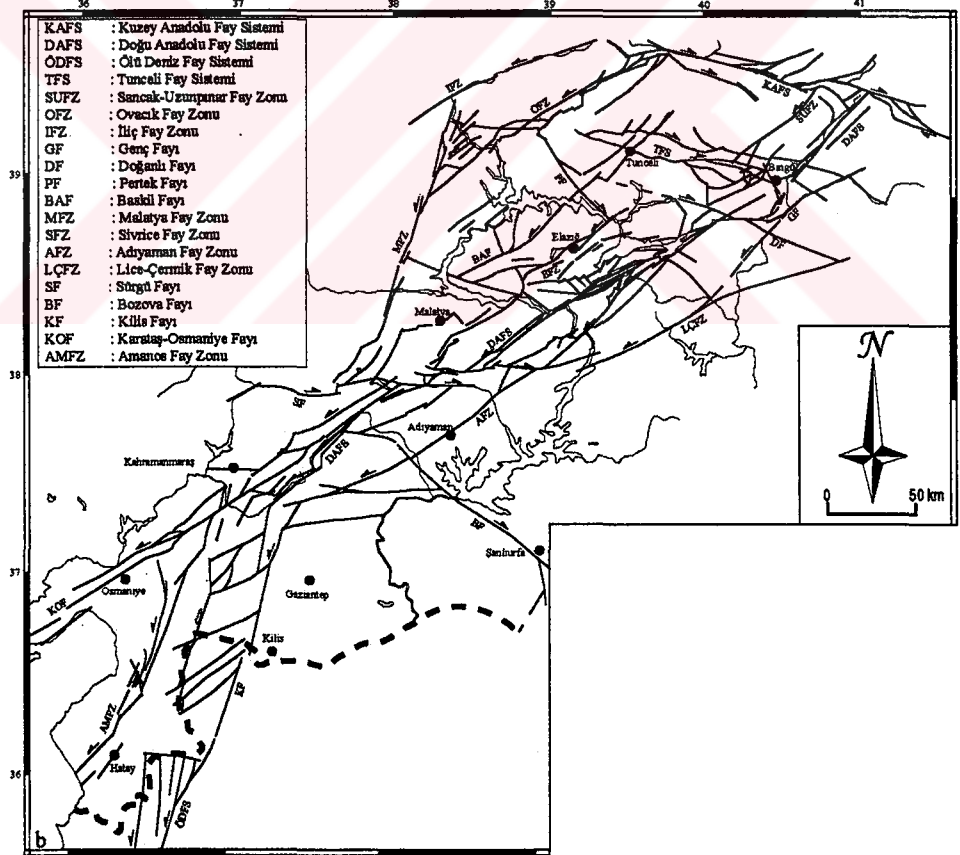
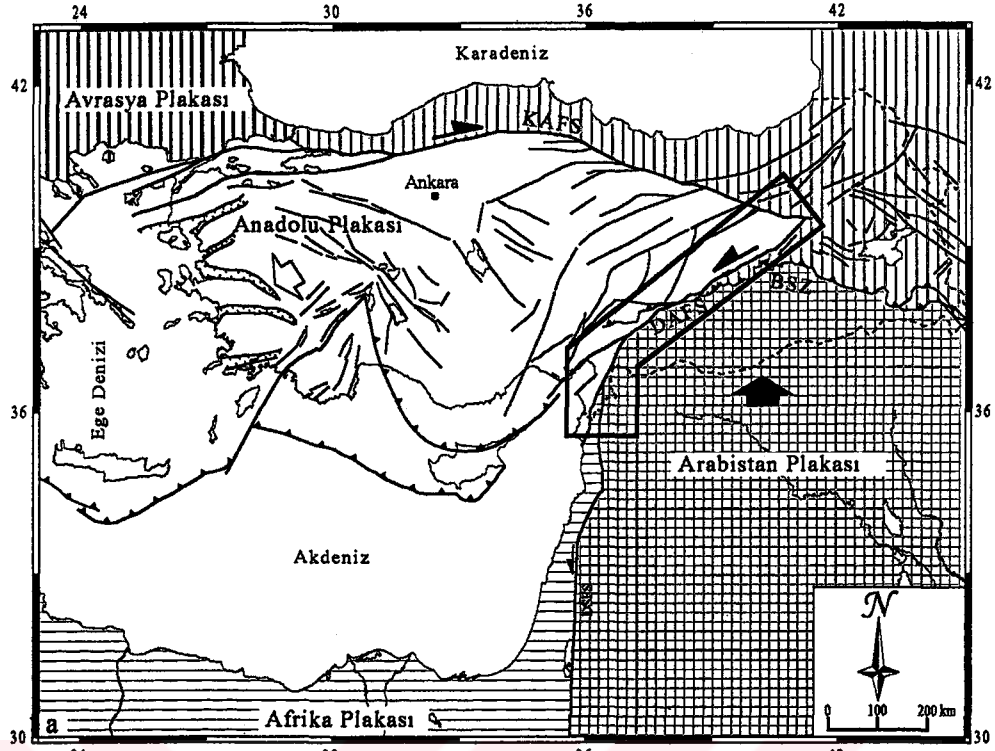
1.GİRİŞ

1.1.Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu

Ülkemiz, dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya dağ oluşum kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bu deprem kuşağı, Azor takımadalarından başlayıp, Uzakdoğu'da Endonezya'ya kadar uzanır ve genel anlamda Avrasya, Afrika ve Hint-Avustralya levhalarının göreceli hareketlerinden oluşan depremleri içeren aktif bir kuşaktır. Bu kuşak üzerinde değişik araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar, Afrika levhasının Avrasya levhasına göre göreceli olarak kuzeye doğru hareket ettiğini ve Avrasya levhasının altına daldığını ortaya koymuştur (McKenzie 1972);(Şekil 1.1).

Ülkemiz ve çevresi bu önemli deprem kuşağının Akdeniz bölgesindeki en hareketli kısmını oluşturur. Anadolu, bu kuşağın genel nitelikleri yanında kendine has birtakım jeolojik özellikleri de içermektedir. Kuzeyde Avrasya, güneyde Afrika-Arabistan levhaları arasında kalan ülkemizin jeolojisi, bu iki levhanın sürekli hareketlerine ve bu levhalar arasında yer almış olan eski ve yeni Tetis Okyanusu'nun jeotektonik evrimine bağlı olarak gelişmiştir. Permo-Triyas'ta başlayan Pontit (Kuzey ve Kuzeybatı Anadolu Sıradağları), Anatolid (İç Anadolu Sıradağları), Torid (Toroslar, Güney ve Doğu Anadolu Sıradağları) ve Güneydoğu Anadolu dizilerinin (Güneydoğu Anadolu Sıradağları) oluşumunu kapsayan eski tektonik dönem (Paleotektonik) Orta-Üst Miyosen'de sona ermiş, Avrasya-Arap levhalarının yakınlaşması ve yaklaşık 15 milyon yıl önce Bitlis Kenet Kuşağı boyunca çarpışması ile yeni tektonik dönem (neotektonik) başlamıştır. Kısaca, Arap Levhası Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Avrasya'ya çarpmıştır. Arap Levhası'nın kuzeye doğru hareketi ve Avrasya'ya çarpması sonucu Doğu Anadolu, kuzey-güney yönünde sıkışmış ve tüm Anadolu Levhası üzerinde neotektonik devre başlamıştır (Şengör, 1979).

Bugün Anadolu'da gözlediğimiz tüm genç ve etkin tektonik hareketler, kırık kuşakları ve deprem etkinliği 15 milyon yıl önce başlayan ve günümüzde de devam eden çarpışma mekanizmasının ürünüdür. Bu mekanizmanın doğurduğu gerilme, Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay sistemlerinin oluşmasına yol açmıştır. Böylece Anadolu levhası bu fay kuşakları boyunca batıya doğru yanal kayma hareketlerine başlamıştır. Afrika Levhası'nın bir parçası durumunda olan Arap Levhası, kuzeye yani Avrasya levhasına doğru hareket etmekte ve Doğu Anadolu'yu sıkıştırmaktadır. Böylece Anadolu plakası bu sıkıştırmanın etkisi ile Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu üzerindeki kaymanın da etkisiyle kolaylıkla batıya doğru hareket etmektedir (Şengör, 1979). Batıya doğru olan bu hareket, Ege'de Yunan makaslama kuşağının engellenmesi ile D-B doğrultulu basınç ve bunun karşılanmasına yönelik K-G doğrultulu genişleme (extension) rejimini meydana getirmiştir.

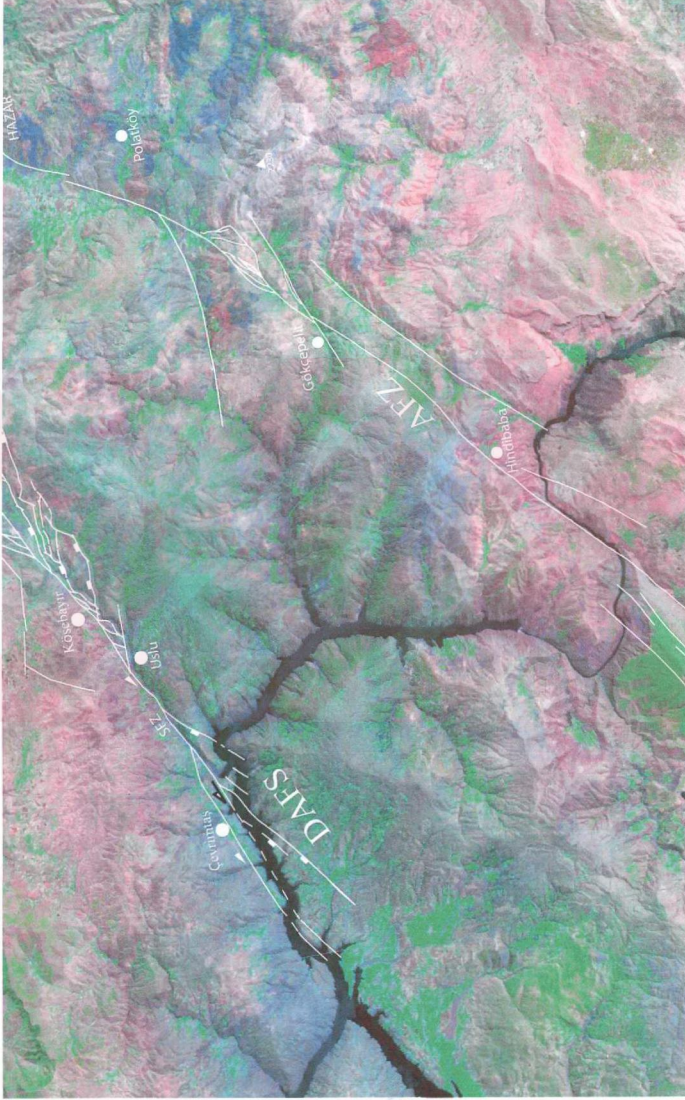


Şekil 1.1. a) Arap, Avrasya ve Afrika levhalarının göreceli hareketleri ile oluşan tektonik yapılar (McKenzie, 1972'den değiştirilerek alınmıştır). b) İnceleme alanı ve yakın çevresinin aktif fay haritası (Perinçek ve diğ., 1987; Kozlu, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990'dan değiştirilerek alınmıştır).

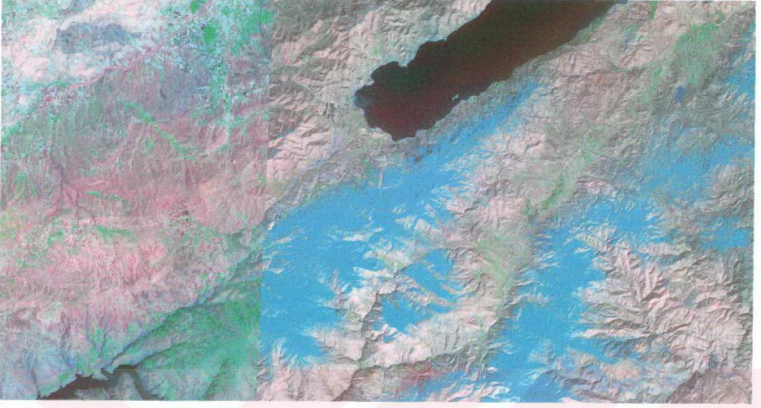
a) Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi.
b) Batı Anadolu Açılma Bölgesi (Ege Grabenler Bölgesi)
c) Orta Anadolu Ovalar Bölgesi

Bu yeni tektonik sürecin sonucu olarak, Anadolu'nun depremselliği artmış, etkin faylar ve deprem kuşakları oluşmuştur. Yukarıda sözü edilen bu bölgeler, günümüzde depremselliğin kaynağı diri fayları, bindirmeleri ve çöküntü havzalarını içermektedir (Kalafat, 1998).

Bu çalışma Doğu Anadolu Fay Sistemi içerisindeki alt zonlardan biri üzerinde yapılan ilk sismotektonik çalışmadır. Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS); Adıyaman Fay Zonu, Sivrice Fay Zonu ve Elazığ Fay Zonu olmak üzere 3 bölüme ayrılmaktadır. Tektonik aktivitenin yoğun olduğu bu zonlar Uydu fotoğrafı üzerinde gösterilmiştir. Fay hatlarının uydu fotoğrafı üzerindeki çözünürlüğünü artırmak için 2 ayrı uydu fotoğrafı kullanılmıştır (Şekil 1.3, Şekil 1.3a ve 3b).



Şekil 1.3. DAFS, Adıyaman Fay Zonu ve Sivrice Fay Zonunun uydu görüntüsü.



Şekil 1.3a. Çalışma alanı ve yakın çevresinin orta bölümünün uydu görüntüsü.



Şekil 1.3b. Çalışma alanı ve yakın çevresinin KD bölümünün uydu görüntüsü.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

DAFS'nin önemli bir alt zonunu oluşturan AFZ üzerinde doğrudan yapılmış sınırlı sayıda çalışma söz konusudur. Bu nedenle bu bölümde DAFS ile ilgili olarak yapılmış çalışmalar, AFZ'nu da içerisine alacak tarzda açıklanmaya çalışılacaktır.

Arpat ve Şaroğlu (1972), 22 Mayıs 1971 ($M_w=6.8$) Bingöl depremi ile ilgili olarak bölgede yaptıkları çalışmalarda, deprem sırasında Göynük Vadisi'nde 3 farklı kırık takımının meydana geldiğini ve bu kırıkların Doğu Anadolu Fayı'nın sol yanal hareketinden kaynaklandığını belirlemişlerdir. İlk defa "Doğu Anadolu Fayı" ismini kullanan araştırmacılar, fayın Göynük Vadisi'ndeki bölümü üzerinde 22 km, Palu-Hazar Gölü arasındaki bölümü üzerinde ise 27 km'lik yanal yer değiştirme saptamışlardır. Araştırmacılara göre, sismik bakımdan son derece aktif olan Doğu Anadolu fayı, K-G doğrultulu sıkışma gerilmesi altında, Miyosen sonrasında oluşmuştur ve Hatay yakınlarında Ölü Deniz Fay Sistemi (ÖDFS) ile birleşmektedir. Araştırmacılar, AFZ'nun KD bölümünü bölge ve yakın çevresinde gerçekleştirdikleri çalışmalar ile ilk defa haritalamışlardır.

Ercan (1979), Hazar Gölü ile Pütürge arasında DAFS üzerinde 105 gün süreyle mikrodprem çalışmaları yapmıştır. Bölgede günde büyüklüğü 3'den küçük ortalama 5 tane sarsıntı meydana geldiğini ve fay düzlemi çözümlerinin sol yönlü olduğunu saptayan araştırmacı, stres boşalımının suskunluk döneminde de devam etmesinin, fayın aktifliğini koruduğunun bir göstergesi olarak yorumlamıştır. Araştırmacı, elde ettiği sonuçlara göre bölgede 30 yıl içerisinde %100 olasılıkla 5'ten büyük, %26 olasılıkla 6'dan büyük ve 100 yıllık dönem içerisinde %63 olasılıkla 6'dan büyük bir deprem olabileceğini belirtmiştir.

Hempton ve Dunne (1984), Doğu Türkiye'de KAFS ve DAFS üzerindeki aktif çek-ayır havzalarındaki sedimentasyonu incelemişler ve bu havzaları dünyadaki diğer çek-ayır havzalar ile karşılaştırmışlardır. DAFS'nin çok sayıda tam bir doğrultu atım karakteri gösteren segmentlerden ve özellikle de BSZ'na yaklaştığı alanlarda önemli oranda ters bileşeni olan alt bölümlerden oluştuğunu belirten araştırmacılar, DAFS'nin Hazar Gölü çevresinde 5-8 km genişliğinde, hem doğrultu ve hem de normal atım bileşeni olan, çok sayıda, birbirine paralel aktif faylar ile temsil edildiğini saptamışlardır. Araştırmacılara göre Hazar Gölü, DAFS'nin ana kırığının gölün kuzeydoğusunda yaklaşık 3 km'lik kuzeye sıçraması sonucunda oluşmuş bir çek-ayır havzadır.

Hempton (1985), Hazar Gölü çevresinde BSZ'nun yapısal özelliklerini ve tarihsel gelişimini incelemiş ve bölgedeki tektonik olayların esas olarak Kampaniyen-Maastrichtiyen, Orta-Geç Eosen ve Geç Miyosen-Günümüz olmak üzere üç evrede geliştiğini belirlemiştir. Araştırmacı, ofiyolitlerin Kampaniyen-Maastrichtiyen aralığında kıta kenarı durumundaki Arap

Platformu üzerine itildiğini ve bu itilme ile kıta kenarının kuzey bölümünün yeşil şist fasiyesinde metamorfizmaya uğrayarak Pütürge Metamorfitleri'ni oluşturduğunu belirtmiştir. Bu dönemde okyanusal litosferin yitimine bağlı olarak oluşan ada yayı niteliğindeki Elazığ Karmaşığı, gelişimini Orta Eosen'e kadar tamamlamış ve bu dönemde daha güneyde Maden Havzası oluşmuştur. Erken Eosen'de Elazığ Karmaşığı'nı üreten yay, kuzeydeki Keban Kıtası ile çarpışmaya başlamış ve Geç Eosen'de Elazığ, Maden ve Pütürge Metamorfitleri'nin oluşturduğu kuzeye eğimli ters fay kamaları gelişmiştir. Geç Miyosen ile birlikte, BSZ boyunca devam eden yakınlaşma, sık karbonatların deforme olmasına ve güneydeki ön ülke havzalarının ters fay kamalarının altında kalmasına neden olmuştur. Geç Miyosen-Günümüz aralığında ise Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde sıkışmalı-kısalmalı deformasyon yaygın olarak izlenmeye başlanmış ve Anadolu kamasının batıya kaçmasına neden olan kıta içi transform fay karakterindeki KAFS ve DAFS oluşmuştur.

Perinçek ve diğ. (1987), “Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki Yanal Atımlı Faylar İle İlgili Yeni Gözlemler” başlıklı çalışmalarında AFZ'nu ilk defa tanımlamışlardır. Araştırmacılara göre, DAFZ'nun bir kolu olan AFZ, kuzeydoğuda Palu ile güneybatıda Besni arasında yaklaşık 210 km uzunluğa sahip sol yanal bir doğrultu atımlı fay zonudur.

Gülen ve diğ. (1987), Maraş üçlü eklemi ve çevresindeki yapıları göz önüne alarak, Arabistan ve Avrasya levhalarının çarpışması sırasında meydana gelen yapıların türleri, birbirlerine göre oluşum yaşları ve toplam kısalma miktarının bu yapılar arasında nasıl paylaşıldığını açıklamaya çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, çarpışan levhalardan “indenter” rolü oynayan Arabistan Levhası'nın doğrultu atım (ÖDFS) kökenli kink yapıları ve diğer bindirme (BSZ) önü kıvrımlarıyla deforme olduğunu ve ayrıca çarpışma önünde üçgen şeklinde küçük bloklara ayrıldığı gözlenmiştir. Kink yapıları ve bindirme önü kıvrımları, bindirmelerle benzer yaşlı olup, kısalmanın artmasına paralel olarak gelişirler. Yine bu çarpışma sırasında kıtasal blokların yanlardaki boş alanlara kaçmasını sağlayan ana doğrultu atımlı fayların çarpışma ile ilişkili bindirmelerden sonra meydana geldiği gözlenmiştir.

Tatar (1987), Elazığ çevresinde yaklaşık 100 km yarıçaplı bir alanda, Landsat uydu görüntüleri üzerinde yaptığı çalışmalar ile bölgedeki yapısal unsurları haritalamış ve haritalanan kırıklar üzerinde gül diyagramları yardımıyla istatistiksel bir ön değerlendirme çalışması yapmıştır. Kinematik ön değerlendirmeler sonucunda, bölgedeki tektonik yapıların yaklaşık K-G doğrultulu bir sıkışma gerilmesinin etkisinde gelişebileceğini belirten araştırmacı, AFZ'nun KD bölümünü “Hazar Fayı” olarak haritalamış ve bu tektonik yapının yaklaşık 30 km uzunluğunda, Doğu Anadolu Fay Kuşağı'na paralel, sol yönlü bir doğrultu atımlı fay olduğunu belirtmiştir.

Şaroğlu ve Yılmaz (1987), “Doğu Anadolu’da Neotektonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri” başlıklı çalışmalarında, bölgedeki Alt Miyosen yaşlı sığ denizel kireçtaşlarının paleotektonik döneme ait en genç çökeller olduğunu ve neotektonik dönemin Orta Miyosen’de başladığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, K-G doğrultulu sıkışma gerilmesinin etkili olduğu bölgede, neotektonik dönemde gelişen havzaları 1-Dağarası havzalar, 2-Çek-ayır havzalar ve 3-Dağarası-çek-ayır havzalar olmak üzere üç gruba ayırarak incelemişlerdir.

Muehlberger ve Gordon (1987), “Observation on The Complexity of The East Anatolian Fault, Turkey” başlıklı çalışmalarında, DAFS’nin bireysel tek bir yapı şeklinde davranmadığını, farklı kayma özellikleri gösteren segmentler şeklinde hareket ettiğini belirtmişlerdir. Fay zonu üzerindeki segmentasyonun, K-G doğrultulu sıkışma gerilmesinin denetiminde, sıkışma bileşenli ve sıkıştıran büküm geometrisi geliştirmiş segmentler ve fay zonuna daha paralel ve çizgisel, çek-ayır havzalar geliştiren segmentler olmak üzere iki tip olduğu saptanmıştır. Araştırmacılar farklı türde segmentasyon gelişiminin nedenini, Türkiye arazisinin farklı rijitlikte bloklar içermesine ve daha rijit olan Arap kıtasal bloğunun bu bölge içerisine girerken, her bir farklı rijitlikteki blokta farklı miktarda girintiler ve deformasyon meydana getirmesine bağlamışlardır.

Aktaş ve Robertson (1990), Elazığ ve Maden çevresinde Tetis Sütur Zonu’nun tektonik evrimini petrolojik ve jeokimyasal çalışmalar ile açıklamaya çalışmışlardır. Araştırmacılara göre, Tersiyer ortalarında gelişimini tamamlayan kıta-kıta çarpışması, Orta Eosen’de yerini oblik atımlı kıtasal yakınlaşmayı içeren sıkışmalı tektonik rejime bırakmıştır. Henüz başlangıç aşamasında olan sütur zonu, derin deniz bazaltik volkanitler ve pelajik karbonatların biriktiği transtansiyonel havzalar oluşturacak şekilde riftleşmiştir. Kabuk kalınlaşması ve kıtasal çarpışma, güneye doğru Arabistan kıta kenarı üzerine nap toplulukların ilerlemesiyle Erken Miyosen’de tamamlanmıştır. Orta Miyosen ile günümüz arasındaki dönemde ise doğrultu atım rejimi baskındır.

Perinçek ve Çemen (1990), Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları arasındaki ilişkiyi tartıştıkları çalışmada, bu iki fay zonunun birleşebilecekleri alan olarak, 1-Amik Havzası’nın güneydoğusunu, 2-Narlı Kasabası’nın kuzeydoğusunu ve 3-Hazar Gölü’nün kuzeydoğusunu önermişlerdir. Araştırmacılar, Palu ile Besni arasında uzanan ve DAFZ’na paralel olarak uzanan sol yanal AFZ’nu ÖDFZ’nun devamı olarak kabul etmektedirler. Bu nedenle, Hazar Gölü’nün kuzeydoğusunu ÖDFZ ile DAFZ’nun birleşim noktası olabileceği görüşünü ortaya atmışlardır.

Taymaz ve diğ. (1991), “Source Parameters of Large Earthquakes In The East Anatolian Fault Zone (Turkey)” başlıklı çalışmalarında, 14.06.1964 Malatya (Ms: 5.7), 06.09.1975 Lice (Ms: 5.9) ve 05.05.1986-06.06.1986 Doğanşehir (Ms: 5.9 ve 5.6) depremleri üzerinde yaptıkları

incelemede DAFS için kayma hızını 29 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Bu depremler için saptanan kayma vektörünün $063^0 \pm 10^0$ olduğunu ve Türkiye ile Arabistan levhaları arasındaki bağıl hareketin yönünü temsil edebileceğini belirtmişlerdir.

Lyberis ve diğ. (1992), yaklaşık 150 km'lik bir alanda, Arabistan-Afrika-Anadolu üçlü eklem noktası çevresindeki tektonik yapıları, Landsat-SPOT uydu görüntüsü üzerinde incelemişler ve elde ettikleri verileri arazi verileri ile birleştirerek yorumlamaya çalışmışlardır. Araştırmacılar, bu bölgenin kıvrımlanma ve ters faylanma türünde deformasyona uğradığını ve deformasyonun esas olarak Anadolu bloğunun kenar kısmına dağıldığını belirtmişlerdir. Kinematik verilere göre Arabistan ve Anadolu levhaları arasındaki göreceli hareket hem sol yanal ve hem de yakınsayan türdedir ve DAFS üzerindeki hareket, Geç Miyosen'den günümüze kadar sol yanal bileşeni olan kısalma ile ilişkili ana yapılar üretmiştir.

Şaroğlu ve diğ. (1992), DAFZ'nun 580 km uzunluğunda, 10 m ile 4 km arasında değişen genişliğe sahip, KD-GB doğrultulu sol yanal aktif bir doğrultu atımlı fay zone olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Karlıova ile Antakya arasında uzanan ve Karlıova'nın doğusunda KAFZ ile birleşen DAFZ'nun, Geç Pliyosen'de oluştuğunu ve toplam 20-25 km'lik bir atıma sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. DAFZ'ni Karlıova-Bingöl, Palu-Hazar Gölü, Hazar Gölü-Sincik, Çelikhan-Erkenek, Gölbaşı-Türkoğlu ve Türkoğlu-Antakya segmentleri olmak üzere esas olarak altı segmente ayırarak inceleyen araştırmacılar, fay zoneunun güneybatıda D-B doğrultulu ve sağ yanal Reyhanlı fayına kadar uzandığını belirtmişlerdir.

Herece ve Akay (1992), DAFZ'nun Karlıova ile Çelikhan arasında kalan bölümü üzerinde ayrıntılı haritalama çalışmaları yapmışlar ve fay zoneunun Sincik ile Palu arasında sol yanal atımlı iki ana faydan oluştuğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, Hazar Gölü'nün bu iki fay arasında yaklaşık 3 km'lik sola sıçramayla oluşan bir çek-ayır havza olduğunu ve DAFZ'nun biri Palu kuzeydoğusunda diğer ise Çelikhan çevresinde olmak üzere, iki yükselim alanı oluşturduğunu ortaya koymuşlardır.

Turan (1993), Elazığ çevresindeki önemli tektonik yapıların bölgenin jeolojik evrimindeki önemini incelemiş ve bu çerçevede DAFS'nin Palu ile Pütürge arasındaki bölümünün ana tektonik çatısını ortaya koymaya çalışmıştır. DAFS'nin kuzeyinde, genç çökeller içerisinde gelişen kademeli kıvrımların fayın kontrolünde ve neotektonik dönemde gelişmiş yapılar olduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, DAFS ve BSZ dışında, başka aktif fayların varlığına da dikkat çekerek, özellikle Baskil, Elazığ ve Çaybağı yakınlarındaki bindirme faylarının da neotektonik dönem ürünü olduğunu ileri sürmüştür. Çalışmada ayrıca, tüm bu neotektonik yapıların, DAFS'nin oluşturduğu basit makaslama gerilmesi altında oluştuğu ve fay sisteminin bu bölgede 10-15 km'lik bir atıma sahip olduğu vurgulanmıştır.

Tonbul ve Özdemir (1994), Palu çevresinde DAFZ üzerinde yaptıkları jeomorfolojik çalışmada, DAFZ'nun bölgede 2-3 km genişliğinde birbirine paralel kayma düzlemleri boyunca hareket eden sol yanal atımlı ana faylar ve bu faylara koşut olarak gelişen sağ ve sol yanal atımlı oblik faylardan oluştuğunu saptamışlardır. Araştırmacılara göre DAFZ, Alt Pliyosen tektonik hareketleri ile varlığını göstermiş, Üst Pliyosen, en Alt Pleyistosen sonunda ve Holosen'de aktivite göstererek gençleşmiştir.

Westaway (1994), "Present-day Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean" başlıklı çalışmasında, DAFZ üzerinde yıllık kayma hızının 14 mm olduğunu ve fay zonunda saptanan toplam yanal yer değiştirme dikkate alındığında, fay zonunun yaklaşık 5 my önce oluşması gerektiğini belirtmiştir. Araştırmacıya göre, DAFZ ile ÖDFZ Kahramanmaraş yakınlarında birleşerek Afrika-Arabistan-Anadolu levhaları arasında üçlü eklem noktası oluşturmaktadırlar.

Sönmez (1995), Hazar Gölü'nün güneyinde, Hazar Köyü çevresinde yaptığı jeolojik çalışmada AFZ'nu, Hazar fayı olarak haritalamış ve fayın Bermaz Ovası'nın doğu kenarını sınırladığını belirtmiştir.

Özdemir (1996), DAFZ'nun Sincik ile Hazar Gölü arasında kalan kesimi üzerinde yaptığı jeomorfolojik çalışmalarda, çizgisel vadiler, Pliyosen (DIII) ve en Alt Pleyistosen (DIV) yüzeylerindeki basamaklı topoğrafya, fay diklik ve sırtları, birikinti yelpazeleri, fay boyunca gelişen asılı vadiler, subsekant vadiler, ötelenmiş vadi ve sırtlar, bataklıklar, fayla kesilmiş sekiler ve heyelanların DAFZ'na bağlı olarak gelişen yer şekilleri olduğunu belirtmiştir. Araştırmacıya göre, DAFZ zaman zaman gençleşmiş ve Fırat Nehri DAFZ tarafından 13 km sol yanal olarak ötelenmiştir. Kuvaterner'deki gençleşme ile Yarpuzlu ve Şiro Çayı'nın kollarında 4 km'ye varan ötelenmeler meydana gelmiştir.

Reilinger ve diğ. (1997), Afrika-Arabistan-Avrasya levhalarının güncel hareketlerini incelemek için yaptıkları GPS ölçümlerine dayalı araştırmalarında, Arabistan Levhası'nın 20+/- 3 mm/yıl'lık hızla K38°+/-13B yönünde hareket ettiğini, KAFS'nin 30+/-2 mm/yıl, DAFS'nin ise 15+/-3 mm/yıl'lık kayma hızları ile hareket ettiğini belirlemişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, Doğu Türkiye dağınık bir deformasyonla temsil edilirken, Orta ve Batı Türkiye düzenli bir levha hareketi ile batıya doğru ilerlemektedir.

İnceöz ve İnce (1999), Palu çevresinde DAFZ üzerinde yaptıkları yapısal ve morfolojik çalışmalarda, AFZ'nun Palu Havzası'nın doğu kenarını sınırladığını ve bu alanda görülen travertenlerin ve sıcak su kaynaklarının fay zonuna bağlı olarak oluştuğunu belirtmişlerdir. Fay zonunun Palu yakınlarında DAFZ'ndan ayrıldığını belirten araştırmacılar, fayın sol yanal bileşeninin yanında, önemli oranda normal bileşenin de olduğunu saptamışlardır.

McClusky ve diğ. (2000), Doğu Akdeniz ve Kafkasya bölgesinin levha kinematiki ve dinamikiyi araştırmak için yaptıkları GPS lmlerinde, Arap Platformu’nun Avrasya Platformu’na göre 18 ± 2 mm/yıl hızla $K24^\circ \pm 5B$ yönünde hareket ettiğini saptamışlardır. Araştırmacılara göre, KAFS’nin yıllık kayma hızı 24 ± 1 mm iken, DAFS’nin yıllık kayma hızı ise 9 ± 1 mm’dir. Ayrıca, KAFS ve DAFS arasında kalan Türkiye’nin orta bölümünün ise içsel deformasyonunun 2 mm/yıl’dan daha az olduğu ve saatin tersi yönünde bir rotasyonla batıya doğru hareket ettiğini ortaya koymuşlardır.

Bal (2002), AFZ’nun Palu ile Işıktepe Havzası arasında kalan en KD uç blm üzerinde yaptığı çalışmada, faylar tarafından ötelenmiş akarsu yatakları, bükülmüş vadi ve sırtlar, faya paralel uzamış sırtlar, çizgisel vadiler, faya paralel dizilmiş kaynaklar, alüvyon yelpazeleri ve fay boyunca görülen ktle hareketlerinin başlıca morfotektonik unsurlar olduğunu belirtmiştir. Bu alanda birkaç m ile 3 km arasında değişen bir genişliğe sahip olan AFZ’nun 1.5 km sol yanal atımın yanında, 100 m düşey atıma da sahip olduğu ve fay zonunun bu bölümünün aktif olduğu vurgulanmıştır.

Nalbant ve diğ. (2002), “Stress Accumulation and Increased Seismic Risk in Eastern Turkey” başlıklı çalışmalarında, “Coulomb Stres Modelleme” tekniğini kullanarak, DAFS’de 1822 yılından günümüze kadar olan dönemdeki stres birikimini hesaplamaya çalışmışlardır. Bu erevede DAFS üzerinde meydana gelen ve sonuçları iyi bilinen 10 tarihsel depreme ait veriler kullanılmış ve DAFS üzerinde stresin yoğun olarak biriktiği alanlar elikhan ve Palu olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçların tarihsel depremlerin özelliklerine dayandığını, bu depremlerin meydana geldiği segmentlerin kırılma geometrilerinin de göz önüne alınarak, bu alanlarda ayrıntılı incelemelerin yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Güneyli (2002), DAFS’nin Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde yapmış olduğu neotektonik ve paleosismolojik çalışmada, segment için yüzey kırığı oluşturabilecek büyüklükteki ($M \geq 7$) depremler açısından tekrarlanma aralığının maksimum 280 ± 55 yıl, minimum 190 ± 40 yıl olduğunu belirlemiştir. Palu-Hazar Gölü segmenti üzerinde meydana gelen en son yıkıcı depremin 1874 Hazar Gölü depremi ($M_s: 7.1$) olduğunu belirten araştırmacı, segment üzerinde 128 yıllık bir sismik enerji birikimin söz konusu olduğunu vurgulamıştır.

elik (2003), Hazar Gölü’nün KD’da DAFS üzerinde yaptığı çalışmada, önceki araştırmacılar tarafından ileri sürüldüğü gibi, fayın bu alanda sıçrama yapmadığını, kuzey ve güney segment olmak üzere iki farklı segmentten oluştuğunu belirtmiştir. Güneydeki segmentin daha aktif olduğunu belirten araştırmacı, Hazar Gölü’n güney kenarı doğrultu atımlı, kuzey kenarı listrik normal faylarla sınırlanan asimetric bir graben olarak yorumlamış ve DAFS için yaklaşık 30 km’lik bir atım önermiştir.

Özdemir ve İnceöz (2003), DAFZ'nun Karlıova-Türkoğlu arasındaki bölümünde akarsu ötelenmeleri ile tektonik verileri karşılaştırdıkları çalışmalarında, fay zonundaki akarsu ötelenmelerinin Karlıova'dan Türkoğlu'na doğru arttığını, bu veriye göre de DAFZ'nun başlangıçta Antakya-Kahramanmaraş arasında oluştuğunu ve daha geç dönemlerde segmentler halinde kırılarak Karlıova'ya ulaştığını ileri sürmüşlerdir.



3.MATERYAL VE METOD

Bu çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin alt zonlarından birisini oluşturan Adıyaman Fay Zonu'nun sismotektonik özelliklerinin araştırılması amacıyla, AFZ'nun güneybatıda Karakaya Baraj Gölü ile kuzeydoğuda Palu arasında kalan bölümü üzerinde, öncelikle saha öncesi ve saha çalışmaları aşamalarında genel incelemeler yapılmış ve 1/25.000 ölçekli ayrıntılı neotektonik haritaları hazırlanmıştır. Bu aşamada kinematik verilerin bulunabileceği ve güncel tektonik aktivite hakkında bilgi verebilecek alanlar belirlenmiştir.

Gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda, özelde AFZ'nun ve genelde DAFS'nin neotektonik özellikleri ve depremelliği hakkında veri tabanı oluşturan jeolojik, sismolojik, morfolojik ve arkeolojik veriler belirli bir sistematik içinde, aşağıda belirtilen başlıklar izlenerek değerlendirilmeye ve yorumlanmaya çalışılmıştır.

3.1.Materyal

Sismotektonik çalışmalarda temel amaç, sismik bakımdan aktif olan fay zonlarında yüzeyde görülen aktif ana ve küçük ölçekli fayların ayrıntılı olarak çalışılması ve aktif zon üzerinde meydana gelen depremlerin odak çözümleri ile faylar arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasıdır. Bu çalışmada AFZ'nun kuzeydoğu bölümü üzerinde fay zonunu oluşturan fayların yüzeyde iyi görüldüğü alanlarda kinematik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, genelde DAFS, özelde ise AFZ üzerinde meydana gelen gerek tarihsel ve gerekse aletsel dönem depremleri ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu depremler ile fayların kinematik özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

3.2.Metod

3.2.1.Saha Öncesi Çalışmalar

Saha çalışmalarına başlanmadan önce konu ile ilgili literatür çalışmaları yapılmış ve bu çerçevede Türkiye'nin neotektoniği, aktif fayları ve özelde çalışılacak alan ile ilgili çok sayıda jeolojik-tektonik çalışma derlenmiş ve gözden geçirilmiştir. AFZ'nun çalışılan bölümüne ait 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü fotoğraf arşivinden alınarak incelenmiştir. Bunun yanında inceleme alanında uzaktan algılama çalışmaları da yapılmıştır. Bu çerçevede 173/33 nolu Landsat TM görüntüsü ve RES10 ve RES11 nolu ASTER görüntüleri kullanılmıştır. Landsat TM ve ASTER görüntüleri bölgenin

yapısal ve stratigrafik özelliklerini en iyi şekilde yansıtabilecek özelliğe gelene kadar işlenmiştir. Hazırlanan uydu görüntüleri arazi çalışmaları sırasında ve tektonik çizgiselliklerin analizinde temel harita olarak da kullanılmıştır. Daha sonra uydu görüntüleri yorumlanarak AFZ ve yakın çevresinin çizgisellik haritası hazırlanmıştır. Bunların yanında, çizgisellikler ile rölyef arasındaki ilişkilerin daha iyi belirlenebilmesi amacıyla 90*90 m çözünürlüğe sahip SRTM (Shuttle Radar Topographical Mission) verileri kullanılmıştır. Diğer yandan, inceleme alanının bitki topluluğu bakımından zayıf olması, uydu görüntüleri üzerindeki çalışmaları son derece kolaylaştırmıştır.

3.2.2.Saha Çalışmaları

3.2.2.1.Haritalama Çalışmaları

Saha öncesi yapılan çalışmalar çerçevesinde, saha çalışmalarında öncelikle, DAFS ve AFZ'nun kuzeydoğu bölümünü oluşturan aktif fay kolları, bu faylar denetiminde gelişen Kuvaterner birimleri ve genç yapılar haritalanmıştır. Haritalama çalışmalarında, aktif faylar ve aktif fayların denetiminde oluşmuş ve/veya faylardan etkilenmiş jeolojik ve jeomorfolojik veriler esas alınmıştır. Bu veriler ile DAFS ve AFZ içerisinde yer alan, neotektonik dönemde oluşmuş aktif faylar, Kuvaterner yaşlı alüvyal ve kolüvyal yelpazeler, akarsu taraçaları, çizgisel vadiler, asılı vadiler, fay kontrollü Kuvaterner yaşlı travertenler, heyelanlar, uzamış sırtlar, dönmüş sırtlar, fay gölleri-bataklıklar ve drenaj ağı haritalanmıştır. Fay zonunun belirli bölümleri aktif faylanma ile ilgili ayrıntılı bilgiler vermesi açısından daha detay ölçeklerde haritalanmıştır. Hava ve uydu görüntülerinden yararlanılarak hazırlanan çizgisellikler arazi çalışmaları sırasında test edilmiş ve kinematik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.2.2.Veritoplama Çalışmaları

Saha çalışmaları sırasında Angelier (1994) tarafından açıklanan metoda uydun olarak fay kinematiği verileri derlenmiştir. Kinematik analiz için veri toplamada, fay düzlemi üzerindeki kayma çizikleri, farklı fazlara ait kesme-kesilme ilişkileri ve stratigrafik verilerden yararlanılmıştır. Bunların dışında özellikle havza dolgusu içerisindeki büyüme faylarından kinematik veriler derlenmeye çalışılmıştır.

3.2.2.3.Büro Çalışmaları

Saha çalışmaları ile gerçekleştirilen haritalama ve enine kesitler gibi ham çizimler bilgisayar ortamına taşınarak son hallerine getirilmiştir. Ayrıca, jeolojik haritalar ile uydu ve hava fotoğraflarından yararlanılarak hazırlanan haritalar arasında uyum sağlanmaya çalışılmıştır. DAFS'nin inceleme alanını da kapsayan bölümü üzerinde gerek aletsel ve gerekse tarihsel dönemde meydana gelen depremler belirlenmiş ve DAFS'nin bu bölümünün sismotektonik haritası hazırlanmıştır. Veri toplama çalışmaları sonucunda elde edilen kinematik veriler, Angelier (1984 ve 1994) tarafından hazırlanan bilgisayar programında değerlendirilmiştir.

4.ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1.Stratigrafi

Adıyaman Fay Zonu (AFZ) inceleme alanındaki uzanımı boyunca Türkiye'nin iki önemli orojenik kuşağını kat etmektedir. Fay zonunun kuzeydoğu bölümü Doğu Toros Orogenik Kuşağı içerisinde yer alırken, güneybatı bölümü ise Kenar Kıvrımları Kuşağı içerisinde kalmaktadır. Bu nedenle, doğal olarak fay zonunun farklı kesimlerinin stratigrafik özellikleri de farklılıklar göstermektedir. Çalışmanın amacı bölgenin ayrıntılı stratigrafik özelliklerini ortaya koymak olmadığından, fay zonunun özellikle paleotektonik dönem kayaları özet olarak, neotektonik dönem kayalarının stratigrafik özellikleri ise daha ayrıntılı olarak açıklanmaya çalışılmıştır.

AFZ'nun kuzeydoğuda Palu ile güneybatıda Çüngüş arasında kalan bölümü Doğu Toros Orogenik Kuşağı içerisinde yer almaktadır. Doğu Torosların bu bölümünde en yaşlı kayaç birimi Paleozoyik-Mezozoyik yaşlı Pütürge Metamorfikleri'dir. İnceleme alanında Hazar Havzası'nın güney bölümlerinde yüzeyleme veren metamorfikler, esas olarak metapelitler, kalkıştiller, rekristalize kireçtaşları ve metakuvarsitlerden oluşmaktadır. Bitlis Sütur Zonu'nun en üst tektonik dilimini oluşturan Pütürge Metamorfikleri, kuzeydoğuda tavanında Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı tarafından açılı uyumsuzlukla örtülürken, tabanında Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitleri üzerine tektonik dokunakla gelmektedir. AFZ zonu içerisinde Hazar Köyü ve Tekevler Köyü ile Palu arasında geniş yüzeylemeler veren Jura-Alt Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitleri, esas olarak serpantin, dünit, piroksenit, gabro ve diyabaz gibi ultrabazik kayaçlardan oluşmaktadır. Ofiyolitlerin diğer birimlerle olan ilişkileri çoğunlukla tektonik olmakla birlikte, Tekevler ile Palu arasında birim, tavanında Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Hazar

Karmaşığı tarafından uyumsuzlukla örtölmektedir. Tavanında Pütürge Metamorfitlei tarafından tektonik dokunakla üzerlenen ofiyolitler, tabanında Hazar Karmaşığı ve Orta Eosen yaşı Maden Karmaşığı üzerinde tektonik dokunakla yer almaktadır. Doğu Toros Orojenik Kuşıağı'nın önemli birimlerinden olan Senoniyen yaşı Elazığ Magmatitleri doğrudan AFZ içerisinde yüzeyleme vermemekle birlikte, AFZ'nun Sivrice Fay Zonu'ndan ayrıldığı Palu çevresinde yüzeylemeler vermektedir. Elazığ Metamorfitlei tabanında Orta Eosen yaşı Maden Karmaşığı üzerine tektonik dokunakla gelirken, tavanında Orta Eosen-Oligosen yaşı Kırkgeçit ve Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşı Karabakır formasyonları tarafından uyumsuz olarak örtölmektedir. Elazığ Magmatitleri bu alanda gabro, granit, granodiyorit gibi derinlik kayaçları, bazalt, andezit, piroklastiler ve buları kesen diyabaz gibi yüzey ve yarı derinlik kayaçları ile bunlar üzerinde yer alan şeyl, kumtaşı, çamurtaşı ve kireçtaşı gibi tortul kayaçlardan oluşmaktadır (Şekil 4.1).



YAŞ	GRUP	FM.	LİTOLOJİ	SİMGE	AÇIKLAMALAR
KUVATERNER				Qal	Tutturulmuş güncel alüvyonlar
				PlQal	İyi tutturulmuş, tabakalanması belirgin eski alüvyonlar
OKTA EOSEN	MADEN KARMAŞIĞI	KARADERE FM.		Tmak	Bazalt, andezit Volkanik çamurtaşları, Piroklastikler
		MELEFAN FM.		Tmam	Kahverengimsi - mor, gri renkli tabakalı yer- yer masif silttaşı - çamurtaşı. Kırmızı - mor açık yeşil, tabakalı killi kireçtaşı ve silttaşı Masif, gri renkli, killi, karbonatlı, iri taneli kumtaşı
KARBON (?) - PERMIYEN	PÜTÜRGÜ METAMORFİTLERİ			PMP	Masif, Pembe, beyaz renkli metakuvarsit Masif beyaz, gri, renkli rekristalize kireçtaşları
					Gri renkli, tabakalı kalkıştiller. Tabakalanmaya paralel şistozite gösteren metapolitler.
JURA ALT - KRETASE	GÜLEMAN GRUBU			JKg	Gabro, klinopiroksenli gabro. Kromit mercikleri Banth ve saçınımlı kromit Banth gabro, piroksenit Dünit, serpantinit, piroksenit
MAESTRA -ALT EOSEN	HAZAR GRUBU	Simaki Formasyonu		KThs	Kaba taneli kumtaşıyla başlayan ? konglomeralar Kumtaşı - marn - şeyl ardalanması

Şekil 4.1. AFZ'nun Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisindeki kesiminin tektonostratigrafik kesiti (Sönmez, 1995'den değiştirilerek alınmıştır).

En tipik yüzeylemelerini AFZ içerisinde Hazar Köyü ile Tekevler Köyü çevrelerinde veren Üst Kretase-Alt Eosen yaşlı Hazar Karmaşığı tabanında Maastrichtiyen-Paleosen yaşlı Simaki ve tavanında Alt Eosen yaşlı Gehroz formasyonlarından oluşmaktadır. Bu birimlerden Gehroz Formasyonu inceleme alanında yüzeyleme vermezken, Simaki Formasyonu inceleme alanının orta bölümünde yüzeyleme vermektedir. Tabanında Guleman Ofiyolitleri üzerine uyumsuzlukla gelen Simaki Formasyonu, tavanında Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Formasyon, esas olarak gri-koyu gri renkli, konglomera ve ince tabakalı kumtaşları ile başlayıp, üste doğru sarımsı bej-açık kahve renkli çamurtaşı, şeyl ve marnlar ile devam etmektedir. AFZ içerisinde en geniş yüzeylemelere sahip olan birim Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'dır. Maden Karmaşığı alttan üste doğru Cefan, Arbo, Melefan ve Karadere formasyonlarından oluşmaktadır. İnceleme alanında bu formasyonlardan Melefan ve Karadere formasyonları yüzeyleme vermektedir. Kendisinden yaşlı birimleri uyumsuz olarak örten Melefan Formasyonu, alttan üste doğru gri renkli, masif, yer yer killi, yer yer karbonatlı iri taneli kumtaşları, kırmızı-mor-açık yeşil renkli, ince-orta tabakalı killi kireçtaşı ve silttaşları ile kahve-bordo-gri renkli, çoğunlukla masif, yer yer tabakalı silttaşı-çamurtaşı ardalanması ile temsil edilmektedir. Melefan Formasyonu üzerinde uyumlu olarak yer alan Karadere Formasyonu, esas olarak volkanik çamurtaşları, piroklastitler, bazalt ve andezitler ile bunları kesen diyabaz damarlarından oluşmaktadır. Bu formasyonlar tavanında Pütürge Metamorfileri, Guleman Ofiyolitleri, Elazığ Magmatitleri ve Hazar Karmaşığı tarafından tektonik dokunakla üzerlenmektedir. DAFS içerisinde Palu çevresinde yüzeyleme veren diğer bir birim ise Orta Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'dur. Elazığ Magmatitleri üzerine uyumsuz olarak gelen formasyon, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Kırkgeçit Formasyonu bu alanda konglomera, kumtaşı, killi kireçtaşı, kalkarenit, kireçtaşı, çamurtaşı ve marnlardan oluşmaktadır. Doğu Toros Orojenik Kuşağı'na ait en son paleotektonik dönem birimi Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu'dur. AFZ'nun en kuzeydoğu uç bölümünde yer alan Palu-Kovancılar çevresinde yüzeylemeler veren formasyon, esas olarak konglomera, kumtaşı, killi kireçtaşı, marn, tüfit, bazalt ve bazaltik piroklastitlerden oluşmaktadır. Tabanında Kırkgeçit Formasyonu üzerine açılı uyumsuzlukla gelen formasyon, tavanında neotektonik dönem birimleri tarafından yine açılı uyumsuzlukla örtülmektedir.

Yukarıda da açıklandığı gibi, AFZ güneybatı bölümünde Bitlis Sütur Zonu'nu keserek Arap Platformu içerisinde Besni ilçesinin güneybatısına kadar uzanmaktadır. Bu alanın stratigrafisine genel olarak bakıldığında, Arap Platformu'nun Kambriyen'den günümüze kadar sürekli olarak bir depolanma havzası karakterini koruduğu anlaşılmaktadır. Yılmaz (1993)

yaptığı çalışmada, Arap Platformu üzerinde görülen birimleri esas olarak 4 topluluğa ayırmıştır (Şekil 4.2). Bu topluluklar alttan üste doğru aşağıda verilmiştir:

- 1-Alt otokton istif
- 2-Alt allokton birimler
- 3-Üst otokton istif
- 4-Üst allokton birimler

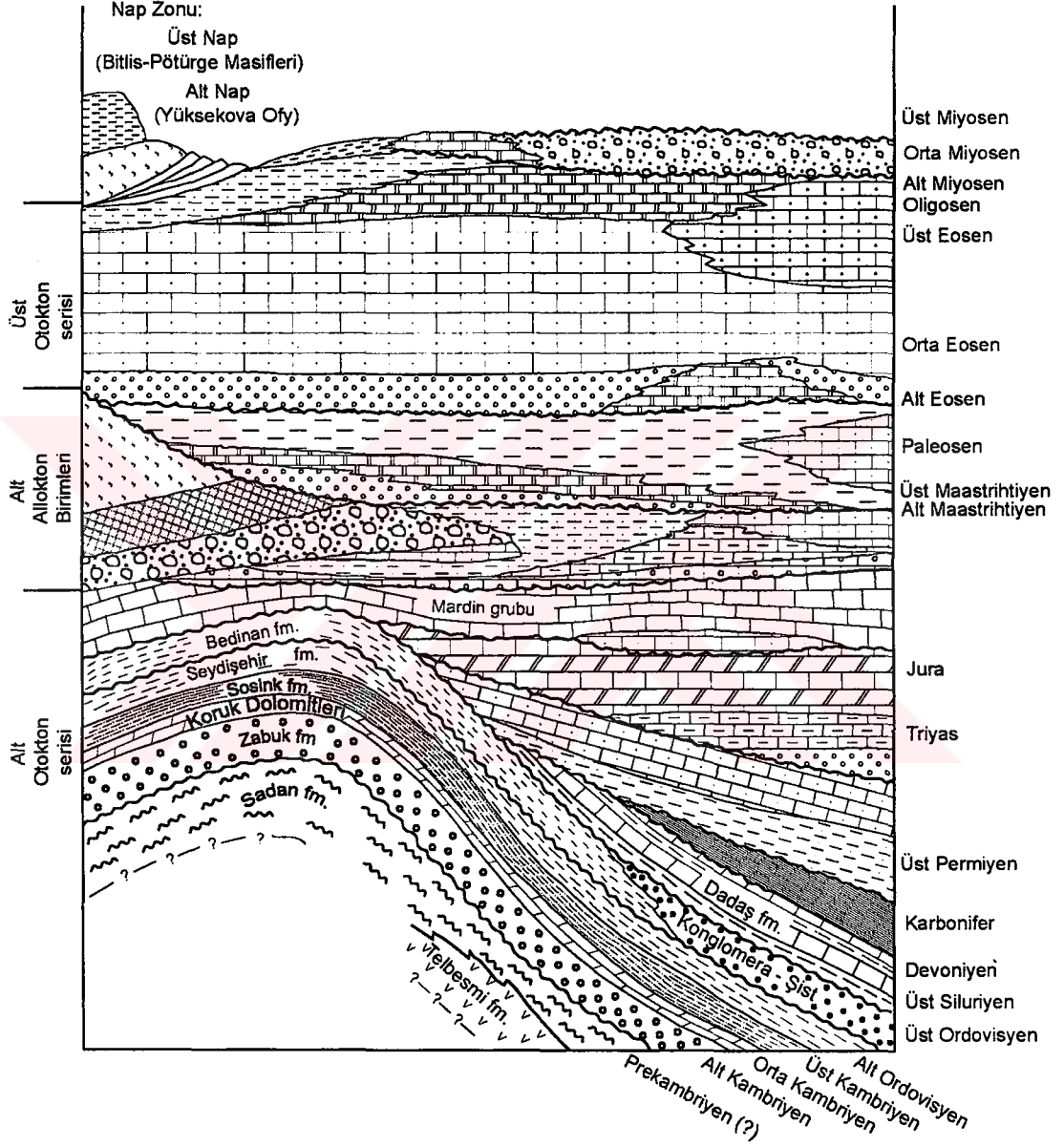
Alt otokton istif Prekambriyen'den Üst Kretase'ye kadar değişik yaşlara sahip Paleozoyik ve Mesozoyik yaşlı çökellerden oluşmaktadır. Bu istif alt allokton birimlerin altında yer almaktadır. İstifin Alt Paleozoyik yaşlı birimleri sığ denizel kırıntılı çökellerden oluşan kalın bir istif ile temsil edilmektedir. Devoniyen'den Kretase'ye kadar olan dönem içerisinde bu kırıntılı çökeller neritik karbonatlar ile yer değiştirmektedir.

Alt otokton istifin üzerinde yer alan **alt allokton birimler**, iki ana kaya grubu ve bunlarla ilişkili kayalardan yapıları bir nap istifinden oluşmaktadır. Allokton birimler üstte farklı bölgelerde değişik isimlerle tanımlanan ofiyolitik kayaç topluluğundan oluşmaktadır. Ofiyolitlerin altında ise bindirme düzlemleri ile ayrılmış, iç yapısı kaotik iki farklı topluluk söz konusudur. Bu topluluklar ofiyolit üzerlemesi sırasında platform üzerine yerleşmişlerdir.

Üst Kretase'de ofiyolitlerin yerleşimi ön ülke alanlarında kısmen sedimantasyonu kesikliğe uğratsa da, platformun genelinde sedimantasyon Geç Maastrichtiyen'e kadar aralıksız olarak devam etmiştir. **Üst otokton istif** olarak tanımlanan bu istifte, zaman zaman ani fasiyes değişiklikleri görülmekle birlikte, genelde kırıntılı ve neritik karbonatların ardalanmasından oluşan bir sedimantasyon söz konusudur.

Geç Mesozoyik sonlarındaki ofiyolit yerleşiminden sonra, platform üzerine ikinci ana nap yerleşimi Erken Miyosen ile başlamıştır. Bu dönemle birlikte, metamorfik masifler tarafından tektonik olarak üzerlenen ve yaygın olarak ofiyolitik naplar içeren önemli bir nap kümesi, güneye doğru Eosen-Erken Miyosen ön ülke havzası birimleri ve bunların kuzeydeki eşlenikleri durumundaki kaba kırıntılılar, volkanoklastikler ve volkanik kayaçlar ile ardışıklı birimler üzerine itilmişlerdir. İkinci nap kümesini oluşturan bu kayaç topluluğu **üst allokton birimler** olarak tanımlanmışlardır (Şekil 4.2).

AFZ'nun uzanımı boyunca görülen ve yukarıda kısaca açıklanmaya çalışılan paleotektonik dönem kayaları üzerine, özellikle kuzeydoğu alanlarda ve yaygın olarak fayların denetiminde açılan havzalarda depolanmış neotektonik dönem kayaları açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Neotektonik döneme ait kaya birimleri aşağıdaki paragraflarda açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.2. Arap Platformu'nun kuzeybatı bölümünün stratigrafik dikme kesiti (Yılmaz, 1993)

Bölgede neotektonik dönem ürünü olan ilk birim, Kovancılar havzasında depolanan gölsel çökellerdir. Tabanında Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu üzerine açılı uyumsuzlukla gelen bu çökeller, tavanında Pleyistosen yaşlı Palu Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Yer yer karbonat ve yer yer de kum matriksli, tane destekli konglomeralardan oluşan gölsel çökellerin kalınlığı 20 m dolayındadır. Polijenik çakıllardan oluşan ve yatay duruşlu olan bu konglomeraların yaşı, bulundukları stratigrafik seviye göz önüne alınarak Geç Pliyosen olarak kabul edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Palu formasyonuna ait akarsu çökelleri.

Gölsel çökeller üzerinde açılı uyumsuzlukla gelen ve neotektonik döneme ait önemli birimlerden birisi de Palu Formasyonu'dur. İnceleme alanının kuzeydoğusunda DAFS'nin alt zonlarının birbirinden ayrıldığı Palu-Kovancılar çevresinde yüzeylemeler veren birim, tabanında kendisinden yaşlı birimler üzerine uyumsuz olarak gelirken tavanında güncel alüvyonlar tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Murat Nehri'nin eski yatağına ait çökellerden oluşan formasyon, esas olarak konglomera, kumtaşı, silttaşı, ve çamurtaşları ile temsil edilmektedir (İnceöz ve İnce, 1999; Bal, 2002). Formasyonu oluşturan konglomeralar kaba kum ve ince çakıl boyutundaki bir matriks ile zayıf bir şekilde tutturulmuş polijenik çakıllardan oluşmaktadır. Yer yer kiremitlenmenin gözlemlendiği çakılların büyük çoğunluğu magmatik kökenli olmakla birlikte, kireçtaşı ve kumtaşı çakıllarına da rastlanmaktadır. Teknemsi çapraz

tabakalanmaların yaygın olarak gözleendiği konglomeralarda çakıl boyları 1-2 cm ile 2 m arasında değişmektedir. Konglomeralar içerisinde çapları yer yer 20-30 cm'ye kadar ulaşan çamur-silt topacıkları da gözlenmektedir. Bej, kahverengimsi kırmızı renkli olan kumtaşları konglomeralar ile yanal ve düşey ilişkilidir. Zayıf çimentolu ve tekneimsi çapraz tabakalanmalar gösteren kumtaşlarında tabaka kalınlıkları 30-40 cm arasında değişmektedir. Palu Formasyonu içerisinde görülen ve genel olarak konglomera ve kumtaşları ile ardalanmalı olan silttaşı ve çamurtaşları, masif, seyrek çakıllı, sarımsı bej ve bordo renkli düzeyler şeklindedir ve kalınlıkları 15-20 m arasında değişmektedir. Palu Formasyonu içerisinde birime yaş verebilecek herhangi bir fosil bulgusuna rastlanmamıştır. İnceleme alanı ve yakın çevresinde formasyon üzerinde incelemeler yapan araştırmacılardan bazıları, birimin bulunduğu stratigrafik seviyeyi göz önüne alarak Pliyo-Kuvaterner yaşlı olabileceğini kabul etmişlerdir (Çetindağ, 1985; Türkmen, 1988). İnceöz ve İnce (1999) ve Bal (2002), Palu-Kovancılar çevresinde yaptıkları çalışmalarda, Palu Formasyonu'nun Kovancılar havzasında depolanmış Geç Pliyosen yaşlı gölssel çökeller üzerine açılı uyumsuzlukla geldiğini ve bu nedenle birimin Pleyistosen yaşlı olması gerektiğini belirtmişlerdir. Güneyli (2002), aynı bölgede yaptığı çalışmada, yaşını Orta-Üst Pleyistosen olarak saptadığı alüvyal yelpazelerin, çoğu kesimde Palu Formasyonu'na ait akarsu alüvyonlarını örttüğünü ve ayrıca, Palu Formasyonu'na ait birimlerin morfolojik özelliklerini ve yüksek deformasyon derecelerini de göz önüne alarak, formasyonun Alt-Orta Pleyistosen yaşlı olması gerektiğini belirtmiştir (Şekil 4.4).

AFZ'nun en genç birimlerini akarsu ve alüvyal yelpaze çökelleri oluşturmaktadır. Bunlardan alüvyal yelpaze çökelleri Palu havzasının doğu bölümünde ve ayrıca Işıktepe ve Hazar havzalarının doğu ve batı bölümlerinde havzayı sınırlayan fay kontrollü yükseltilerin ön kısmında gelişmiştir (Şekil 4.5). Kuvaterner yaşlı bu yelpazelerin yakınsak kısımlarında boylanmamış, kum destekli, kaba taneli, kötü tabakalanmış moloz akması çökelleri baskındır. Tane boyları birkaç mm ile 1 m arasında değişmektedir. Yelpazelerin orta kısımlarında ise kum boyu sedimanlardan oluşan yer yer iyi tabakalı çökeller yaygındır. Alüvyal yelpazelerin uç kısımlarında ise ince tabakalı, ince taneli kum, silt ve koyu kahve renkli kilden oluşan alüvyal düzlük çökelleri yer almaktadır. AFZ içerisinde akarsu çökelleri yaygın olarak Maden ve Bermaz çaylarının yatakları içerisinde ve kenarlarında depolanmıştır. Yaygın olarak çakıl ve kum depolanmalarından oluşan bu çökeller içerisinde az oranda silt ve kil boyu malzemelere de rastlanmaktadır.

Palu havzasının güney bölümünde Baltaş Beldesi çevresinde, AFZ üzerinde, boyutları birkaç 10 m² ile birkaç km² arasında değişen traverten oluşumları vardır (Şekil 4.6). Travertenlerin bulunduğu alanda AFZ, birbirine paralel ve boyutları değişken çok sayıda fay kollarından oluşmaktadır. Yapılan incelemelerde travertenlerin bu faylara bağlı olarak oluştuğu

ve yine bu faylar tarafından kesilerek Palu havzasına doğru güneyden kuzeye kademeli olarak d           belirlenmi  tir. AFZ'nun yakın kuzeyinde bulunan Sivrice Fay Zonu üzerinde de traverten olu ukları söz konusudur. Gerek Sivrice ve gerekse Adıyaman fay zonları üzerinde günümüzde traverten oluşumlarının devam etmesi nedeniyle DAFS  zerindeki travertenler Pleyistosen ve Holosen ya lı olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Faya paralel olarak gelişen, teras ve kanal tipi özellikleri sergileyen bu travertenler Jura-Alt Kretase ya lı ofiyolitik kayalar üzerinde geli mi lerdir. Devam eden güncel traverten oluşumları ve faylar boyunca görülen mineralli su  ıkı ları, DAFS'nin son derece aktif olduğunu destekleyen verilerdir.





Şekil 4.5. Hazar havzasının güneyinde gelişen alüvyal yelpaze.



Şekil 4.6. Baltaşlı Beldesi çevresindeki travertenler.

SENOZOYİK										Ü. SİSTEM
TERSİYER			KUVATERNER				SİSTEM		Ü. SİSTEM	
PALEOJEN	NEOJEN		PLİYÖSEN		PLEYİSTÖSEN		HOLOSEN		SERİ	
EOSEN	MİYOSEN	Üst	Alt	Orta	Üst					
Kırkgöçü Formasyonu			Çaybağı Formasyonu			Palu Formasyonu (Plk)			FORMASYON	
Tk	Tç		Qt1		Qt2-Qf1		SİMGE		LİTOLOJİ	

Şekil 4.4. AFZ'nun kuzeydoğu bölümündeki kesiminin neotektonik dikme kesiti (Türkmen, 1991'den değiştirilerek alınmıştır).

4.2. Tektonik

Türkiye, sismik bakımdan dünyadaki en aktif kuşaklardan birisi üzerinde yer almaktadır. Bu olguyu, son on yıllık dönemde yaşadığımız, çok sayıda insanımızın hayatını kaybettiği ve önemli maddi kayıplara uğradığımız 1 Ekim 1995 Dinar (Mw: 6.1), 27 Haziran 1998 Adana-Ceyhan (Mw: 6.3), 17 Ağustos 1999 Gölcük (Mw: 7.4), 12 Kasım 1999 Düzce (Mw: 7.2), 3 Şubat 2002 Çay (Mw: 6.2), 27 Ocak 2003 Pülümür (Mw: 6.0) ve 1 Mayıs 2003 Sancak-Bingöl (Mw: 6.4) depremleri bir kez daha doğrulamıştır.

“Akdeniz Deprem Kuşağı” içerisinde yer alan Türkiye, Afrika ve Avrasya levhaları arasındaki kıtasal çarpışmadan kaynaklanan karmaşık bir deformasyon alanıdır. Bu özelliği ile Türkiye, çarpışma sonrası kıta içi yaklaşım ve tektonik kaçma ile ilişkili deformasyonların oluşabileceği doğal bir laboratuvar durumundadır. Bu deformasyonlar kıvrımlı-ters faylı çarpışma kuşakları, suture zonlarını, aktif doğrultu atımlı ve normal fayları, ayrıca bu faylanmalara bağlı havza oluşumlarını içermektedir.

Türkiye'nin bugünkü jeolojik çatısı, Orta Miyosen ile erken Geç Miyosen (Langiyen-Serravaliyen) aralığında oluşan ve bölgede neotektonik dönemin başlangıcı olarak kabul edilen kıta-kıta çarpışması ve bunun sonucu olarak, Anadolu Levhası'nın batıya kaçışı ile şekillenmeye başlamıştır (McKenzie, 1970, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör, 1980; Şengör ve Yılmaz, 1981). Arabistan levhasının kuzeye doğru hareketi sonucu Avrasya ve Arabistan levhaları arasındaki okyanus tamamen kapanmış ve iki levha Bitlis-Zagros Suture Zonu boyunca çarpışmaya başlamışlardır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Bu çarpışmayı Doğu Anadolu Bölgesi'nde hemen hemen her yerde yaygın olarak izlenen kısalma türündeki deformasyonu içeren kıtasal yaklaşma izlemişi ve bu yaklaşma bölgede K-G doğrultusunda kabuk kalınlaşması, diskordanslar, kıvrımlanmalar ve bindirme faylarının oluşmasına neden olmuştur (McKenzie, 1969; Hempton, 1987; Koçyiğit v.d., 2001). Bu dönemin ardından yaklaşık 5 my önce Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve Malatya-Ovacık Fay Zonu (MOFZ) olarak adlandırılan doğrultu atımlı fay kuşakları aktif hale geçmiştir. Günümüzden yaklaşık 3 my önce Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin aktif hale geçmesi ile de bölgenin geometrisi tamamen değişmiştir (Westaway ve Arger, 2001).

Türkiye'nin neotektoniğini 3 ana yapısal unsur kontrol etmektedir: 1-Güneydeki Afrika levhasının kuzeydeki Anadolu levhası altına dalarak yakınsayan bir levha sınırı oluşturdıkları Ege-Kıbrıs Yayı, 2-Sağ yanal Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve 3-Sol yanal Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS). Dünyanın en önemli kıta içi transform faylarından olan KAFS ve DAFS boyunca, kama şekilli Anadolu Levhası doğudaki kıtasal çarpışma alanından batıya doğru hareket etmektedir.

20. yüzyılda hasar yapıcı önemli depremler üreten KAFS, doğuda Karlıova üçlü eklem noktasından başlayarak, batıda Marmara Denizi içlerinden Yunanistan'a kadar uzanan yaklaşık 1500 km uzunluğunda sağ yanal bir transform fay sistemidir. Baskın olarak tekil bir zon olmakla birlikte, genişliği birkaç 100 m ile 40 km arasında değişmektedir. Uzanımı boyunca fay sistemi zaman zaman örgülü (amostomosing) geometri sergileyen çok sayıda kısa, yarı paralel fay parçalarından oluşmaktadır. Kuzeyde Avrasya Levhası ile güneyde Anadolu Levhası arasındaki sınırın önemli bir bölümünü oluşturan KAFS aynı zamanda Karadeniz Kıyısı'na az çok paraleldir. Fay sisteminden ayrılan (splay faults) ve Anadolu Levhası'nın içlerine kadar uzanan ikincil faylar (Almus Fay Zonu, Yıldızeli Fay Zonu, Taşova-Çorum Fay Zonu v.b), sistemin en karakteristik özelliklerinden birisidir.

22 Mayıs 1971 Bingöl depremi (Mw: 6.8) hariç tutulduğunda, 20.yüzyılda önemli bir deprem üretmeyen DAFS, kuzeydoğuda Karlıova üçlü eklem noktası ile güneybatıda Karataş ve Samandağ ilçeleri arasında uzanan, yaklaşık KD gidişli 30 km genişliğinde, 700 km uzunluğunda sol yanal bir doğrultu atımlı fay sistemidir. DAFS, boyut ve geometrileri birbirine benzeyen bir dizi paralel ve yarı paralel fay zonları, fay takımları ve tekil faylardan oluşmaktadır. 1874 Gölcük (Sivrice-Elazığ) depreminden bu yana son 130 yıldır önemli bir deprem üretmeyen fay sistemi, yakın gelecekte hasar yapıcı önemli depremler üretebilecektir.

Bölgesel ölçekte bakıldığında DAFS, sıkıştırıcı sıçramalar (restraining stepovers), dallanmalar (bifurcations) ve gevşeten bükümler (releasing bends) ile birbirlerinden ayrılan en az yedi yapısal bölümden (segment) oluşmaktadır (Koçyiğit v.d., 2003). Şaroğlu v.d. (1992), fay kollarında belirgin ölçüde doğrultu değişimleri, uzun mesafeler boyunca düzenli olarak devam ettikten sonra aniden sonlanmalar ve sıçramalar yaparak başka faylardan ayrılma gibi özellikleri göz önünde bulundurarak, DAFS'ni altı bölüme ayırmışlardır. Bu segmentler kuzeydoğudan güneybatıya doğru sırası ile *Karlıova-Bingöl* segmenti, *Palu-Hazar Gölü* segmenti, *Hazar Gölü-Sincik* segmenti, *Çelikhan-Erkenek* segmenti, *Gölbaşı-Türkoğlu* segmenti ve *Türkoğlu-Antakya* segmentidir. Koçyiğit v.d. (2003), yukarıda belirtilen *Palu-Hazar Gölü* ve *Hazar Gölü-Sincik* segmentlerinin aslında tek bir yapısal segment olduğunu kabul ederek, DAFS'nin en büyük segmentini oluşturduğunu belirtmişlerdir. *Palu-Yarpuzlu Segmenti* (PYS) olarak adlandırılan bu segment, yaklaşık 180 km uzunluğunda ve K60°D doğrultuludur. PYS, yaklaşık 40 km genişliğe ulaştığı Elazığ bölgesinde, batıdan doğuya doğru; 1-Uluova Fay Zonu, 2-Sivrice Fay Zonu ve 3-Adıyaman Fay Zonu olmak üzere üç alt zona ayrılmaktadır.

Palu ilçesinin güneybatısında üç alt zona ayrılan PYS'nin batıdaki alt zon olan Uluova Fay Zonu (UFZ), Uluova Havzası'nın doğu bölümünü sınırlar ve DAFS'nin genel gidişine paralel olarak uzanır. KD'da DAFS'den ayrılan ve GB'da Malatya Havzası'nın

güneyine kadar uzanan ve uzanımı boyunca sıkıştıran sıçramalar (restraining stepovers) yapan sol yanal doğrultu atımlı fay zonu yaklaşık 75 km uzunluğundadır.

PYS'nin en uzun ve en iyi tanımlanmış (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Hempton ve Dunne, 1983; Herece ve Akay, 1992; İnceöz ve İnce, 1999; Çelik, 2003; Şaroğlu v.d., 1992; Güneyli, 2002; Çetin, v.d., 2003) alt zonu olan Sivrice Fay Zonu (SFZ), KD'da Bingöl'ün 10 km KB'daki Çevrîmpınar Köyü ile GB'da Malatya GD'daki Yarpuzlu İlçesi arasında yer almaktadır. 3-6 km genişliğe, 180 km uzunluğa ve K60°D doğrultuya sahip olan fay zonu, değişken uzunluklara sahip çok sayıda paralel, yarı paralel fay setleri ve tekil faylardan oluşan sol yanal bir doğrultu atımlı fay zonudur. DAFS ve PYS'nin orta bölümünü oluşturan ve DAFS'nin ana kırığını (master strand) içerisinde barındıran SFZ, örgülü geometri, çek-ayır havzalar, faya paralel ve oblik olarak gelişmiş basınç sırtları, elipsoidal geçici göller, traverten oluşumları, kademeli kıvrımlar, sıkıştıran ve gevşeten bükümlere bağlı olarak gelişen rift benzeri morfotektonik çukurluklar gibi çok sayıda doğrultu atımlı faylanma ile ilişkili karakteristik yapılar sergilemektedir.

DAFS'nin doğudaki alt zonunu oluşturan Adıyaman Fay Zonu (AFZ), KD'da Palu ile GB'da Narlı doğusuna kadar uzanan sol yanal bir doğrultu atımlı fay zonudur. İlk defa Perinçek v.d. (1987) tarafından tanımlanan AFZ üzerinde doğrudan yapılmış çok az çalışma söz konusudur (Tatar, 1987; Perinçek ve Çemen, 1990; Bal, 2002). Çoğu yerde tek bir çizgisellik olarak izlenen fay zonunun genişliği, yer yer 3 km'ye kadar ulaşmaktadır. DAFS'nin genel doğrultusuna paralel olarak uzanan fay zonu, KD'da Palu Havzası'nın doğu kenarını denetleyerek GB'ya doğru Işıktepe ve Hazar havzalarının doğu kenarına kadar uzanır. Daha GB'da Bitlis Sütur Zonu'nu ve Fırat Nehri'ni sol yanal olarak öteleyen AFZ, Adıyaman Havzası'nı kateder ve Narlı doğusunda batıya dönerek DAFS ile tekrar birleşir. AFZ'da doğrultu atımlı fay zonlarının en karakteristik yapılarından olan örgülü geometri, çek-ayır havzalar, faya paralel ve oblik olarak gelişmiş basınç sırtları, traverten oluşumları, kademeli kıvrımlar ve basamaklı morfoloji gibi yapılar yaygın olarak izlenmektedir.

Adıyaman Fay Zonu'nun içinde yer alan faylar KD'dan GB'ya doğru en yakın yerleşim birimi veya coğrafik unsurun adı kullanılarak adlandırılmıştır. Faylar tanımlanırken uzunluk, doğrultu, fay tipi ve uzanım esasları göz önünde bulundurulmuştur. AFZ'nu oluşturan faylar aşağıda büyüklük ve önem derecelerine göre tanımlanmışlardır:

4.2.1. Adıyaman Fay Zonu Ana Kırığı (AFZAK)

İnceleme alanında yaklaşık 90 km'lik bir uzunluğa sahip olan AFZ'nun ana kırığı, Palu ilçesinin 3 km KD'da DAFS'nin önemli segmentlerinden olan PYS'den ayrılır. GB'ya doğru

yaklaşık K50⁰D doğrultusunda uzanan ve sol yanal doğrultu atımlı olan AFZAK, bu noktadan itibaren yaklaşık 10 km kadar Caru Çayı yatağını kontrol ettikten sonra Palu havzasına ulaşır. Palu havzasının doğu kenarını sınırlayan ana kırık, bu noktada Üçdeğirmenler fayı tarafından sola ötelenir. GB'ya doğru yaklaşık aynı doğrultuda uzanan ve Örtülü ve Tekevler köyleri ile Işıktepe havzasının orta bölümünden geçen fay, bu noktadan sonra Hazar havzasının doğu kenarını sınırlar. Bu alanlarda Guleman Ofiyolitleri, Hazar Grubu ve Maden Karmaşığı içerisinde geçen fay, özellikle Hazar havzasını sınırladığı alanda sağa ve sola küçük ölçekli sıçramalar yapmaktadır. Hazar Beldesi'nin GB'da metamorfitletler ile havza dolgusu arasındaki sınırı kontrol eden ana kırık, Çakıroğlu Köyü'nden itibaren Pütürge Metamorfitletleri içerisinde gelişmiştir. Hindibaba Köyü kuzeyinde Bitlis Sütür Zonu'nu kesen fay, yine aynı doğrultuda devam ederek Gerger İlçesi sınırlarına kadar ulaşır. AFZAK Cumhuriyetçi Köyü yakınlarında Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu arasındaki dokunağı yaklaşık 500 m, Işıktepe havzasında Maden Çayı'nı 1.5 km ve inceleme alanının GB bölümünde Fırat Nehir yatağını 5 km kadar sol yanal olarak ötelemiştir (Ek-1).

4.2.2. Işıktepe Fay Seti (IFS)

Işıktepe havzasının doğu kenarını sınırlayan ve Işıktepe Köyü'nden başlayarak KD'ya doğru, AFZAK ile aynı doğrultuya sahip olan IFS, yaklaşık 13 km uzunluğunda ve 3 km genişliğindedir. Fay seti boyutları değişken ve özellikle Işıktepe Köyü çevresinde önemli oranda normal bileşeni olan çok sayıda sol yanal doğrultu atımlı faydan oluşmaktadır. Cumhuriyetçi Köyü ile Örtülü Köyü arasında fay seti ile AFZAK arasındaki bölüm, oldukça tipik örgülü bir geometri sergilemektedir. IFS Örtülü Köyü'nün 1 km kadar doğusunda Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu arasındaki dokunağı 700 m sol yanal olarak ötelemiştir (Ek-1).

4.2.3. Başkaynak Fay Seti (BFS)

Hazar havzasının batı bölümünü sınırlayan ve Başkaynak Köyü'nden başlayarak K10⁰-20⁰D doğrultusunda yaklaşık 11 km kadar izlenen fay seti, kademeli sol yönlü faylar ile bunların eşleniği durumundaki K10⁰-30⁰B arasında değişen doğrultulara sahip sağ yanal faylardan oluşmaktadır. Uzunlukları 1 ile 4 km arasında değişen fayların önemli oranda normal bileşeni söz konusudur. BFS inceleme alanında Guleman Ofiyolitleri ve Maden Karmaşığı ile havza dolgusu arasındaki dokunağı denetlemektedir. Aynı zamanda fay seti, kuzeydeki Hazar Baba Dağı ile güneydeki Hazar Havzası arasındaki yaklaşık 1000 m'lik yükseklik farkını da kontrol etmektedir. Bu veri ve fay seti üzerindeki haritalama çalışmaları, fay setinin inceleme

alanının bu bölümünde kademeli bir topoğrafyaya sahip olduğunu göstermektedir. Fay seti boyunca Başkaynak ve Sağır derelerinde yaklaşık 250 m'lik sol yanal yer değiştirmelerin varlığı saptanmıştır (Ek-1).

4.2.4.Üçdeğirmenler Fayı (ÜF)

Üçdeğirmenler Köyü'nden geçen ve D-B doğrultusunda 8 km kadar izlenebilen sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Doğuda Hazar Grubu ile Maden Karmaşığı arasındaki dokunağı denetleyen fay, batıda Hazar Grubu içerisinden geçtikten sonra batı ucunda Pleyistosen yaşlı Palu Formasyonu'nu keserek ana fay ile birleşir. Ana fay ile 25⁰'lik açı yapan fay, Deregan Deresi'nde 1400 m, Değirmen Deresi'nde 900 m ve Mezra Deresi'nde 600 m'lik ötelenmelere neden olmuştur (Ek-1) .

4.2.5.Çakıroğlu Fayı (ÇF)

Çakıroğlu Köyü yakınında AFZAK'dan ayrılan fay, yaklaşık D-B doğrultusunda 8 km kadar izlenmektedir. Sol yanal doğrultu atımlı bir fay olan ÇF, Hazar Havzası'nın GB uç kesiminden başlayarak batıya doğru tamamen Pütürge Metamorfileri içerisinde gelişmiştir. Uzanımı boyunca Söğüt Dere'yi denetleyen fay morfolojik olarak bu derenin düz çizgisel vadisi ile son derece belirgindir. Fayın atımı konusunda inceleme alanından herhangi bir veri elde edilememiştir.

4.2.6.Gökçepelit Fayı (GPF)

Gökçepelit Köyü yakınlarından başlayarak KD'ya doğru K70⁰D doğrultusunda 8 km kadar izlenen GPF, sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Tamamen Pütürge Metamorfileri içerisinde gelişmiş olan fay, aynı zamanda Gökçepelit Deresi'ni kontrol etmektedir. Gökçepelit Deresi'nde yaklaşık 7 km'lik sol yanal yer değiştirmeye neden olan fay, saha incelemelerinde düz çizgisel uzanımlı dere yatağı ile morfolojik olarak son derece belirgindir (Ek-1).

4.3.Morfotektonik

İnceleme alanının en önemli drenaj sistemini Fırat ve Murat nehirleri, Maden (Dicle), Caru, Bermaz, Vartinik, Bazo ve Hallan çayları ile Kavak, Pinos, Mialan, Mirzan, Değirmen, Gökçepelit ve Söğüt dereleri oluşturmaktadır. Bu bölümde drenaj ağı ile tektonik yapılar

arasındaki ilişki, inceleme alanının kuzeydoğu bölümünden güneybatı bölümüne doğru açıklanmaya çalışılacaktır. Palu ilçesinin yaklaşık 8 km kadar KD'sundan inceleme alanına giren Murat Nehri, Palu'nun 2 km batısına kadar KD-GB doğrultusunda uzandıktan sonra, bu noktadan itibaren KB-GD doğrultusuna dönerek 4.5 km daha uzanımına devam eder. Seydili Köyü batısından itibaren yaklaşık 8 km kadar uzanan nehir, daha sonra Keban Baraj Gölü'ne kavuşur. Kuzeydoğudan inceleme alanına giren Murat Nehri yatağının ilk 4 km'lik ve Palu'nun yakın güneyinde nehir yatağının yaklaşık 3 km'lik bölümleri oldukça düz çizgisel bir vadi özelliğindedir. Bu iki alanda nehir yatağının gösterdiği çizgisellik ve Palu'nun güneyinde nehir yatağına dik olarak gelişen alüvyal yelpazeler, yelpazeler üzerindeki kuru derelerde gözlenen sol yanal ötelenmeler ve breşik zonlar, bu alanlarda nehir yatağının DAFS'ye ait faylarla denetlendiğini göstermektedir (Şekil 4.7).

Palu İlçesi'nin güneyinde yer alan ve inceleme alanına GD'dan giren Caru Çayı, başlangıçta güneyden kuzeye doğru akarken, Palu'nun 2 km GB'sında aniden yön değiştirerek KD-GB doğrultusunda 9 km akışına devam ettikten sonra, Palu havzasının doğusunda yeniden K-G doğrultusuna dönerek Murat Nehri'ne ulaşır. Caru Çayı'nın 9 km'lik mesafede KD-GB doğrultusunda ve düz bir vadi oluşturacak şekilde akış göstermesi AFZ'nun ana kırığı tarafından kontrol edilmiş olduğunu göstermektedir (Şekil 4.8). Caru Çayı'nın güneyinde yer alan ve akış yönleri başlangıçta K-G olan Deregan, Değirmen ve Mezra dereleri sırasıyla 1400 m, 900 m ve 600 m'lik mesafelerde KD-GB doğrultusunda düz vadilerde akış göstermekte ve daha sonra yeniden K-G doğrultusuna dönerek Caru Çayı ile birleşirler. Derelerin doğrultularında meydana gelen bu değişikliğe sol yanal Üçdeğirmenler fayı neden olmuştur.

Tekever Köyü'nün üzerinde bulunduğu Pinos Deresi, KD'da başlangıçta D-B doğrultusunda uzanmakta ve daha sonra GB'ya doğru KD-GB ve D-B doğrultulu basamaklar oluşturmaktadır. Dere yatağında gözlenen bu ani doğrultu değişimlerine, bu alanda örgülü fay geometrisi sergileyen ve IFS içerisinde yer alan sol yanal nitelikli faylar neden olmuştur. Söz konusu fayların dere yatağında 100-400 m arasında değişen atımlara neden olduğu belirlenmiştir.

Örtülü Köyü'nün KD'da yer alan Değirmendere, inceleme alanında Batırık Sırtı KD'sundan başlayarak KD-GB doğrultusunda 5 km kadar uzanmaktadır. KD'da Mialan Dere ile birleşen ve bu noktadan itibaren 2.5 km kadar daha izlenen dere yatağı, bu alanda aniden yaklaşık 50° yön değiştirerek K-G doğrultusuna döner. Dere yatağında gözlenen bu ani doğrultu değişimlerine IFS neden olmuştur. Dere yatağına dik olarak gelişen kuru derelerde gözlenen sol yanal ötelenmeler ve dere yatağına paralel olarak uzanan sırtlar da Değirmendere'nin IFS ile denetlendiğini göstermektedir.



Şekil 4.7. Palu havzasının güney kenarını sınırlayan AFZ'nun genel görünümü.



Şekil 4.8. AFZ'nun DAFS'den ayrıldığı Caru Çayı bölümü.

Güneybatıda Işıktepe havzasında akışına başlayan Maden Çayı 1 km kadar KD-GB doğrultusunda uzandıktan sonra, KB-GD doğrultusuna dönerek uzanımına 1 km kadar devam eder. Daha sonra aniden KD-GB doğrultusuna dönerek 1.5 km daha akışına devam edip, D-B doğrultusuna döner. Bu doğrultuda 2 km kadar devam ettikten sonra Pirmos Deresi ile birleşir. Bu noktadan itibaren KB-GD doğrultusuna dönerek inceleme alanını terk eder. Maden Çayı'nın akış doğrultusunda meydana gelen 1.5 km'lik sol yanal yer değiştirmeye IFS neden olmuştur.

Gökçepelit Köyü'nün 1.5 km kadar güneyinde yer alan Gökçepelit Deresi, yaklaşık K70⁰D doğrultusunda 8 km kadar izlenmektedir. İnceleme alanında yapılan arazi çalışmalarında Gökçepelit Deresi'ne ait yatağın oldukça düz çizgisel bir morfoloji sergilediği belirlenmiştir. Bu özellik Gökçepelit Deresi'nin GF tarafından denetlendiği ve 7 km kadar sol yanal olarak ötelenildiğini göstermektedir. Yine aynı şekilde Gökçepelit Deresi'nin kuzeyinde yer alan Söğüt Deresi'nin de ÇF tarafından denetlendiği belirlenmiştir.

İnceleme alanının en GB uç bölümünde Fırat Nehir yatağının D-B doğrultulu bir akış sergilerken, yaklaşık 5 km'lik bölümünün aniden K50⁰D doğrultusuna dönerek önemli bir doğrultu değişikliği sergilediği belirlenmiştir. Fırat Nehir yatağında meydana gelen sol yanal bu ötelenme, nehir yatağının bu bölümünün AFZ ana kırığı tarafından denetlendiğini göstermektedir.

Sonuç olarak DAFS'nin önemli alt zonlarından birini oluşturan AFZ'nin aktivite gösterdiği bu alanda, drenaj sistemi ile AFZ'ye ait yapısal hatlar arasında son derece önemli bir ilişkinin olduğu saptanmıştır. İnceleme alanındaki akarsu şebekesi ya tektonik hatlar içerisine yerleşmiş, ya da tektonik hatlar tarafından yukarıda açıklandığı gibi değişik oranlarda sol yanal olarak ötelenmiştir.

DAFS içerisinde, sistemi oluşturan fayların denetiminde gelişmiş çöküntü alanları (havzalar) söz konusudur. Bunlardan en önemlileri Palu, Hazar ve Işıktepe havzalarıdır. İnceleme alanının KD uç bölümünde yer alan Palu havzası temel kayalar üzerinde gelişmiş 16 km uzunluğunda ve 6 km genişliğinde bir havzadır. Havzanın orta kesiminde yer alan 1018 m yüksekliğindeki Orta Tepe, kuzey ve güneyindeki alüvyon düzlükleri ile keskin bir morfolojik uyumsuzluk oluşturur. Kuzey yamacı DAFS'nin ana kırığı tarafından denetlenen sırtın bu yamacı daha fazla eğimlidir. Güney yamacı da faylar ile denetlenen ve morfolojik olarak faylara paralel olarak uzamış sırt olan Orta Tepe'nin kuzey yamacından akan kuru derelerde 2.5 m ile 60 m arasında değişen sol yanal ötelenmeler söz konusudur. Derelerdeki ötelenmeye neden olan fay boyunca, kademeli çok sayıda basınç sırtları ve bu sırtlar arasında gelişmiş oldukça küçük çöküntü alanları söz konusudur (Şekil 4.9 ve 4.10). Ayrıca ana kırık üzerinde Pleyistosen ve güncel traverten oluşumlarına da rastlanmaktadır. Palu havzası güney kenarı AFZ tarafından sınırlanılmaktadır.



Şekil 4.9. AFZ'nun kademeli morfolojisi. Örtülü Köyü'nün 1 km KD'su.



Şekil 4.10. AFZ içerisinde gelişmiş küçük ölçekli iç şekilli çek-ayır havza.

Oldukça belirgin bir morfolojiye sahip olan güney kenar boyunca, özellikle Baltaşı Köyü çevresinde Pleyistosen ve güncel traverten oluşumları söz konusudur. Travertenler güneye doğru faylarla denetlenen basamaklı bir topoğrafyaya sahiptir. Ayrıca, Palu ilçesi çevresinde, Sarıkamış Köyü kuzeyinde ve Baltaşı Köyü'nün batısında, havzayı kontrol eden fayların denetiminde havza merkezine doğru gelişmiş, boyutları değişken çok sayıda alüvyon yelpazeleri söz konusudur.

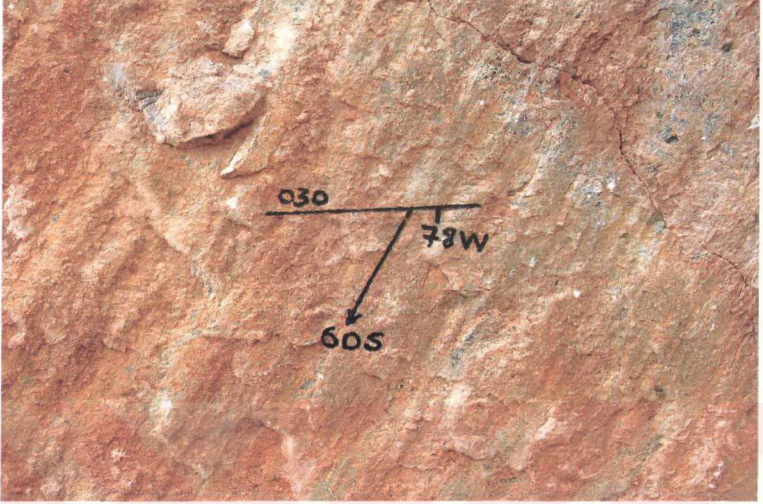
İnceleme alanının orta bölümünde yer alan Işıktepe havzası 7 km uzunluğunda ve 3 km genişliğinde bir havzadır. Havzanın kuzey kenarı BFS, güney kenarı ise IFS tarafından sınırlandırılmaktadır. Havzayı ortasından kat eden AFZ'nun ana kırığı, havzayı iki eşit parçaya bölmektedir. Temel kayalar üzerinde açılmış olan havzanın kenarları morfolojik olarak son derece belirgindir. Havza kenarlarından havza merkezine doğru boyutları değişken çok sayıda alüvyon yelpazesi gelişmiştir.

İnceleme alanının GB bölümünde yer alan Hazar havzası 12 km uzunluğunda ve 4 km genişliğindedir. Temel kayalar üzerinde gelişmiş olan havzanın güney kenarı AFZ ana kırığı, kuzey kenarı ise BFS tarafından sınırlandırılmaktadır. Her iki kenarı da morfolojik olarak son derece belirgin olan havzanın özellikle kuzey kenarı, Hazar Baba Dağı ile havza tabanı arasındaki yaklaşık 850 m'lik kot ile son derece belirgindir. Bu kot farkı BFS'ni oluşturan ve kademeli bir topoğrafyaya sahip olan BFS tarafından oluşturulmuştur. Diğer havzalarda olduğu gibi Hazar havzasının kenarlarından havza merkezine doğru boyutları değişken çok sayıda alüvyon yelpazesi gelişmiştir.

Bunların dışında özellikle AFZ'nun örgülü bir geometri sergilediği alanlarda, yersel sıkışma ve genişleme alanlarına bağlı olarak sayıda küçük ölçekli çöküntü alanları da söz konusudur.

4.4. Kinematik Analiz

Fay topluluklarının kinematiki, aktif fay düzlemleri üzerinde ölçülen kayma vektörlerinin değerlendirilmesi sonucunda elde edilmektedir (Şekil 4.11 ve 4.12). Her bir fay düzlemi üzerindeki kayma vektörü (kayma vektörü: fay düzlemi boyunca oluşan maksimum atım vektörü) etkin çözümlenmiş makaslama gerilmesinin yönünde ise (Bott, 1959), ölçülen kayma vektörlerinin ters çözüm işlemi (inversion) ile en uygun gerilme tensörü hesaplanabilir (Angelier, 1984; Över ve diğ., 2001).



Şekil 4.11. Maden karmaşığına ait kireçtaşları içinde gelişmiş kayma çizikleri.



Şekil 4.12. Maden karmaşığına ait volkanitler içinde gelişmiş sağ yanal doğrultu atımlı fay düzlemi.

Bu yöntemde, rijit bloklar arasında yer alan hareket bağımsız olduğu gibi, fay düzlemi üzerinde ölçülen kayma vektörünün, her bir fay düzlemi için çözümlenen etkin makaslama gerilmesine paralel ve onunla aynı yönde olduğu öngörülmektedir. Böylece ölçülen kayma vektörü ve öngürülen makaslama vektörü arasındaki açı minimize edilerek en uygun gerilme tensörü hesaplanır. Ters çözüm işlemi sonucunda, gerilme tensörünün ana gerilme eksenlerinin (σ_1 , σ_2 ve σ_3 ; sırasıyla sıkışma, ortaç ve genişleme gerilmeleri) doğrultuları (azimut ve dalım) ve gerilme oranı, $R: (\sigma_2 - \sigma_1) / (\sigma_3 - \sigma_1)$ belirlenir. Uygulamalarda genel olarak terslenme işlemi sonucunda açılar $\%80$ 'i 20^0 den küçük ise, sonuç güvenilir olarak kabul edilmektedir. Aynı fay düzlemi üzerinde birbirini kesen iki kayma vektörü mevcut ise, gerilme tensörünün değiştiği anlamına gelmektedir (Angelier, 1984). Burada, üzerleyen vektör daha genç gerilme rejimini temsil ederek, farklı gerilme rejimleri arasındaki zamansal ilişkiyi vermektedir.

Çalışmanın amacı AFZ'nun sismotektonik özelliklerini ortaya koymak olduğundan, özellikle fay zonunun da içerisinde bulunduğu DAFS'de aletsel dönemde meydana gelen depremlerin odak çözümleri ile paleostress çalışmalarından elde edilen kinematik veriler karşılaştırılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla inceleme alanında 9 lokasyonda paleostress çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu lokasyonların coğrafik koordinatları ve verilerin kinematik analizi sonucunda elde edilen ana gerilme eksenlerinin duruşları Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

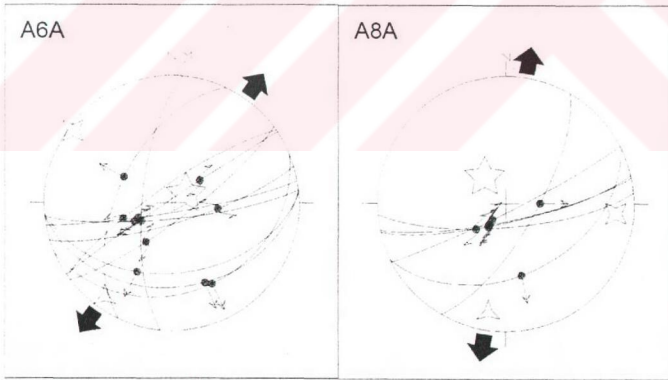
Tablo 4.1. Adıyaman Fay Zonu'nda gerçekleştirilen paleostress lokasyonları.

STOP KODU	FAY (veri sayısı)	ENLEM	BOYLAM	$\sigma_1(D/P)$	$\sigma_2(D/P)$	$\sigma_3(D/P)$	Φ
A1	8	38 30 58	39 30 19	068/13	250/77	159/00	0.653
A2	5	38 30 41	39 36 47	352/40	156/49	255/08	0.715
A3	7	38 30 14	39 35 40	352/40	156/49	255/08	0.715
A4	10	38 29 56	39 35 18	215/19	317/33	100/51	0.264
A5A	13	38 28 25	39 34 10	284/22	053/56	184/24	0.331
A5B	5	38 28 25	39 34 10	214/65	032/25	123/01	0.810
A5C	6	38 28 25	39 34 10	004/04	123/82	274/07	0.373
A6A	11	38 26 22	39 32 25	057/79	306/04	216/10	0.219
A6B	10	38 26 22	39 32 25	090/56	262/34	365/04	0.551
A7	6	38 24 24	39 28 53	008/20	126/53	266/30	0.331
A8A	6	38 22 58	39 28 53	322/68	095/15	189/15	0.116
A8B	11	38 22 58	39 28 53	353/05	097/71	261/18	0.765
A9A	5	38 26 55	39 33 38	119/11	019/44	220/44	0.526
A9B	6	38 26 55	39 33 38	029/55	270/18	170/29	0.366
A9C	5	38 26 55	39 33 38	020/30	172/57	282/12	0.668

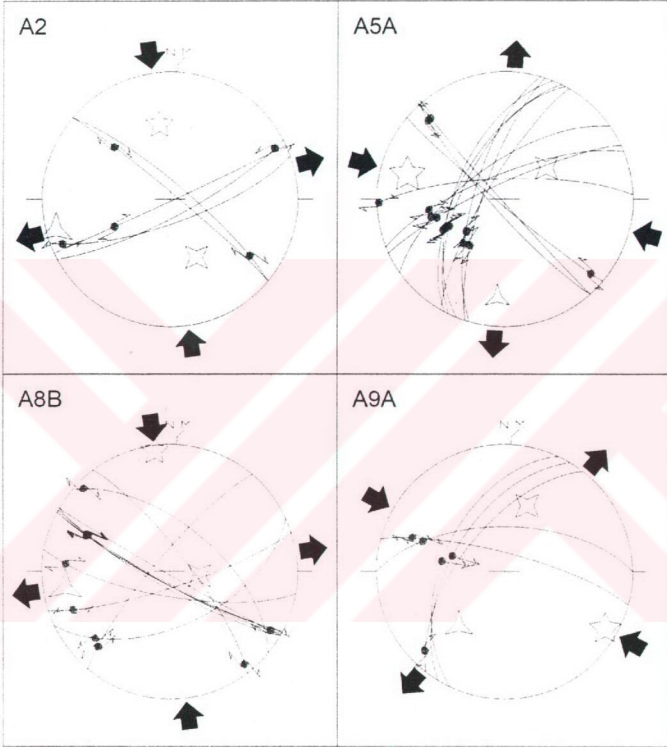
Geçmiş jeolojik dönemlerde bölgede etkili olan gerilme sistemlerini ayrıntılı olarak incelemek, bu çalışmanın amacı dışındadır. Bu tip çalışmaların gerçekleştirilebilmesi için, hem lokasyon sayısının artırılması ve hem de daha geniş bir alanda kinematik çalışmaların yapılması gerekmektedir. Buna karşın sınırlı sayıda da olsa, yapılan kinematik çalışmalar sonucunda bölgede esas olarak 5 ayrı fazın varlığı belirlenmiştir. Bu fazlar aşağıda maddeler halinde kısaca özetlenmiştir:

- 1) Eosen başındaki genişleme rejimi
- 2) Oligosen sonlarındaki sıkışma rejimi
- 3) Miyosen başındaki genişleme rejimi
- 4) Orta-Üst Miyosen'de etkili olan sıkışma rejimi
- 5) Pliyo-Kuvaterner'de etkili olan doğrultu atım rejimi.

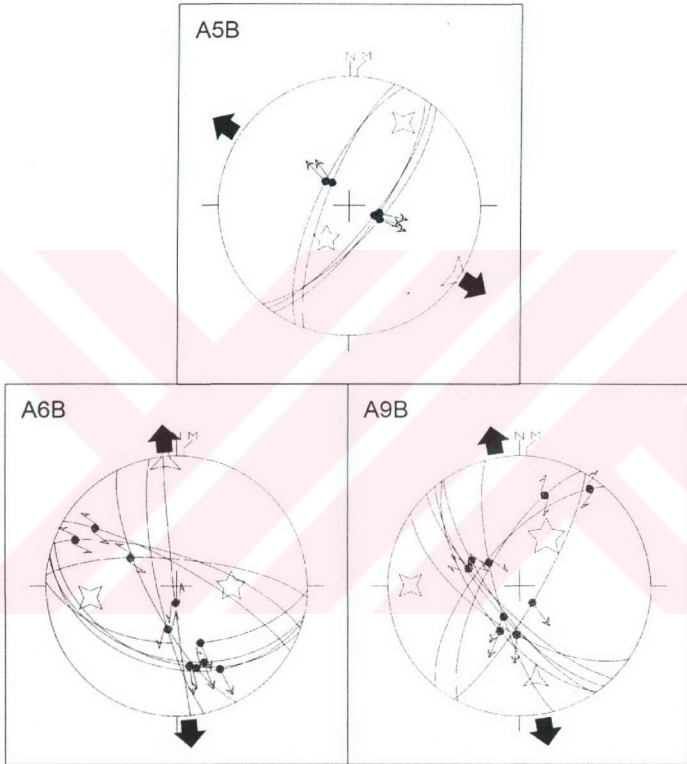
Yukarıda belirtilen farklı fazlara ait diyagramlar Şekil 4.13, 14, 15, 16 ve 17'de verilmiştir. Kinematik veriler değerlendirildiğinde, AFZ'nun da içinde bulunduğu DAFS'nin Miyosen başındaki genişleme tektonik rejimi ile oluştuğunu, Orta-Üst Miyosen sonlarında etkili olan sıkışma tektonik rejiminden etkilendiğini ve Pliyo-Kuvaterner'de ise günümüzde de etkili olan doğrultu atım karakterini kazandığı anlaşılmaktadır. DAFS'ni oluşturan aktif fay zonlarının doğrultuları, hareketleri ve sistem içerisindeki blok rotasyonları Şekil 4.18 ve 4.19'da verilmiştir.



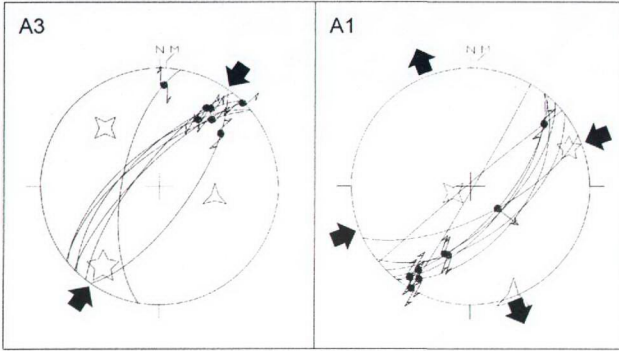
Şekil 4.13. İnceleme alanında Eosen başlarında etkili olan genişleme rejimine ait paleostres diyagramları.



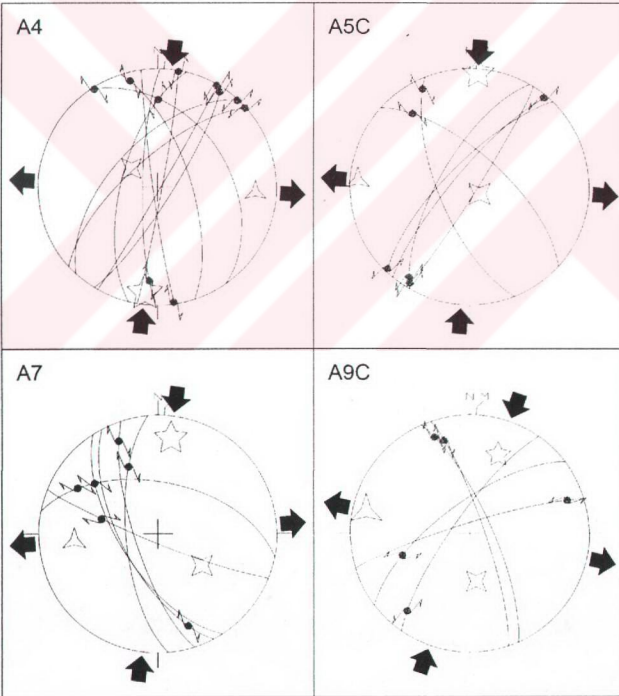
Şekil 4.14. İnceleme alanında Oligosen sonlarında etkili olan sıkışma rejimine ait paleostres diyagramları.



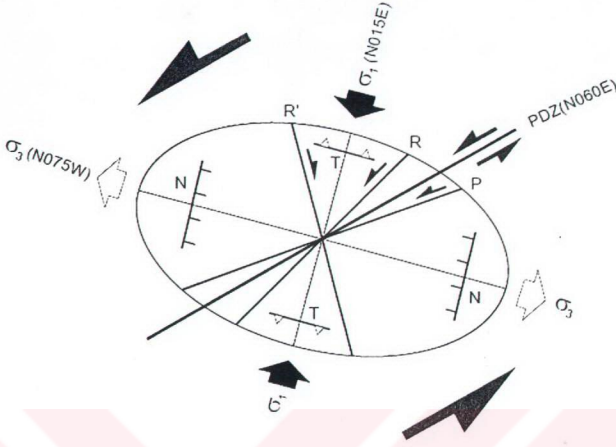
Şekil 4.15. İnceleme alanında Miyosen başlarında etkili olan genişleme rejimine ait paleostres diyagramları.



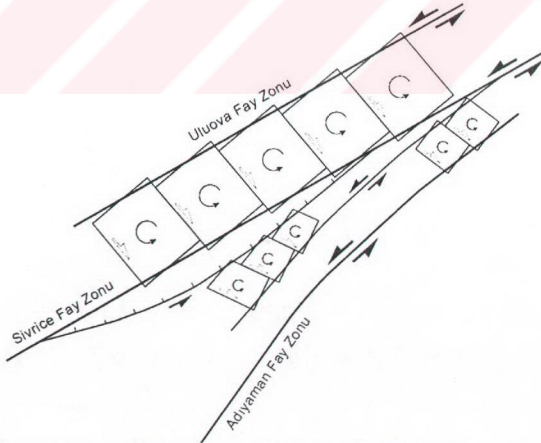
Şekil 4.16. İnceleme alanında Orta-Üst Miyosen'de etkili olan sıkışma rejimine ait paleostres diyagramları.



Şekil 4.17. İnceleme alanında Pliyo-Kuvaterner'de etkili olan doğrultu atım rejimine ait paleostres diyagramları.



Şekil 4.18. Tarihsel dönemde basit kayma deformasyonu süresince, Sivrice Fay Zonu'na (K60D) paralel olarak şekillenmiş yapılar arasındaki geometrik ilişkilerin görünümü. PDZ'ye göre Sintetik Riedel ve eşlenik antitetik makaslama kırıkları başlangıç açılarına göre sırasıyla $\phi/2$ ve $90^\circ - (\phi/2)$ 'dir. ϕ açısı; içsel sürtünme açısı (teorik olarak 30°). $\phi/2$ açısı; PDZ'ye göre ikincil olarak gelişen sintetik kırık (P-kırığı). Gerilme (strain) elipsinin uzun eksenine paralel olarak gelişen ters fayların doğrultusu K075B olup ana yer değiştirme zonu ile 45° 'lik açı yapmaktadır. Gerilme elipsinin kısa eksenine göre paralel olarak gelişen normal fayların doğrultusu ise K015D olup, ana yer değiştirme zonu 45° 'lik açı yapmaktadır (Ramsay, 1967).



Şekil 4.19. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Pliyo-Kuvaterner'deki yapısal evrimini gösteren şematik model.

4.5.DAFS'nin Yaşı, Kayma Oranı ve Toplam Atımı

4.5.1.Doğu Anadolu Fay Sistemi

Adıyaman fay zonunun yaşı, kayma oranı ve toplam atımını belirlemek için DAFS ile ilgili bilgilerden yola çıkılarak değerlendirilmiştir.

DAFS üzerinde yapılan araştırmalara göre (Arpat ve Şaroğlu 1972) Doğu Anadolu Fayı ilk defa Allen (1969) tarafından tanımlandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar, Palu ile Karlıova arasında uzanan Doğu Anadolu fayının bir kısmı için "Doğu Anadolu Fayı" terimini kullanmışlardır. Araştırmacılar fayın doğrultu atımlı sol yönlü olduğunu, Palu-Hazar gölü arasındaki Mesozoyik yaşlı çamurtaşlarının fayın karşılıklı bloklarında 27 km'lik sol yanal atım gösterdiğini tespit etmişlerdir. Yine fayın Göynük Vadisi'nde Miyosen yaşlı kireçtaşlarını kestğini örnek gösteren araştırmacılar fayın yaşının Miyosen'den genç olması gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Bu yaş verisi bölgede daha sonraları araştırma yapan birçok araştırmacı tarafından benimsenmiş ve kullanılmıştır (Ercan, 1979; Ketin, 1983; Koçyiğit, 1984; Turan, 1993).

Ayrıca fayın oluşum nedeni, Arap-Avrasya levhalarının çarpışması olarak gösterildiği için fayın yaşı konusundaki bütün görüşler Orta Miyosen sonrası bir zamanı işaret etmektedir. Ancak araştırmacılardan bir kısmı Geç Miyosen-Pliyosen (Dewey ve Şengör, 1979), bir kısmı Orta Miyosen-Pliyosen (Dewey ve diğ., 1986), bir kısmı Orta Miyosen sonrası (Gülen ve diğ., 1987), bir kısmı Miyosen sonrası (Tatar, 1987) bir kısmı Üst Miyosenden sonra (Turan, 1993), bir kısmı ise Orta Miyosen sonrası olduğunu (Turan, 1993) ileri sürmüşlerdir. Yine Şaroğlu vd. (1992), Pliyosen ve öncesi dönem çökelleri DAFS tarafından denetlenmediği için oluşum yaşının en geç 2-3 milyon yıl öncesi olduğunu öne sürmüşlerdir. Herece ve Akay (1992), 2 milyon yıl; Westaway ve Arger (1996), 3 milyon yıl ve Yürür ve Chorowicz (1998) ise fayın yaşını 2 milyon yıl olarak önermişlerdir.

Fayın atımı konusunda da çok sayıda görüş vardır. Doğu Anadolu Fayının değişik kısımlarında incelemeler yapan bazı araştırmacılar fayın atımı ile ilgili farklı değerler elde etmişlerdir. Arpat ve Şaroğlu (1972) ve Dewey vd. (1986), DAFS için toplam 22 km sol yanal atım önermişlerdir. Karlıova-Bingöl Segmenti için Seymen ve Aydın (1972), 13 km; Şaroğlu vd. (1992), 17 km; Herece ve Akay (1992), 13 km toplam atım ölçmüşlerdir. Palu-Hazar Gölü Segmenti üzerinde Arpat ve Şaroğlu (1972), 27 km; Herece ve Akay (1992), 9 km; Turan (1993), 11 km sol yanal atım ölçmüşlerdir. DAFS'nin Hazar gölü-Sincik Segmenti üzerinde ise Hempton (1985), 21 km; Herece ve Akay (1992), 9 km sol yanal ötelenme saptamışlardır. DAFS üzerindeki en belirgin sol yanal ötelenmelerden biri de Fırat nehri üzerinde olmuştur. Bu

kesimde Arpat ve Şaroğlu (1972), 15 km ; Muehlberger ve Gordon (1987), 13 km; Herece ve Akay (1992), 10 km; Şaroğlu ve diğ. (1992), 14 km toplam yanıl atım ölçmüştür. Ayrıca Güneyli (2002), Doğu Anadolu Fay sistemi, Palu Hazar Gölü Segmentinin Neotektoniği ve Paleosismolojisi adlı doktora tezi çalışmasında ise toplam 13 km yanıl atım belirlemiştir.

Doğu Anadolu Fay sisteminin yıllık kayma hızı hakkında farklı yöntemler kullanılarak yapılan çalışmalarda oldukça farklı değerler bulunmuştur. 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; Wesaway ve Arger (1996), 19 mm/yıl; Barka ve Kadinsky-Cade (1988), 5 mm/yıl bulmuşlardır. Jeolojik ve Plaka tektoniği verilerini birlikte kullanarak Jackson ve Mckenzie (1984), ise 34 mm/yıl kayma hızı tespit etmişlerdir. Ayrıca sonlu elemanlar yöntemi ile 6 mm/yıl (Kasapoğlu, 1987), Sismik veriler kullanılarak 29 mm/yıl (Taymaz ve diğ., 1991) ve GPS yöntemi ile 9 ± 1 mm/yıl (McClusky ve diğ., 2000), 10 ± 5 mm/yıl (Oral ve diğ., 1992) ve 15 ± 3 mm/yıl (Reilinger ve diğ., 1997) kayma hızları belirlemiştir. Değerlerden de görüldüğü gibi oldukça değişken kayma hızlarının tespit edildiği görülmektedir. Ancak yine bu sistem üzerinde Paleosismolojik çalışmalar yapan (Güneyli, 2002) tarafından karbon-14 yöntemi ile yapılan kayma hızı değeri 14 mm/yıl olarak hesaplanmıştır

4.5.2. Adıyaman Fay zonu

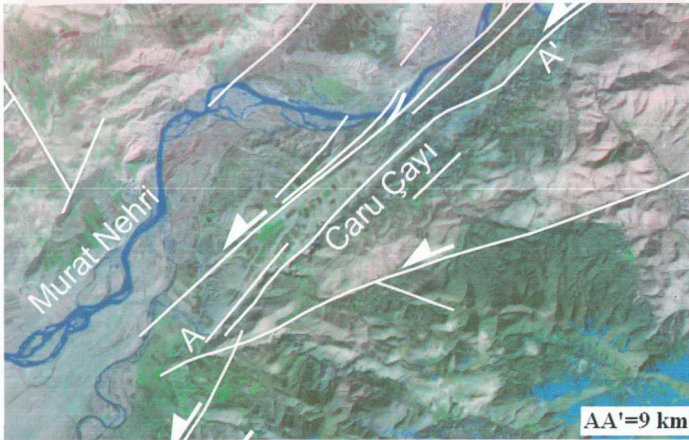
Adıyaman Fay Zonu üzerinde yapılan bilimsel amaçlı çalışmalar sınırlı sayıda olduğundan yaşı ve atımı konusunda çok fazla bilgi bulunmamaktadır. Ancak bu çalışma kapsamında arazi ve haritalama çalışmaları sonucunda önemli derecede atım ve bununla ilişkili olarak yaş bulguları saptanmıştır.

İnceleme alanı içerisinde bulunan Baltaş Bucağı'nın hemen kuzeydoğusunda yüzeyleyen ve traverten olarak işletilen görsel kireçtaşları Adıyaman Fay zonunun doğrultusuna paralel faylarla kademeli olarak kesilmiştir. Aynı şekilde bu faylar üzerindeki sıcak ve soğuk su kaynaklarının varlığı fay zonunun günümüzde de aktif olduğunun bir göstergesidir.

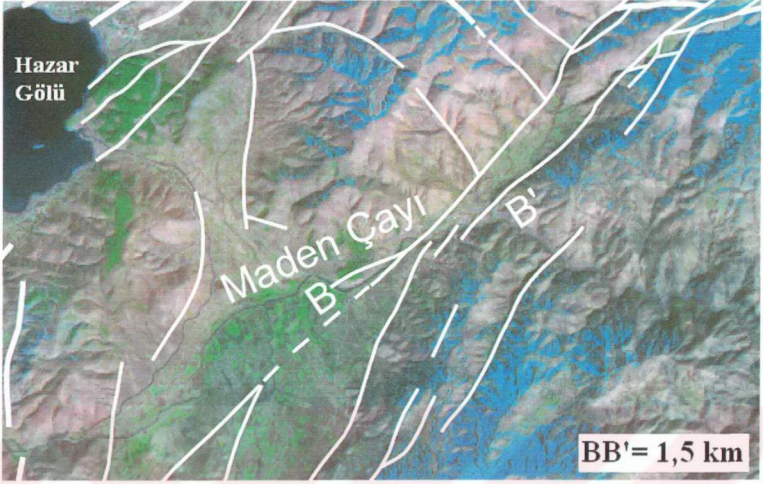
İnceleme alanında en büyük atım bulgusu 9 km olup Caru Çayı yatağında tespit edilmiştir (Şekil 4.20). Palu İlçesi'nin güneyinde yer alan ve inceleme alanına GD'dan giren Caru Çayı, başlangıçta güneyden kuzeye doğru akarken, Palu'nun 2 km GB'sında aniden yön değiştirerek KD-GB doğrultusunda 9 km akışına devam ettikten sonra, Palu havzasının doğusunda yeniden K-G doğrultusuna dönerek Murat Nehri'ne ulaşır. Caru Çayı'nın 9 km'lik mesafede KD-GB doğrultusunda ve düz bir vadi oluşturacak şekilde akış göstermesi AFZ'nun ana kırığı tarafından kontrol edilmiş olduğunu göstermektedir. Fay zonunun diğer kısımlarında,

Cumhuriyetçi Köyü yakınlarında Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu arasındaki dokunağı 500 m, Işıktepe havzasında Maden Çayı yatağında 1,5 km ve inceleme alanının GB bölümünde Fırat Nehri yatağında 5 km kadar sol yanal ötelenme saptanmıştır (Şekil 4.21 ve 4.22). Işıktepe fay seti Örtülü Köyü'nün 1 km kadar doğusunda Guleman Ofiyolitleri ile Hazar Grubu arasındaki dokunağı 700 m sol yanal ötelemiştir. Başkaynak fay seti boyunca Başkaynak ve Sağır derelerinde yaklaşık olarak 250 m'lik sol yanal yer değiştirmelerin varlığı saptanmıştır. Üçdeğirmenler fayı Deregan Deresin'de 1400 m, Değirmen Deresi'nde 900 m ve Mezra Deresi'nde 600 m'lik ötelenmeye neden olmuştur. Gökçepelit Deresi'ni kontrol eden Gökçepelit fayı, burada yaklaşık olarak 7 km'lik sol yanal ötelenmeye neden olmuştur.

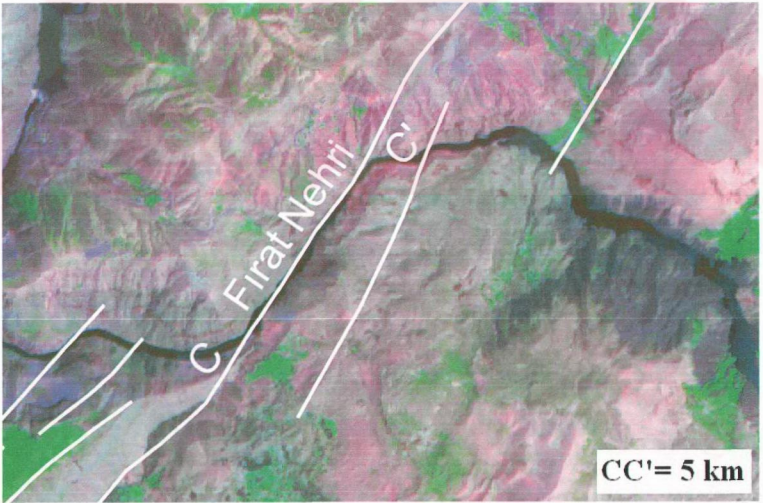
Yukarıda verilen ötelenme değerleri incelendiğinde en büyük ötelenmenin yaklaşık olarak 9 km ile Caru Çayı yatağında olduğu görülür. Bu ötelenme değeri kullanılarak yapılan yaş tayininde ise fayın yaşının 1,5 milyon yıl olduğu anlaşılmaktadır. Yine bu değerler kullanılarak fayın kayma hızı 5.9 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Fayın yaşı ve kayma hızı değerleri, DAFS'nde yapılan çalışmalarda elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında, bu fay zonu için hesaplanan değerlerin yaklaşık olarak uygun olabileceği anlaşılmaktadır. Ayrıca aletsel dönem kayıtlarından da anlaşıldığı gibi DAFS üzerinde meydana gelen depremlerin odak derinlikleri 25-30 km arasında iken, AFZ'da meydana gelen depremlerin odak derinlikleri ise 5-10,7 km arasında değişmektedir. Bu durum AFZ'nun DAFS'nden sonra oluştuğunu göstermektedir. Dolayısıyla AFZ'nun, DAFS'den yaklaşık olarak 0,5 milyon yıl sonra oluştuğu sonucuna varılabilir.



Şekil 4.20. AFZ'nun Palu güneyinde Caru Çayı yatağında oluşturduğu ötelenme (AA').



Şekil 4.21. AFZ'nun Maden Çayı yatağında oluşturduğu ötelenme (BB').



Şekil 4.22. AFZ'nun Fırat Nehri vadisinde oluşturduğu ötelenme (CC').

4.6. Depremsellik

4.6.1. Tarihsel Dönem Depremleri (1900 öncesi)

İnceleme alanında depremsellik çalışmaları kapsamında tarihsel depremlerin yerleri ve oluş tarihleri irdelenmiştir. Bölgenin deprem tehlikesinin araştırılması için geniş bir alanda fay sistemi üzerinde tarihsel dönem boyunca meydana gelmiş olan depremler kullanılmıştır. Bölgede incelemelerde bulunan birçok araştırmacı tarafından derlenen tarihsel dönem depremleri kullanılarak deprem riski tahmini yapılmıştır. Bunun için TÜBİTAK bilimsel araştırma projeleri tarafından desteklenerek hazırlanan “Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Katalogu” kaynağından yararlanılmıştır. Ayrıca Ambraseys (1970,1971,1989), Ambraseys ve Jackson (1989), Ambraseys ve Finkel (1995) ve Afet işleri Deprem Araştırma Dairesi Sismoloji Şube Müdürlüğü kaynaklarından da yararlanılmıştır. Yapılan çalışmalarda literatür ve katalog taraması ile bölgede tarihsel dönemde oluşmuş toplam 20 adet deprem irdelenmiştir.

Tarihsel kayıtlar, DAFS’de birçok yıkıcı depremin meydana geldiğini göstermektedir. Bölgede incelemeler yapan araştırmacılar, tarihsel dönem içerisinde meydana gelen depremlerin birçok yerleşim yerini harap ettiğini ve binlerce insanın hayatını kaybettiğini tespit etmişlerdir. Bunlar; Palu, Elazığ, Harput, Maden, Malatya, Pütürge ve Doğanyol tarihsel kayıtlardır. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalarda, DAFS’nin inceleme alanındaki bölümünde yer alan birçok yerleşim yerinin depremlerle yıkıldığı için “harabe” ismiyle anıldığı belirlenmiştir. Bu isimlendirmelerden biri yine AFZ’u üzerinde bulunan Çitli Köyü’nün bir mahallesi olan Harabe Mahallesi’dir.

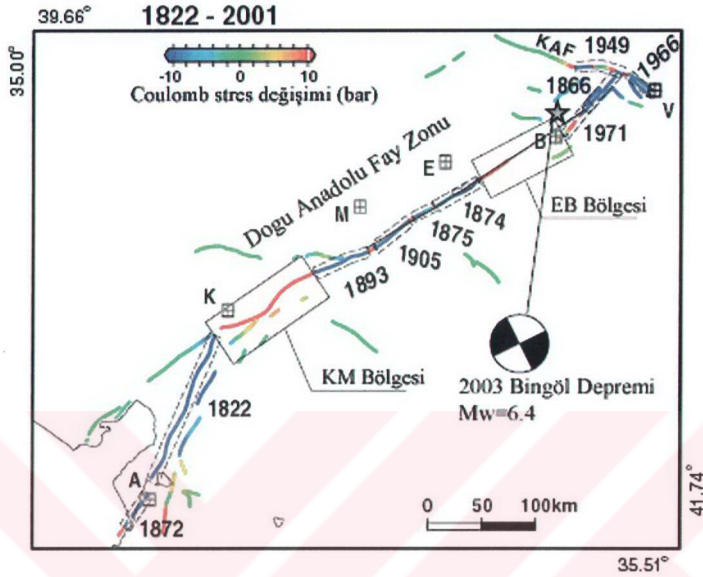
İnceleme alanı veya yakın çevresinde tarihsel dönem boyunca oluşmuş en eski büyük deprem MS 995 yılında olmuştur. Bu depremde Palu’dan Doğanyol’a kadar uzanan geniş bir alanda yüzey kırığı oluşmuş ve nehirlerin akış yönü değişmiştir. Bu depremden sonra uzun bir süre deprem kaydına rastlanmamıştır. 1513 depremi Malatya ve Çukurova bölgeleri arasında etkili olmuş ve önemli derecede hasara neden olduğu belirtilmiştir. Daha sonra 1514 depremi ve yaklaşık 30-40 yıl ara ile aletsel döneme kadar devam eden bir deprem etkinliği görülmüştür. Bu kayıtlardan 1784 Pülümür depreminde (Io=VIII) yaklaşık 5000 insan, 1789 Palu (Ms=7.0+) depreminde yaklaşık 51000 insan ve 1895 Malatya depreminde (Io=VI) yaklaşık 469 insanın hayatını kaybettiği saptanmıştır. Diğer kayıtlarda ise insan kaybı konusunda herhangi bilgiye rastlanmamıştır.

Bölgede 1800’lü yıllardan sonra birbirini kısa zaman aralıkları ile takip eden deprem serisi göze çarpmaktadır. Kayıtlar genellikle Hazar Gölü’nün güneyinde yoğunlaşma göstermektedir. Bu alanda meydana gelen 1866 depremi bölgede önemli derecede hasara neden

olmuştur. 1874 ($M_s=7.1$) depremi yine Hazar Gölü'nün güneydoğu kenarında oluşmuş ve Palu-Hazar Gölü Segmenti boyunca yüzey kırığı meydana getirerek önemli hasara neden olmuştur. Bu depremden hemen bir gün sonra VIII şiddetinde olan ve artçı olarak değerlendirilen bir deprem meydana gelmiştir. Ancak kayıtlardan bu depremin yerine bakıldığında depremin artçı mı? yoksa tetiklenme sonucu oluşmuş bir anaşok mu? olduğu tartışma konusudur. Yine bu depremden 10 ay sonra meydana gelen $M_s=6.7$ büyüklüğünde olan ve önemli derecede hasara neden olan depremin, artçı olduğu belirtilmiştir. Daha sonra 1889 da Palu yöresinde VI şiddetinde, 1890'da Malatya yöresinde VI şiddetinde, 02.03.1893'de Pütürge $M_s=7.1$ büyüklüğünde, 31.03.1893'de İzollu Malatya arasında IX şiddetinde ve son olarak 1895'de Malatya Akdağ yöresinde VI şiddetinde depremler etkili olmuştur.

Bölgede araştırmalarda bulunan birçok bilim adamı, DAFS'nin tarihsel dönemdeki aktivitesini günümüzde de devam ettirdiğini ve büyük depremler üreteceğini öne sürmüşlerdir. Bölgesel GPS verilerinden Kosismik ve İntersismik veriler kullanılarak Coulomb Stres değişimi tekniği ile 1822-2001 yılları arasında DAFS üzerinde yapılan çalışmalarda fay sistemi boyunca iki tehlikeli bölge saptanmıştır (Nalbant ve diğ., 2005). Bunlar Kahramanmaraş-Malatya ve Elazığ-Bingöl bölgeleridir (Şekil 4.23). Stres artışı sadece DAFS'nin ana kırığı için olmayıp, 6,5 km genişliğindeki fay zonunun tamamını kapsamaktadır.

Çalışma sonuçları Palu-Hazar Gölü arasındaki bölgede yüksek stres artışı olduğunu göstermiştir. Odak mekanizması çözümü sağ yanal doğrultu atımlı fayı ifade eden 2003 Bingöl depremi tehlikeli olarak saptanan bölgelerden birine çok yakın yerde meydana gelmiştir. Çalışmaya göre depremden önce bölgede ve yakın çevresinde yüksek stres artışı gözlenmiş ve bu değer 2,4-3,6 arasındaki seviyede olduğu saptanmıştır (Nalbant ve diğ., 2005). Ancak 2003 Bingöl depremi ile boşalan sismik enerjinin Elazığ-Bingöl bölgesi için olası sismik tehlikeyi azaltmadığı düşünülmektedir.



Şekil 4.23. DAFS boyunca 1822'den itibaren tektonik yüklenme ve büyük depremlerden dolayı görülen Coulomb stres değişimi (Nalbant ve diğ., 2005'den alınmıştır).

Tarihsel kayıtlardan anlaşılacağı gibi DAFS, tarihsel dönem boyunca büyük ve yıkıcı depremler oluşturmuştur. Depremlerin dağılımına bakıldığında inceleme alanında büyüklüğü $6.7 \leq M \leq 7.8$ aralığında olan depremler sıkça oluşmuş, önemli derecede can ve mal kaybına neden olmuştur. Tarihsel dönemde meydana gelen depremler tablo 4 2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. DAFS'de tarihsel dönem boyunca oluşmuş depremlerin yerleri ve büyüklükleri.

No	Tarih		Enlem (N)	Boylam (E)	Gözlemsel Dışerkez Yer veya Etkilenen Alan	Şiddet (Io) veya Büyüklik(M)	Kaynaklar
	G	A	Y				
1			995	40	Palu-Sivrice	7.0 Ms<7.8	Afet işleri DAD
2	28	3	1513	36,5	Malatya-Tarsus	Ms=7.4+	Taymaz ve diğ. (1991), Ambraseys ve Finkel (1995)
3			1514	38,35	Malatya-Maraş-Adana	VII	Ergin ve diğ.(1967)
4	22	12	1544	37	Zitun - Malatya	Ms=6.7+	Taymaz ve diğ.(1991)
5			1675	-	Gerger-Pütürge GB'sı	Yıkıcı	Ambraseys ve Finkel (1995)
6			1678	-	Palu-Muş	Yıkıcı	Ambraseys ve Finkel (1995)
7	22	11	1685	41	Gönek	Ms=6.7	Taymaz ve diğ.(1991)
8			1779	-	Malatya-Arapkir	Yıkıcı	Ambraseys ve Finkel (1995)
9	23	7	1784	39,75	Erzincan-Pülümür	VIII	Akyol (1938), Arıncı (1945), Ergin (1967)
10	29	5	1789	39	Palu	Ms=7.0+	Ambraseys (1989), Taymaz ve diğ.(1991)
11	22	7	1866	38,4	Hazar Gölü güneyi	VIII	Afet işleri DAD, Kamik (1971)
12	2	5	1874	38,4	Maden-Elazığ-Diyarbakır	?	Calvi (1941)
13	3	5	1874	38,5	Hazar Gölü	Ms=7.1+	Ambraseys (1989)
14	4	5	1874	38,65	Harpüt-Elazığ-Diyarbakır	VIII	Afet işleri DAD
15	27	3	1875	38,5	Hazar Gölü	Ms=6.7	Calvi (1941), Öcal (1968), Kamik (1971), Ambraseys (1989)
16			1889	38,7	Palu yöresi	VI	Pınar ve diğ.(1952), Ergin ve diğ.(1967), Öcal (1968)
17			1890	38,35	Malatya yöresi	VI	Pınar ve diğ.(1952), Ergin ve diğ.(1967)
18	2	3	1893	38	Pütürge	Ms=7.1+	Ambraseys (1989)
19	31	3	1893	38,4	İzollu yöresi-Malatya	IX	Pınar vd (1952), Ergin vd (1967), Calvi (1941), Öcal (1968)
20			1895	38,4	Malatya-Akdağ	VI	Pınar ve diğ.(1952), Öcal (1968), Ergin ve diğ.(1967)

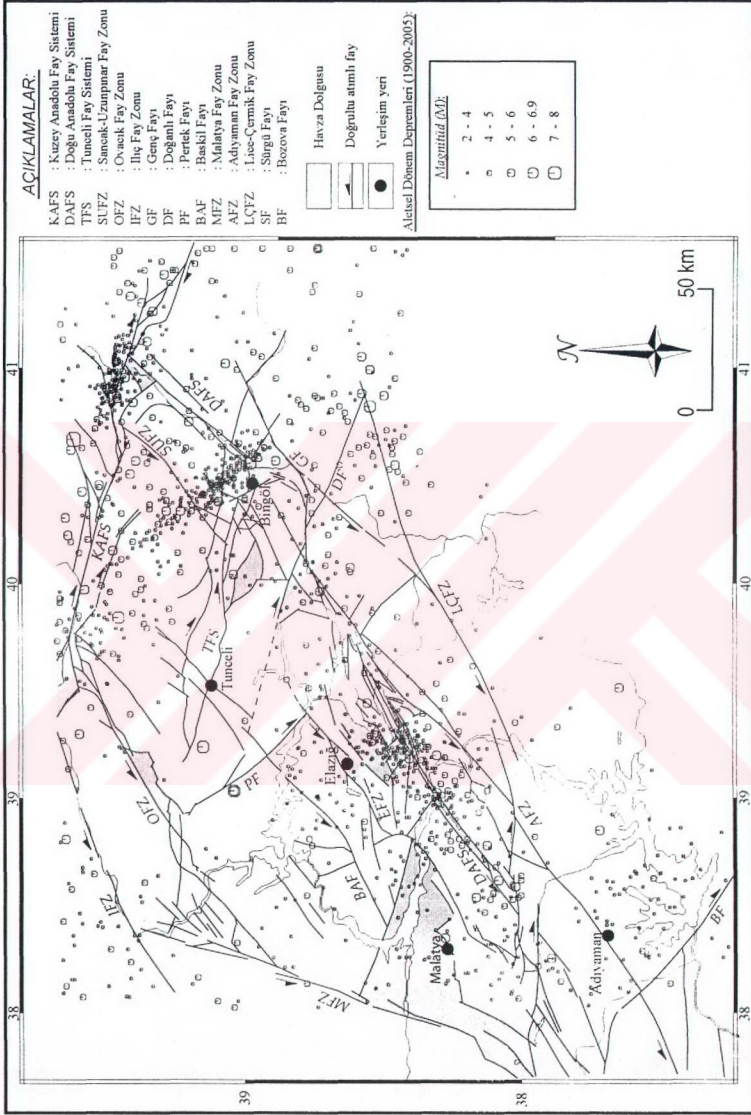
4.6.2.Aletsel Dönem Depremleri (1900 sonrası)

İnceleme alanı AFZ ve DAFS'de aletsel dönemde ISC ve DAD deprem kataloglarına göre 1900'den sonraki dönemlerde oluşmuş pek çok deprem vardır. 1903-2005 yıllarını kapsayan zaman periyodunda 38.40K ve 38.40D enlem ve boylamları ile sınırlı bölgede DAFS'de $4 \leq M \leq 7.8$ olan toplam 294 adet deprem meydana gelmiştir. Be depremler gerekli düzeltmeler yapılarak Ek-2 ve Ek-3'de tablo şeklinde verilmiştir. Depremlerin dağılımlarına bakıldığında bunların DAFS ve AFZ üzerinde Elazığ-Bingöl bölgelerinde yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu depremlerden en büyük olanı 1905 Ms=6,8 Malatya ve Çemişgezek depremleridir. Bunların dışında DAFS üzerinde hasar yapmış başka depremlerde bulunmaktadır. Magnitüdü 6.7 olan 1971 Bingöl depreminde yaklaşık 878 insan hayatını kaybetmiş ve 5617 konut hasar görmüştür. Bu depremler tablo 4.3'de sırasıyla verilmiştir.

Aletsel dönemde, inceleme alanı ve yakın çevresinde 38,40 K – 38,40 D enlem ve boylamları ile sınırlı bölgede meydana gelen ve $2 \leq M \leq 7.8$ aralığında olan depremlerin dışmerkez dağılımları şekil 4.24'de bölgenin tektonik haritası ile birlikte verilmiştir.

Tablo 4.3. DAFS'de aletsel dönem boyunca hasar yapmış depremler

GÜN/AY/YIL	Büyüklik (Ms)	Yer	Ölü	Yaralı	Ağır hasarlı konut	Enlem (N)	Boylam (E)	Derinlik (km)
04.12.1905	6.8	Çemişgezek	-	-	15	39.00	39.00	30
15.12.1934	4.9	Bingöl	12	-	200	38.85	40.55	-
14.06.1964	6	Malatya	8	36	678	38.13	38.51	3
24.09.1968	5.1	Bingöl-Elazığ	2	40	-	39.20	40.20	8
22.05.1971	6.7	Bingöl	878	700	5617	38.85	40.52	3
26.03.1977	5.2	Palu	8	26	842	39.34	43.50	25
05.05.1986	5.8	Malatya-Sürgü	8	24	824	37.95	37.80	10
06.06.1986	5.6	Sürgü-Malatya	1	20	1174	38.01	37.91	11
01.05.2003	Mw=6.4	Bingöl				38.94	40.51	6



Şekil 4.24. İnceleme alanı ve yakın çevresinde altsel dönemde meydana gelen depremler. (Veriler ISC ve Türknet kataloglarından alınmıştır).

4.6.3. Depremsellik Analizi

İnceleme alanının sismik tehlike analizinin araştırılması için, çalışmadaki sismolojik veriler International Seismological Center (ISC) ve Deprem araştırma dairesi (DAD) kapsamında faaliyet veren Türknet katalogundan temin edilmiştir. 38.40 K enlemi ile 38.41 D boylamı arasındaki bölgede 1900-2005 yılları arasında oluşmuş ve magnitüdü $4 \leq M \leq 7.9$ olan toplam 294 adet deprem kullanılmıştır. Sismik aktivite çalışmalarında magnitüdün alt sınırı 2'ye kadar indirilmiştir. Bu durumda kullanılan veri seti toplam 1704 adet depremden oluşmaktadır.

03.05.1903 ve 11.11.2002 tarihleri arasındaki veriler Uluslararası sismoloji merkezi (ISC) katalog verilerine ait olup cisim dalgası magnitüdü (Mb), süre magnitüdü (Md), lokal magnitüd (Ml) ve yüzey dalgası magnitüdüne (Ms) göre verilmiştir. 11.12.2002 ve 04.05.2005 tarihleri arasını kapsayan veriler ise Türknet kataloglarına aittir. Türknet kataloguna ait veriler süre magnitüdüne (Md) göre homojen haldedir. Deprem istatistiği çalışmalarında genellikle yüzey dalgası magnitüdü kullanıldığından ISC kataloguna ait verilere P.W. Burton (1987) tarafından Türkiye depremleri için önerilen $M_s = 1.86M_b - 4.44$ dönüşüm fonksiyonu uygulanarak M_s 'ye göre homojen hale getirilmiştir. Bu kurumların veri listelerine internet aracılığıyla ulaşılmıştır.

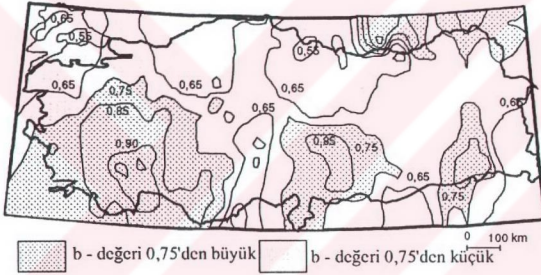
En Küçük Kareler Yönteminin kullanıldığı Deprem Risk Analizi çalışmasında, Magnitüd-Frekans ilişkisini ifade eden doğrusallık analizi için CurveExpert 1.3 programı kullanılmıştır. Çalışma kapsamındaki tüm hesaplamalar Microsoft Excel Fonksiyon Ekle aracı kullanılarak yapılmıştır. Bu araç, işlev listesini ve biçimlerini görüntüleyip bağımsız değişkenlerin değerinin değiştirilmesinde kolaylık sağlamıştır. Ayrıca belirli dönem ve aralıktaki değerlerin düzenlenmesi yine bu program vasıtasıyla yapılmıştır.

4.6.4. Deprem Riski (tehlikesi)

Aktif deprem kuşakları üzerinde kurulması planlanan yapıların, depreme dayanıklı olarak projelendirilmesi için “Deprem Risk Analizi” çalışmasının yapılması gerekir. Depremlerin oluş sayıları magnitüdün fonksiyonu olarak incelendiğinde genellikle doğrusal bir ilişki olduğu görülür. Magnitüd-frekans ilişkisi olarak tanımlanan bu doğrusal ilişki Gutenberg – Richter (1949) tarafından; $\log N = a - bM$ olarak geliştirilmiş olup, deprem oluşumunun fiziki ile doğrudan ilişkisi olması sebebiyle depremsellik çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahiptir. Burada N ; birikimli deprem sayısını, M ; magnitüdü göstermektedir. a ve b ise sabit

(Regresyon) katsayılarıdır. a katsayısı; incelenen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine bağlı olarak değişir. b katsayısı ise sismotektonik parametre olup incelenen bölgenin tektonik özelliklerine bağlı olarak değişir. b değeriindeki değişimler, sismotektonik bölgelendirmede depremlerin önceden kestirilmesi çalışmalarında kullanılmaktadır. Weeks vd. (1978) tarafından kayalar üzerinde yapılmış çalışmalar, b katsayısının değeri depremlerden önce azalma kaydedildiğini göstermiştir. Çalışmalar “ b “ değeri büyüdükçe, deprem aktivitesinin arttığını, düşüşe geçtiği zamanlarda ise aktivitenin azaldığını göstermiştir (Lomnitz vd., 1970; Özmen, 1999).

Uluslararası sismolojik amaçlı çalışmalarda, sığ depremler için $b=0.90\pm0.2$, orta ve derin depremler için $b=1.2 \pm 0.2$ olarak saptanmıştır (Gutenberg – Richter 1954). Aynı yöntem kullanılarak değişik araştırmacılar tarafından Türkiye için, $b=0.90\pm0.2$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Türkiye için b değerleri değişim haritası (Lomnitz ve diğ., 1970; Özmen, 1999).

Magnitüd-frekans bağıntısı kullanılarak gelecekte olabilecek depremlerin büyüklük ve geri dönüş periyotları belirlenebilir. Bunun için belli bir periyotta meydana gelmiş olan depremlerin normal ve yığınsal frekanslarından saptanan bağıntılardan yararlanılır (Özdemir ve diğ, 2000).

Yığınsal frekanslar kullanılarak,

$$\text{Log}N_c(M) = a' - bM$$

bağıntısı yazılabilir. Yığınsal frekans $N_c(M)$ ile normal frekans $N(M)$ arasındaki integral bağıntısı,

$$N_c(M) = \int_M^{\infty} 10^{a-bM} dM$$

Yazılabilir. Buradan,

$$N_c(M) = 10^{a-bM / b \ln 10}$$

Şeklini alır. Her iki tarafın logaritması alınır,

$$\text{Log}N_c(M) = a - b \cdot M - \text{Log}(b \ln 10) = a' - b \cdot M$$

bağıntısı bulunur. Buradan da

$$a = \text{Log}N_c(M) + \text{Log}(b \ln 10) + b \cdot M$$

$$a' = a - \text{Log}(b \ln 10)$$

bağıntısı elde edilir.

Magnitüd – frekans bağıntısı ise,

$$N(M) = 10^{a-bM}$$

şeklinde yazılabilir. Bunun zaman dönemine (T) bölünmesi ile,

$$\frac{N(M)}{T} = \frac{10^{a-bM}}{T}$$

bağıntısı yazılabilir. Her iki tarafın logaritması alınır,

$$\text{Log}\left(\frac{N(M)}{T}\right) = a - bM - \text{Log}T \quad \text{ve} \quad N(M \leq M_1) = 10^{a-bM - \text{Log}T}$$

elde edilir. Bu denklemde

$$a_1 = a - \text{Log}T \quad \text{veya} \quad a_1' = a' - \text{Log}T$$

yerine yazılırsa,

$$n(M) = 10^{a_1' - bM}$$

bağıntısı elde edilir (Alptekin 1978).

T dönemi için verilen bir M_1 ve M_1' 'den büyük olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları ise,

$$n(M) = 10^{a_1' - bM}$$

Bağıntısı ile hesaplanır ve

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T}$$

formülünde yerine konularak belirli yıllar için sismik tehlike değerleri hesaplanabilir. Bu depremlerin dönüş periyotları ise

$$Q = \frac{1}{N(M)}$$

bağıntısı ile hesaplanabilir.

Bu çalışmadaki sismolojik veriler yüzey dalgası magnitüdü ve süre magnitüdüne göre iki ayrı bölümde değerlendirilerek risk analizleri yapılmıştır. Bunun nedeni 1903 ile 2002 yılları arasındaki verilerin yüzey dalgası magnitüdüne göre, 2002 ile 2005 yılları arasındaki verilerin süre magnitüdüne göre verilmesidir.

Yukarıdaki formüller kullanılarak Magnitüd-frekans ilişkisi bağıntısına göre 1903 ile 2002 yılları arasında oluşmuş ve $4 \leq M \leq 7.9$ olan depremlere ait verilerden, söz konusu bölge

için hesaplanan değerler tablo 4.4 ve 4.5’de, bu değerler kullanılarak hesaplanan $\text{LogN} = a - bM$ grafiği ise şekil 4.26’da verilmiştir.

Magnitüd – frekans grafiğinde sadece magnitudü $4 \leq M \leq 7$ aralığında olan depremler alınmıştır. Bunu nedeni ise 7’den büyük olan depremlerin oluş sayılarındaki azalmadır. Bu azalmalar, grafikten a ve b değerlerinin saptanmasında yanlış sonuçlara götürebilmektedir. Gutenberg – Richter bağıntısının büyük magnitudlere doğru uzatılması yanlış sonuçlara neden olacaktır. Ayrıca inceleme alanında daha önceki dönemlerde ve tarihsel dönemlerde 7 ve üzeri büyüklükteki depremler meydana gelmediğinden 7’den büyük depremlerin oluş sayıları ve normal frekans değerleri için hesaplamaların yapılmasına gerek duyulmamıştır.

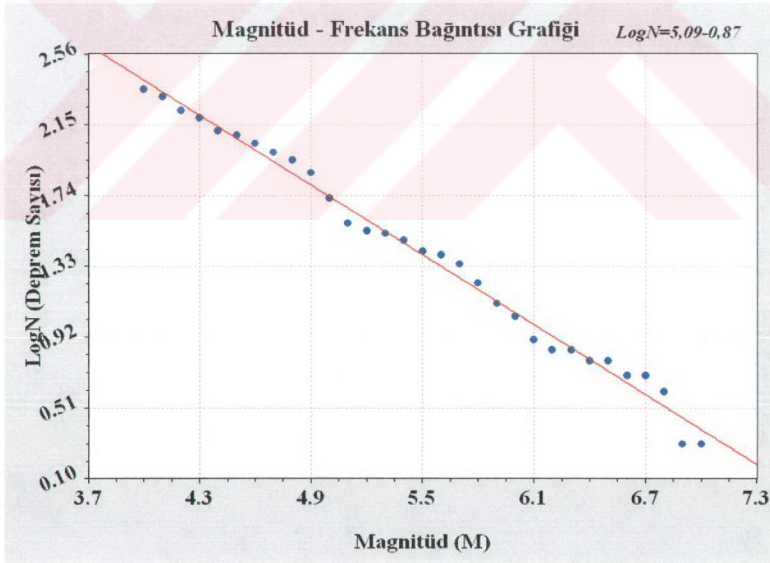
Depremsellik bağıntıları kullanılarak bölgede olabilecek depremler ve olasılıkları hesaplanmıştır. Yüzey dalgası magnitudü verilerinden yararlanarak yapılan hesaplamalara göre $M_s=5$ büyüklüğündeki depremin 100 yılda olma olasılığı %95 olup geri dönüş periyodu 33,5 yıl olarak hesaplanmıştır. $M_s=6$ büyüklüğündeki depremin 100 yılda olma olasılığı %33 iken geri dönüşü 248 yıl olarak hesaplanmıştır. Diğer hesaplamalar tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.4. $\Delta M = 0,1$ aralıklarla hesaplanan deprem sayıları ve kümülatif değerleri. Yüzey dalgası magnitudüne göre düzenlenmiş 1903-2002 ISC verileridir.

Magnitüd(M_s)	Deprem sayısı (N)	Toplam N	LogN
4	20	226	2.354108439
4.1	35	206	2.31386722
4.2	15	171	2.23299611
4.3	26	156	2.193124598
4.4	7	130	2.113943352
4.5	13	123	2.089905111
4.6	12	110	2.041392685
4.7	10	98	1.991226076
4.8	14	88	1.944482672
4.9	21	74	1.86923172
5	15	53	1.72427587
5.1	4	38	1.579783597
5.2	1	34	1.531478917
5.3	3	33	1.51851394
5.4	4	30	1.477121255
5.5	1	26	1.414973348
5.6	3	25	1.397940009
5.7	5	22	1.342422681
5.8	4	17	1.230448921
5.9	2	13	1.113943352
6	3	11	1.041392685

Tablo 4.4'ün devamı.

6.1	1	8	0.903089987
6.2	0	7	0.84509804
6.3	1	7	0.84509804
6.4	0	6	0.77815125
6.5	1	6	0.77815125
6.6	0	5	0.698970004
6.7	1	5	0.698970004
6.8	2	4	0.602059991
6.9	0	2	0.301029996
7	1	2	0.301029996
7.1	0	1	0
7.2	0	1	0
7.3	0	1	0
7.4	0	1	0
7.5	0	1	0
7.6	0	1	0
7.7	0	1	0
7.8	0	1	0
7.9	1	1	0



Şekil 4.26. Yüzey dalgası magnitüdü değerleri için hesaplanan Magnitüd – Frekans grafiğı.

Tablo 4.5. Yüzey dalgası magnitüdüne göre Gutenberg – Richter ilişkisinden hesaplanan a ve b değerleri.

a	b	a'	a ₁	a ₁ '
5.09	0.87	4.788265	3.126	2.824

Tablo 4.6. Yüzey dalgası magnitüdüne göre hesaplanan olasılık ve geri dönüş periyotları.

Ms	n(M)	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Q (Geri dönüş)
5	0.0298	0.26	0.45	0.59	0.70	0.77	0.89	0.95	33.57
5.5	0.0109	0.10	0.20	0.28	0.35	0.42	0.56	0.67	91.41
6	0.0040	0.04	0.08	0.11	0.15	0.18	0.26	0.33	248.89
6.5	0.0015	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.10	0.14	677.64
6.6	0.0012	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.09	0.11	827.94
6.7	0.0010	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	1011.58
6.8	0.0008	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	1235.95

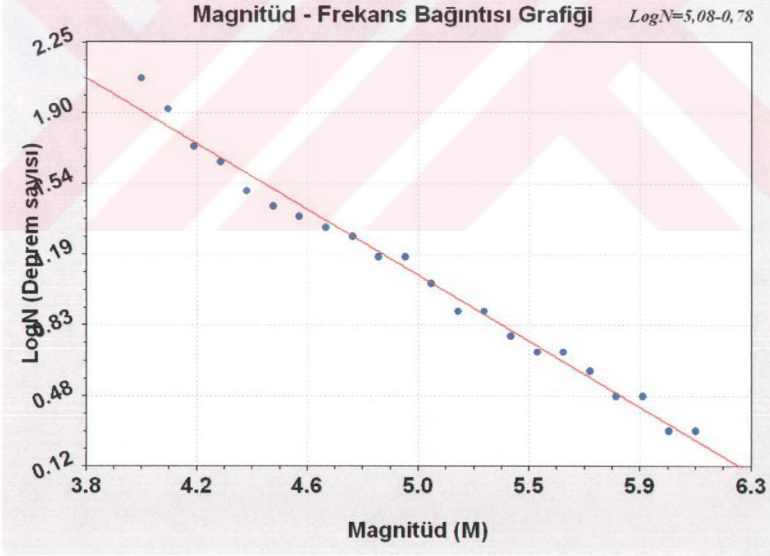
Risk analizinin ikinci aşamasında aletsel dönem verilerinden yararlanarak $4 \leq M_d \leq 7$ aralığında olan ve süre magnitüdüne göre homojen olan toplam 119 adet deprem verisi kullanılmıştır. Hesaplanan LogN ve kümülatif deprem sayıları tablo 4.7’de verilmiştir. Bulunan değerlerden Magnitüd – Frekans ilişkisini ifade eden doğrusallık grafiği çizilmiştir (Şekil 4.27). Grafikteki değerlerden en küçük kareler yöntemi ile yapılan hesaplamalarda “a” değeri 5.08, “b” değeri ise 0.78 olarak bulunmuştur. Olasılık hesaplamalarında kullanılan “a” değeri 4.83, “a₁” değeri 3.15, “a₁’” değeri 2.9 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak hesaplanan olasılık değerlerine göre Md=5 olan bir depremin 75 ve 100 yılda olma olasılığı %100 gibi yüksek olup geri dönüş periyodu 10.10 yıl olarak hesaplanmıştır. Md=6.5 büyüklüğündeki depremin 100 yılda olma olasılığı %49, geri dönüş periyodu 149.39 yıl olarak hesaplanmıştır. İnceleme alanında beklenen maksimum depremin büyüklüğü olan M=6.8 için 100 yılda olma olasılığı %32 olup geri dönüşü 256 yıl olarak hesaplanmıştır. Bu büyüklükteki depremin 256 yılda olma olasılığı %81,92 olarak tahmin edilmesi bir yaklaşım olarak ifade edilebilir. Diğer büyüklükler için yapılan hesaplamalar tablo 4.9’da ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 4.7. Zaman magnitüdüne göre hesaplanan deprem sayıları ve kümülatif değerleri.

Magnitüd(Md)	Deprem sayısı (N)	Toplam N	LogN
4	36	119	2.075547
4.1	29	83	1.919078
4.2	9	54	1.732394
4.3	13	45	1.653213
4.4	5	32	1.50515
4.5	3	27	1.431364
4.6	3	24	1.380211

Tablo 4.7'nin devamı.

4.7	2	21	1.322219
4.8	4	19	1.278754
4.9	0	15	1.176091
5	4	15	1.176091
5.1	3	11	1.041393
5.2	0	8	0.90309
5.3	2	8	0.90309
5.4	1	6	0.778151
5.5	0	5	0.69897
5.6	1	5	0.69897
5.7	1	4	0.60206
5.8	0	3	0.477121
5.9	1	3	0.477121
6	0	2	0.30103
6.1	1	2	0.30103
6.2	0	1	0
6.3	0	1	0
6.4	1	1	0



Şekil 4.27. Zaman magnitüdü değerleri için hesaplanan Magnitüd – Frekans grafiği.

Tablo 4.8. Zaman magnitudüne göre Gutenberg – Richter ilişkisinden hesaplanan a ve b değerleri.

a	b	a'	a ₁	a ₁ '
5.1	0.78	4.83	3.15	2.9

Tablo 4.9. Zaman magnitudüne göre hesaplanan olasılık ve geri dönüş periyotları.

M	n(M)	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Q (Geri dönüş)
5	0.0990	0.63	0.86	0.95	0.98	0.99	1.00	1.00	10.10
5.5	0.0403	0.33	0.55	0.70	0.80	0.87	0.95	0.98	24.79
6	0.0164	0.15	0.28	0.39	0.48	0.56	0.71	0.81	60.86
6.5	0.0067	0.06	0.13	0.18	0.23	0.28	0.39	0.49	149.39
6.6	0.0056	0.05	0.11	0.15	0.20	0.24	0.34	0.43	178.78
6.7	0.0047	0.05	0.09	0.13	0.17	0.21	0.30	0.37	213.95
6.8	0.0039	0.04	0.08	0.11	0.14	0.18	0.25	0.32	256.04

4.6.5.Sismik Risk

Sismolojik çalışmalarda çoğu zaman depremlerle açığa çıkacak enerji boşalımının büyüklüğü hesaplanmaya çalışılır. Bunun için değişik araştırmacılar tarafından bulunan bağıntılar kullanılır. Bu bağıntılar günümüze kadar geliştirilmiş ve yaygın hale getirilmiştir.

Dünya çapında büyük özveri ile çalışan bazı sismoloji merkezlerinin (ISC, ISK, USGS, NEIC, HARV vb gibi) hazırlamış oldukları verileri katalog haline getirmeleri kullanıcılar için büyük kolaylıklar sağlamıştır.

Deprem büyüklüğü analizlerinde ilk olarak; karakteristik deprem, maksimum deprem, maksimum güvenilir deprem ve saçılmış deprem gibi terimler tahmin edilmeye çalışılarak sismik tehlike tipinin tanımlaması yapılır (dePolo ve Slemmons, 1990). Özellikle bu kavramların doğru bir şekilde anlaşılması gerekir.

Karakteristik Deprem; Fay segmentleri üzerinde benzer büyüklükte ve tarzda tekrarlanan depremlerdir (Scwartz ve diğ., 1984). Bu tip deprem sismik, Paleosismik ve jeolojik verilerden doğrudan saptanabilen bir deprem modelidir.

Maksimum Deprem; Bir deprem kaynağının belirli bir zaman diliminde oluşturması beklenen en büyük depremdir (Scwartz ve diğ., 1984). Maksimum deprem terimi olasılık yöntemlerinde, yüz yıllık bir zaman periyodunda meydana gelmiş en büyük deprem için kullanılmaktadır. Bu terim, maksimum olası deprem olarak da kullanılabilir.

Günümüzde maksimum deprem terimi herhangi bir fay segmentinin magnitud-frekans ilişkisi dağılımında oluşan en büyük depremi ifade etmekte olup fay parametrelerinin karşılaştırılması, kaynak tanımlamaları, tarihsel sismisite gibi jeolojik ve sismolojik metotlar kullanılarak hesaplanmaktadır (dePolo ve Slemmons, 1990).

Maksimum Güvenilir Deprem; Bir bölgede yada bir fay boyunca oluşma ihtimali var olan en büyük veya maksimum depremi ifade eden bir terimdir. Maksimum güvenilir deprem zamandan bağımsız olması ile maksimum depremden ayrılır. Maksimum güvenilir depremin tahmin edilmesinde deprem kaynağının fiziksel özellikleri, segmentlerin kırılma tarzları veya tarihsel sismik veriler en önemli bilgileri oluşturmaktadır. Bu terim genelde uzun ömürlü ve yüksek riskli mühendislik projelerinde kullanılmaktadır (dePolo ve Slemmons, 1990).

Saçılmış Depremler; Büyük sismojenik yapılar ve/veya tanımlanmamış kaynaklar arasında oluşan depremlerdir. Bunların “Gelişigüzel Depremler” şeklinde tanımlandığı da olmaktadır. Saçılmış depremler, genellikle belirli faylarla ilgili olamayan yerel depremselliğe bağlı deprem tehlikesini ifade etmekte olup, küçük veya orta büyüklükte sarsıntılardır (dePolo ve Slemmons, 1990).

Yukarıda değinilen sismik tahmin modellerinden *maksimum deprem* büyüklüğü belirli bir zaman diliminde sismik bir kaynağın oluşturabileceği en büyük depremi temsil ettiğinden en önemli ve en yararlı tahmin tipini oluşturmaktadır. Son yıllarda maksimum deprem büyüklüğünün belirlenebilmesinde tarihsel sismisite, deprem kırığı uzunluğu, segmentasyon, deprem kırığı (fay) alanı, fay ötelenme miktarı ve deformasyon oranı metotları ile deprem büyüklüğü ilişkileri kullanılmaktadır.

AFZ’nun kuzeydoğu bölümündeki segmentleri üzerinde oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğünün belirlenmesi için yukarıdaki metotlar kullanılarak inceleme alanında saptanan veriler doğrultusunda değerlendirilmiştir.

4.6.5.1. Deprem Kırığı Uzunluğu – Deprem Büyüklüğü Metodu

Bu yöntem deprem büyüklüğünün fayın uzunluğunun logaritması ile doğru orantılı olduğu kabulüne dayandırılmış bir metottur. Wells ve Coppersmith (1994)’in geliştirdiği

$$M=5.08+1.16(\text{Log}L)$$

bağıntısı karakteristik ve maksimum deprem tahminlerinde doğrudan kullanılmaktadır. Burada, L; km olarak fayın uzunluğunu temsil etmektedir. DAFS, Palu-Hazar Gölü segmentinin uzunluğu 55,2 km olarak alındığında segment üzerinde oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü $M_s=7.1$ olarak hesaplanmıştır (Güneyli, 2002).

Bu çalışmada Adıyaman Fay Zonu’nun Hazar Segmenti için segment uzunluğu 30 km olarak alındığında, fay zonu üzerinde oluşabilecek maksimum depremin büyüklüğü $M_s=6.8$ olarak hesaplanmıştır.

4.6.5.2.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 sonuçlar vermektedir (dePolo ve Slemmons, 1990). Wyss (1979), Singh ve diğ. (1980) ve Bonilla ve diğ. (1984) deprem büyüklüğü ile fay alanı arasındaki ilişkileri ortaya koymak için yaptıkları çalışmalarda $M < 5.6$ depremler için;

$$M = \text{Log}A + 4,15$$

$M > 5,6$ depremleri için 0,3 birim magnitüd hata payı ile;

$$M = 0,93\text{Log}A + 4,38$$

Bağıntılarını geliştirmiştir. Burada A; km olarak fay düzleminin alanını temsil etmektedir. Fay alanının hesaplanmasında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta deprem üreten fayın eğimi boyunca kırılman olabildiği sismojenik derinliğin doğru tahmin edilebilmesidir. DAFS üzerinde sismik gözlemlerin en hassas yapıldığı son on yıl içerisinde meydana gelen orta büyüklükteki depremlerin odak derinliklerine bakıldığında istisnai durumlar olsa da genelde sismojenik zonun 25-30 km derinliklere kadar uzandığı görülmektedir.

Wyss (1979)*'in bağıntıları daha sonra yapılan bazı çalışmalarda geliştirilmiş, son olarak Wells ve Coppersmith (1994), fay alanı-magnitüd ilişkilerini;

$$M = 4,07 + 0,98\text{Log}A$$

Şeklinde geliştirilmiştir. Palu-Hazar Gölü Segmenti için bu bağıntı kullanılarak segment üzerinde oluşabilecek tahmini maksimum deprem büyüklüğü $M=7.2$ olarak hesaplanmıştır (Güneyli, 2002).

AFZ'da son yüz yılda meydana gelen aletsel dönem depremlerine bakıldığında maksimum odak derinlikleri 0-10,7 km arasında değiştiği görülmektedir. Fay parametreleri kullanarak bu bağıntıda yerine yazıldığında Hazar Segmenti üzerinde oluşabilecek maksimum olası depremin büyüklüğü $M=6.5$ olarak hesaplanmıştır.

4.6.5.3.Maksimum Ötelenme – Deprem Büyüklüğü Metodu

Yüzey kırığı oluşturan bir depremde oluşan ötelenme değerini deprem büyüklüğüne dönüştürmek için sayısal bir bağıntı kullanılır. Ötelenme – magnitüd ilişkileri ile yüzey kırığı – magnitüd ilişkisi benzer değerlendirmelere sahiptirler (dePolo ve Slemmons, 1990). Bu konuda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Slemmons, (1982) ve Bonilla ve diğ. (1984) gibi araştırmacılar yüzey dalgası magnitüdüleri (M_s) ile maksimum ötelenme oranlarını

karşılaştırmışlardır. Bu konuda yapılan son çalışmalardan bir tanesinde Well ve Coppersmith (1994)'dür. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarında;

$$M=6,69+0,74\text{Log(MD)}$$

bağıntısını geliştirmişlerdir. Wells ve Coppersmith (1994) yüzey kırığı uzunluğu (SRL)-Maksimum ötelenme (MD) arasındaki ilişkiyi açıklamak için;

$$\text{Log(MD)}=-1,38+1,02\text{Log(SRL)}$$

bağıntısını geliştirmiştir. Bu bağıntıdan Palu-Hazar Gölü Segmenti için fay parametreleri kullanılarak oluşabilecek maksimum deprem büyüklüğü $M=7.1$ olarak hesaplanmıştır (Güneyli, 2002).

Adıyaman Fay Zonu üzerinde bu çalışma kapsamında yapılan arazi ve haritalama çalışmalarında fay üzerindeki maksimum ötelenme, Caru Deresi yatağında yaklaşık 9 km olarak saptanmıştır. Hazar segmentinin uzunluğu 30 km alınarak bağıntıda yerine yazıldığında oluşabilecek maksimum deprem $M=6.8$ olarak hesaplanmıştır.

4.6.5.4. Deformasyon Oranı – Deprem Büyüklüğü Metodu

Deformasyon oranı yöntemi jeolojik, paleosismolojik, jeodetik ve tarihsel yüzey ötelenmelerinin incelenmesi ve sismik deformasyon oranı ile deprem büyüklüğü değerlerinin saptanmasına dayalı 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 uzun olduğundan bu süreçte sismotektonik rejimin değişmiş olması riski vardır. Bu nedenle uzun süreli deformasyon oranlarının kullanılması durumunda ciddi yanlışlar ortaya çıkabilir. Orta süreli deformasyon oranları onbinlerce ve yüzbinlerce yıllık zaman aralıklarından elde edilir. Orta süreli deformasyon oranları sismotektonik çalışmalar için birincil önemde verileri oluşturur. Bunlar jeolojik, paleosismik ve jeomorfolojik yöntemlerle elde edilen verilerdir. Güncel deformasyon bilgileri ise tarihsel ve jeodetik verilerden elde edilir. Toplam deprem momentleri, sismik deformasyon oranını verecek yüksek sismisite veya büyük depremler oluşturan depremler 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 ilişkinin ortaya konması için,

$$M_s=7.223+1.263\text{LogS}$$

bağıntısı geliştirilmiştir (Scwartz ve diğ., 1984). Bağıntıda S mm olarak yıllık kayma hızını ifade etmektedir. Bu ilişki daha çok yüksek kayma hızına sahip faylar için kullanılmakta olup, düşük kayma hızına sahip faylarda bir takım hatalar vermektedir.

DAFS için Palu-Hazar Gölü Segmentinin 13,5mm/yıl kayma hızı değeri kullanılarak segment üzerinde meydana gelebilecek maksimum yüzey dalgası magnitudü $M_s=8.7$ hesaplanmıştır (Güneyli, 2002).

Türkiye depremleri için P.W. Burton (1987) tarafından yüzey dalgası magnitudü ile cisim dalgası magnitudü arasında;

$$M_s=1,86M_b-4,44$$

bağıntısı bulunmuştur. Bu çalışma kapsamında AFZ Hazar Segmenti için hesaplanan $M=6.8$ değeri bağıntıda kullanıldığında yüzey dalgası magnitudü $M_s= 8,2$ olarak bulunmuş olup,

$$M_s=7.223+1.263\text{Log}S$$

bağıntısında yazıldığında Fay Zonu için yıllık kayma hızı değeri 5.9 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

4.6.5.5.Sismik Moment – Deprem Büyüklüğü Metodu

Sismik moment metodu, deprem büyüklüğü tahmininde en fazla veri gerektiren bir metod olup, sismik teoriler ve gözlemler ile en yeterli şekilde desteklenen bir yaklaşım sağlar. Deprem büyüklüğü, sismik moment ve/veya moment magnitud ile temsil edilebilir. Sismik moment sismogramlardan tahmin edilebilir ve sismolojik veriler ile jeolojik veriler arsında bir bağıntı kurulmasını sağlar (dePolo ve Slemmons, 1990). Deprem büyüklüğü ve fay kırığı parametreleri arasındaki anlamlı bir fiziksel bağıntı sismik momenti (M_o) saptamamızı sağlar. Bu ilişki,

$$M_o=\mu DA \text{ ve } \text{Log}M_o=1,26M_s+15,6$$

bağıntıları ile formüleleştirilmiştir. Formüldeki μ kesme modülü (genelde $3*10^{11}$ 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'dan).

Sismik momentin magnitudde dönüşümü,

$$M_w = \frac{2}{3} \text{Log}M_o - 10,7$$

bağıntısı ile ifade edilmektedir (Hanks ve Kanamori, 1979; dePolo ve Slemmons, 1990'dan).

Palu – Hazar Gölü segmentinin parametreleri kullanılarak bu büyüklük $M_w=7.4-7.6$ hesaplanmıştır (Güneyli, 2002).

Bu bağıntılar AFZ'nun Hazar segmenti için kullanıldığında $M_w=6.5$ olarak hesaplanmıştır.

DAFS'nin bu kesiminde oluşan tarihsel depremlere bakıldığında yüzlerce km uzunluğundaki bölgeleri etkileyen depremlerin meydana geldiği görülmektedir. Bu

depremlerden 1874 $M_s=7.1$ + Hazar gölü depremi (Ambraseys, 1989) en iyi tanımlananıdır. Bu depremin büyüklüğünü yukarıdaki yöntemlerle bulunan maksimum büyüklüklerin geneli ile uyumlu olduğu görülmektedir. Buna göre Palu Hazar gölü Segmenti üzerinde, olası bir maksimum deprem büyüklüğünün 7.1 olacağı sonucuna varılmıştır (Güneyli, 2002).

Sonuç olarak, yukarıdaki farklı yaklaşımlarla geliştirilen bağıntılar kullanılarak DAFS'nin ana kırığı ve bu sistemin bir parçası olan AFZ için olası maksimum deprem büyüklüğü değerleri saptanmıştır. DAFS ve AFZ için hesaplanan değerler baştan sona kadar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Bu şekilde AFZ için hesaplanan değerlerin doğruluğu test edilmek istenmiştir. Değerlerden anlaşıldığı gibi AFZ'nun Hazar Segmenti üzerinde oluşabilecek olası maksimum depremin büyüklüğü 6.5 ile 6.8 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değer, DAFS için hesaplananla karşılaştırıldığında bu segment için öngörülen bir büyüklük olduğu anlaşılmaktadır.

4.7. Deprem Odak Mekanizması Çalışmaları

Deprem mekanizması ile sismik dalgaların dinamik özellikleri (dalga şekli ve amplitüdü) arasındaki ilişkinin aranması aletsel sismolojinin ilk yıllarında başlar. 1909 yılında Japon sismologlar boyuna dalgaların başlangıç yönlerinin çeşitli istasyonlardaki dağılımını inceleyerek kompresyon sahalarını dilatasyon sahalarından ayıran düğüm düzlemlerini ayırt etmeye çalışmışlardır (Nakano 1923). Bu ilk çalışmalarda, odağı derin olmayan depremler ve yeryüzünün düzlem olarak kabul edilebileceği yakın mesafeler için doğru olan bir metod uygulanmaktaydı. Bu metoda göre, dış merkez civarında dağılan kompresyon ve dilatasyon bölgeleri birbirine dik iki doğru ile ayrılabilirler. Bu doğrulardan biri fay düzleminin yeryüzü ile arakesitidir. Bu yönü ile de problem çift çözümlü olmaktadır. Fakat buna rağmen jeolojik gözlemler ve tektonik bilgiler ile bu çelişkiyi ortadan kaldırmak mümkün olmaktadır.

Depremlerin odak bölgelerine ait bilgilerin artmasıyla, bir kısım araştırmacılar boyuna dalgaların amplitüd ve ilk hareket yönlerinin ifade edilen değerler ile teorik değerleri karşılaştırmışlardır.

Odağı derin olan depremlerde düğüm düzlemlerinin sığ odaklılar gibi basit olmayıp, bunların yeryüzü ile arakesitlerinin elips veya hiperboller şeklinde oluşu Byerly (1938) tarafından, sismik ışınların yer içindeki yörüngelerinin birer doğru değil eğri yayları şeklinde oluşu ile izah edilmiştir. Bu açıklama deprem odak mekanizması çözümlerinin olumlu bir döneme girmesini sağlamıştır. Bu görüş derin odaklı depremler kadar, sığ odaklıların da mekanizmasını açıklayabilmektedir. Byerly bu çalışması ile sismik cisim dalgalarının yer içindeki hızlarının derinlikle artmasından ileri gelen bu yörünge eğrilikliğini dikkate alıp, uygun bir izdüşüm sistemi kullanılarak düğüm düzlemlerinin birer daire ile temsil edilebileceğini göstermiştir. Bu, günümüze kadar uygulanan ve Byerly Metodu adı verilen fay düzlemi belirleme metodunun esasını teşkil etmektedir.

Bir kısım araştırmacılar düğüm düzlemlerinin çizilmesinde merkezi izdüşümü, diğer bir kısmı ise Wulff veya Schmidt projeksiyonunu kullanmışlardır.

Önceleri sadece P dalgalarının ilk hareket yönlerinden yararlanarak yapılan odak mekanizması çözümlerinde daha sonraları S dalgaları da kullanılmaya başlanmıştır. Enine titreşimlerden ibaret olan bu dalgalar yer içinde yatay veya düşey düzlem içinde polarize olurlar (SH ve SV). Stauder (1960) enine dalgaların polarizasyon açılarının dağılımı ile deprem odak mekanizması arasındaki ilgiyi aramıştır. Uygulama yönünden bir takım güçlükler göstermekle beraber, S dalgaları yardımı ile odakta harekete sebep olan kuvvetlerin durumu hakkında da bilgi

edinmek mümkün olmaktadır. Bazı hallerde bu yöntemle, P dalgaları ile elde edilen çözümlerdeki çelişkiyi kaldırmak, yani düğüm düzlemlerinden hangisinin fay düzlemine karşı geldiğini ayırt etmek mümkün olmaktadır. P dalgası ile elde edilen odak mekanizması problemleri çift çözümlüdür. Yani bu yöntemle elde edilen düğüm düzlemlerinden herhangi biri fay düzlemini temsil eder. İncelenen bölgenin tektonik karakterini inceleyebilmek için bu çift çözümlülükten ileri gelen çelişkinin giderilmesi gerekmektedir. Bu da iki yolla yapılabilir. Bunlardan birincisi, S dalgalarından yararlanarak düğüm düzlemlerinden hangisinin fay düzlemini temsil ettiği belirlenmektedir. Bu da ancak odakta depreme sebep olan bir kuvvet çifti etkisi ile meydana gelmesi hallerinde mümkün olmaktadır. Yapılan incelemeler çoğu hallerde depremlerin tek kuvvet çiftinin veya momentsiz ikili kuvvet çiftinin süper pozisyonu ile meydana geldiğini göstermiştir. Bundan dolayı problem çift çözümlü olmaktadır. Bu durumlarda yüzey dalgalarından yararlanmak sorunu açıklamak için gerekli olabilir.

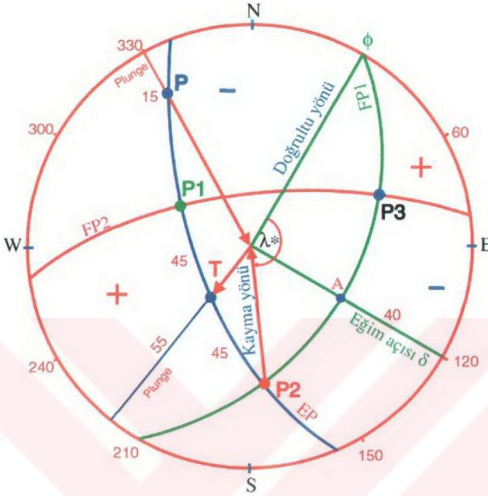
Çift çözümlülükten ileri gelen karışıklığı ortadan kaldırmak için en uygun gelen ikinci yol ise odak bölgesinin dinamik parametrelerinden yararlanmaktır. Bunlar düğüm düzlemleri ile 45^0 lik açılar yapan maksimum basınç (P) ve maksimum tansiyon (T) yönleridir. Ayrıca, adı geçen iki düzlemin arakesiti olan sıfır vektörü (null vector) de bu konuda faydalı olmaktadır.

4.7.1. Odak Parametreleri

P dalgalarının ilk hareket yönlerinin odak küresi ya da uygun bir izdüşüm sistemi kullanılarak bir düzlem üzerine işaretlenmesi ile elde edilen dağılımda, kompresyon ve dilatasyon bölgelerini ayıran düğüm düzlemleri çizilerek bir “odak mekanizması diyagramı” elde edilir. Bu diyagram odaktaki mekanizmayı açıklayan çeşitli parametrelerin elde edilmesinde kullanılır. Verilen bir projeksiyonda düğüm düzlemlerinin çizilmesi ile doğrultu ve eğimleri belirli iki düzlem belirlenmiş olur. Bu düzlemlerden biri yardımcı düzlem, diğeri ise fay düzlemidir. Bu düzlemler doğrultuları (strike), eğimi (dip) ve kayma açısı (rake) ile tanımlanırlar. Düzlemlerin doğrultuları kuzeyden itibaren saat yönünde ölçülen azimutları ile verilir. Düzlemin eğimi, yatay düzlemle yaptığı açıdır, kayma açısı, doğrultu ile fay düzlemi arasındaki açıdır. Fay düzlemi çözümünün şematik görünümü şekil 4.28’de verilmiştir. Fay veya yardımcı düzlem olabilecek düğüm düzlemlerinin parametreleri;

1. Doğrultusu ($0^0 < \phi < 360^0$)
2. Eğim açısı ($0^0 < \delta < 90^0$)
3. Kayma açısı ($-180^0 < \lambda < 180^0$)

olarak sıralanır.



Şekil 4.28. Fay düzlemi parametrelerinin şematik gösterimi

Düğüm düzlemlerinin odak küresi içindeki pozisyonlarının bilinmesi mekanizmayı tanımlamaya yeterli değildir. Fay hareketinin tipinin de belirlenmesi gerekir. Fay düzlemi üzerindeki harekete göre faylar;

1. Eğim atımlı
2. Doğrultu atımlı

olmak üzere ikiye ayrılır. Eğim atımlı faylarda hareket vektörünün yatayla yaptığı açı 45° den büyük, doğrultu atımlı fay da ise küçüktür. Doğrultu atımlı fayda yatay hareketin yönünün de bilinmesi gerekir ve bu tür faylar, sağ yönlü ve sol yönlü olarak ikiye ayrılırlar.

Eğim atımlı faylar;

1. Normal fay
2. Ters fay

olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bunlardan birincisinde fay düzleminin üstünde kalan blok aşağıya doğru hareket etmiştir. Düğüm düzlemlerinden hangisinin fay düzlemine karşılık geldiğinin

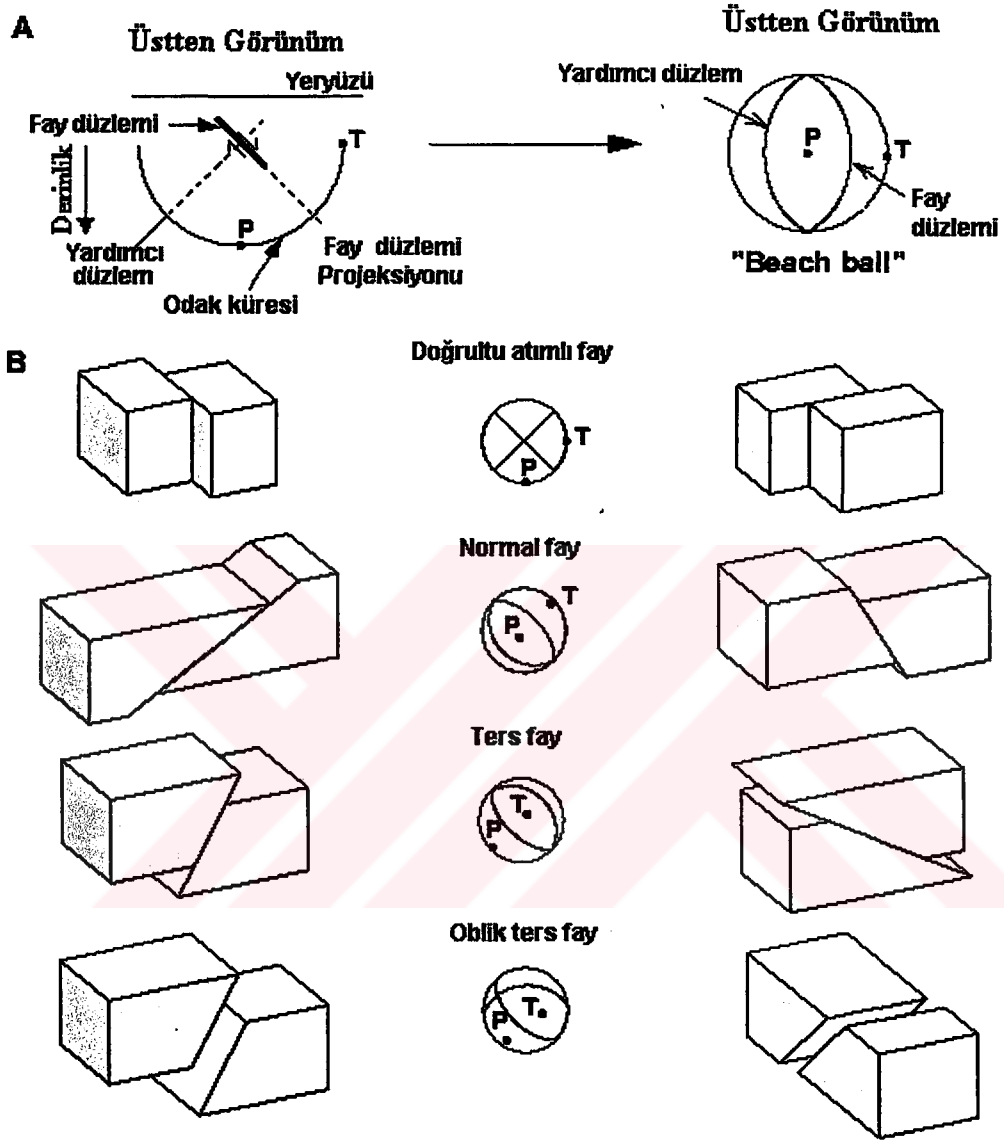
bilinmemesi hallerinde mevcut karışıklığı ortadan kaldırmak amacıyla odağın dinamik parametrelerinin incelenmesi gerekir. Bunlar;

1. Sıfır vektörü (null vector)
2. Maksimum basınç eksen (P)
3. Maksimum tansiyon eksen (T)

olarak sıralanır.

Sıfır vektörü düğüm düzlemlerinin arakesiti olup, B-ekseni olarak adlandırılmıştır. Doğrultu atımlı faylarda B-ekseni düşey, eğim atımlı faylarda yataydır. Doğada tamamen eğim atımlı yada doğrultu atımlı faylara çok az rastlanır. Çoğu durumda hareket obliktir ve B-ekseni $0^0 - 90^0$ arasında çeşitli değerler alır. Maksimum basınç ve maksimum gerilme eksenlerine sırasıyla P ve T eksenleri adı verilir. Bunlar B - eksenine ile ortogonal bir sistem teşkil eder. P, T, B birbirleri ile 90^0 açı yaparlar ve düğüm düzlemleri ile 45^0 'lik açı yaparlar. Bunlardan P-ekseni odak küresinde dilatasyon kadranında, T-ekseni de kompresyon kadranında yer alır. P ve T-eksenlerinin dalımları, faylanmada yer hareketinin yönünü belirtirler. Normal faylarda P-ekseni düşey, T-ekseni yatay, ters faylarda ise durum bunun tersidir. Doğrultu atımlı faylarda her iki eksen de yatay veya yataya yakındır (Şekil 4.29).

Odak mekanizmasının şematik diyagramı



USGS, 1996

Şekil 4.29. Değişik faylanma tipleri ve bunlara karşılık gelen fay düzlemi çözümleri.

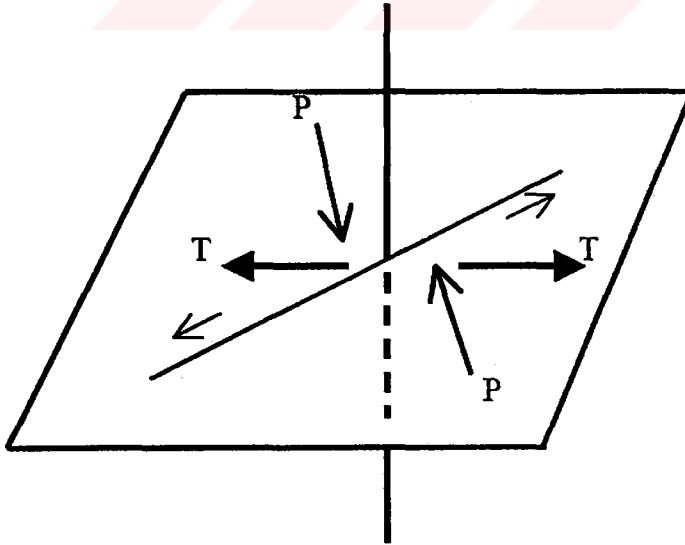
4.7.2. Asal Gerilmeler ve Ana Faylanma Türleri

Yer kabuğu milyonlarca yıldır sürekli hareket halindedir. Okyanusal kabuğun ve kıtasal kabuğun bu hareketi nedeniyle depremler meydana gelmektedir. Bu depremlerin oluşturdıkları enerji 10^{25} erg mertebesinde (Gutenberg vd. 1954). Yer kabuğunun belirli bölgelerinde oluşan bu potansiyel enerji kabuğun deformasyonuna neden olmaktadır. Laboratuvar ortamında kayaçlar üzerinde yapılan deneyler, belirli gerilme değerleri altında elastik bir cisim gibi davrandıklarını göstermiştir. Gerilmelerin cismin mukavemet değerini aşması durumunda kopma meydana gelmektedir.

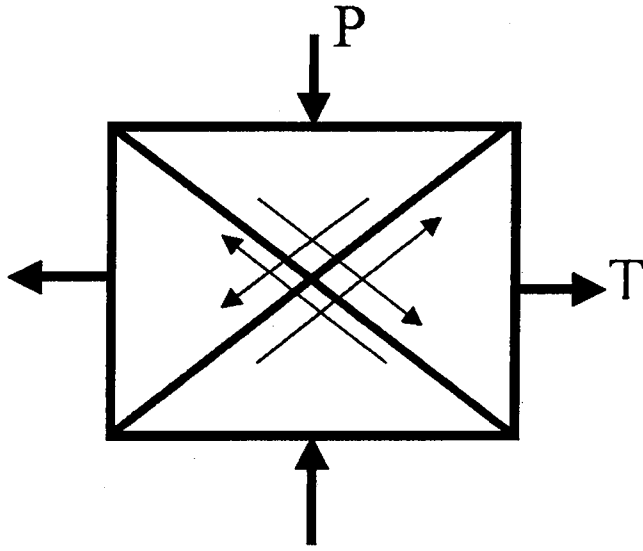
Deprem odağındaki etkili gerilmelerin durumuna göre, çeşitli türden fay hareketleri meydana gelir. Asal gerilme eksenlerinin çeşitli konumları altında meydana gelecek fayların tipleri ilk olarak Anderson (1951) tarafından verilmiştir.

4.7.3. Kuvvet Sistemleri ve Asal Gerilme Eksenleri

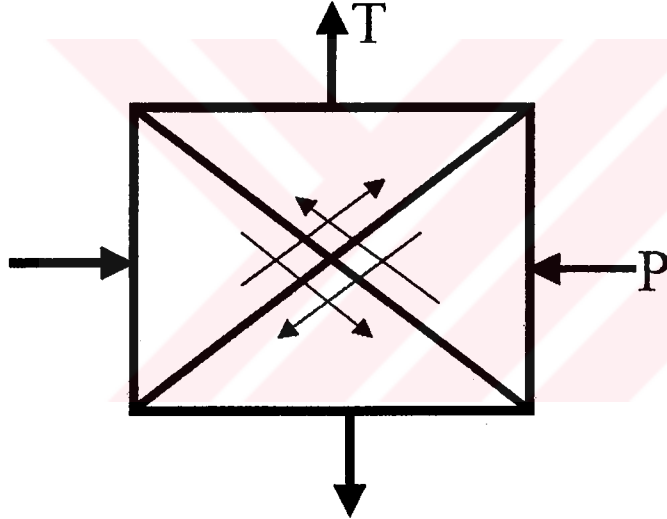
Depremlerin odak mekanizmaları üzerinde yapılan araştırmalar etkin kuvvet sistemlerinin Şekil 4.30, 4.31 ve 4.32'deki sistemlerden birine uyduğunu göstermektedir. Depremlerin odak bölgesinde etkili gerilme sistemlerinin durumlarına göre, hareket tipleri bakımından birbirinden farklı yerdeğiştirmeler meydana gelir. Gerilme eksenleri üç bileşende incelenir



Şekil 4.30. Doğrultu atımlı faylanma mekanizması.



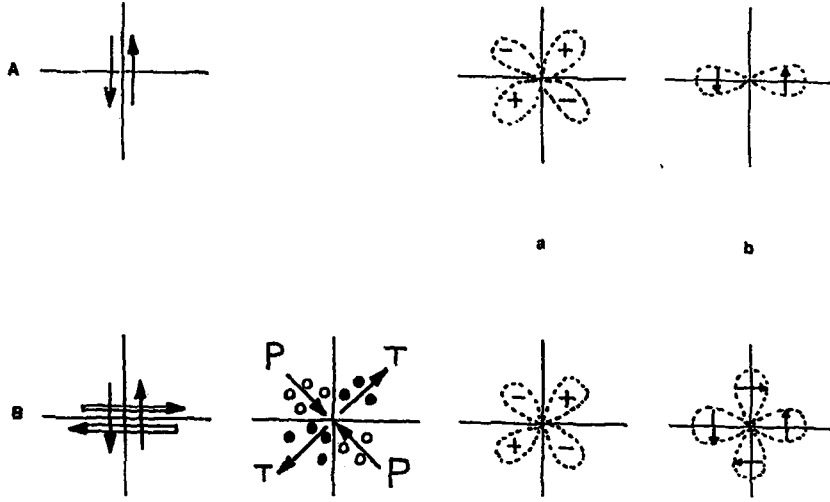
Şekil 4.31. Normal faylanma mekanizması



Şekil 4.32. Ters faylanma mekanizması

Odaktaki etken kuvvet sisteminin türüne göre P ve S dalgalarının genlikleri odak çevresinde farklı dağılım gösterirler. Sismograf istasyonlarında ölçülen genlikler birçok değişkene bağlı olduğundan genliklerden yararlanarak odak mekanizmasını belirlemek zordur.

Deprem meydana geldiğinde oluşan P ve S dalgaları yer içinde yayılırlarken geçtikleri kayacın veya zeminin içindeki tanecikleri boyuna ve enine titreştirirler. Bu titreşim hareketi kayıt istasyonuna varana kadar değişmeksizin sürer. P dalgası ilk hareket yönünden yararlanılarak odak mekanizmasının Elastik Rebound Teorisinde tarif edildiği gibi bir faylanma olduğu ve bu faylanmanın iki kuvvet çifti ile gösterilebileceği kabul edilir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Tek kuvvet çifti (A) ve ikili kuvvet çifti (B) dalga yayılım modelleri.

4.7.4. Cisim Dalgalarından Odak Mekanizmasının Saptanması

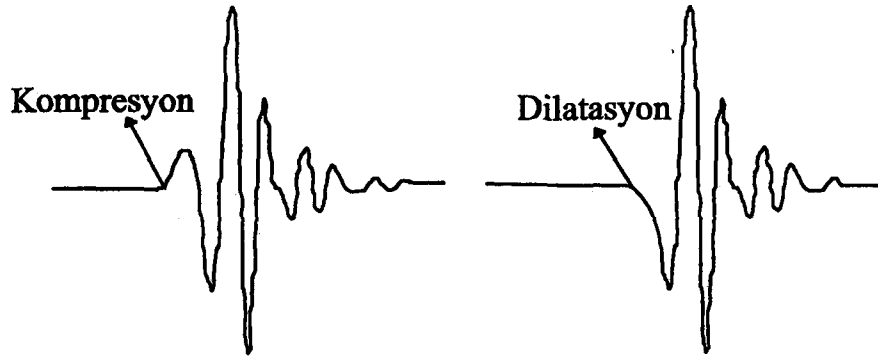
Cisim dalgaları boyuna dalgalar (P) ve enine dalgalar (S) olmak üzere ikiye ayrılırlar P dalgalarının genlikleri odaktaki hareketin mekanizmasına bağlı olarak simetrik bir dağılım gösterirler. Odağı çevrelediği kabul edilen bir küreyi dört kadrana ayıran düzlemler üzerinde P dalgası genliği sıfırdır. Bu düzlemlere “Düğüm Düzlemleri” denir.

Odaktaki etken kuvvet sisteminin türüne göre P ve S dalgalarının genlikleri odak çevresinde farklı bir dağılım gösterirler. Sismograf istasyonlarında ölçülen genlikler birçok değişkene bağlı olduğundan genliklerden yararlanarak odak mekanizması tayini nispeten güçtür.

Buna karşılık P ve S dalgalarının tanecik hareketleri (Particle motions) yer içinde yayılırlarken değişikliğe uğramazlar. P dalgaları diğer dalga türlerinden daha hızlı yayıldıklarından sismogramlarda görülen ilk hareketler P dalgalarına aittir.

P dalgasının ilk hareketlerinden yararlanılarak odak mekanizmasının Elastik Rebound Teorisinde tarif edildiği gibi bir faylanma olduğu ve bu faylanma hareketinin iki kuvvet çifti ile gösterilebileceği kabul edilmektedir. P dalgası ilk hareketlerinden yararlanılarak odaktaki faylanmanın türü ve geometrisi saptanmaya çalışılır.

Pratikte sismometrelerin polarizasyonu öyle ayarlanır ki sismogram üzerindeki yukarı doğru bir ilk hareket odaktaki kompresyona, aşağı doğru bir ilk hareket ise dilatasyona karşılık gelir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Sismogramlarda kompresyon ve dilatasyon gösteren sismik dalgaların ilk hareketler yönleri.

Fay düzlemi yönteminde ilk problem yeryüzündeki sismograf istasyonlarının odak küresi üzerindeki yerlerinin saptanmasıdır. Daha sonraki iş, odak küresi üzerindeki kompresyon ve dilatasyonları uygun bir projeksiyon kullanılarak bir düzlem üzerinde göstermektir.

Depremin kaydedildiği tüm sismograf istasyonlarındaki P dalgası ilk hareketi (aşağı-yukarı veya dilatasyon - kompresyon) belirlenir. Daha sonra depremin istasyonlar için azimut açıları, episantır ve odağı terkediş açıları hesaplanır.

4.7.5. Azimut Açıları ve Episantır Uzaklıklarının Belirlenmesi

Azimut açılan ve episantır uzaklıkları için çeşitli formüller geliştirilmiştir. Episantırın enlem ve boylamı θ , ϕ ; istasyonununkiler θ' , ϕ' olsun Sismograf istasyonunun episantıra uzaklığı,

$$\cos\Delta = AA' + BB' + CC'$$

$$2(1 - \cos\Delta) = (A - A')^2 + (B - B')^2 + (C - C')^2$$

$$2(1 + \cos\Delta) = (A + A')^2 + (B + B')^2 + (C + C')^2$$

bağıntılardan hesaplanır. Burada Δ , episantır ile istasyonu yerin merkezinden gören açıdır. Bu formüllerde;

$$A = \sin\theta \cos\varphi$$

$$A' = \sin\theta' \cos\varphi'$$

$$B = \sin\theta \sin\varphi$$

$$B' = \sin\theta' \sin\varphi'$$

$$C = \cos\theta$$

$$C' = \cos\theta'$$

ile verilen doğrultman kosinüsleridir. Yukarıdaki formüllerle 20°-160° arasındaki uzaklıklar 0.1 den daha küçük bir hata ile hesaplanabilir. Daha küçük uzaklıklar için;

$$\Delta^2 = (\theta - \theta')^2 - (\varphi - \varphi')^2 - \sin^2 1/2(\theta + \theta')$$

formülü kullanılabilir.

Azimutu (Z), yani istasyon ve episantırdan geçen büyük dairenin kuzeyle yaptığı açısı;

$$-\sin\Delta \sin Z = DA' + EB'$$

$$-\sin\Delta \cos Z = GA' + HB' + KC'$$

bağıntılarından yararlanarak,

$$\tan Z = DA' + EB' / GA' + HB' + KC'$$

formülünden hesaplayabiliriz. Burada;

$$D = \sin\varphi$$

$$G = \cos\varphi \cos\theta$$

$$K = -\sin\theta$$

$$E = -\cos\varphi$$

$$H = \cos\theta \sin\varphi \text{ 'dir.}$$

4.7.6. Odağı Terkediş Açılarının Hesaplanması

Işının odağı terkediş açısı:

$$I_h = \arcsin((V_h / r_o) / (r_o - h)(dT/d\Delta))$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Burada;

I_h : Işının odağı terkediş açısı,

h : Odak derinliği (km),

V_h : Odaktaki P-dalgası hızı (km/sn),

r_0 : Yerin yarıçapı (km),

$dT/d\Delta$:P-dalgası için zaman-uzaklık eğrisinin eğimi (sn/km)'dir.

4.7.7. İstasyonların Schmidt Ağı ile Odak Küresi Üzerinde Yerleştirilmesi

I_h açısı ve azimut açısı hesaplandıktan sonra bir projeksiyon sistemi kullanılarak odak küresi üzerindeki kompresyon ve dilatasyon bölgeleri ayırt edilir. Bu amaçla çeşitli projeksiyon sistemleri kullanılmıştır. Bunlar arasında en çok kullanılan Schmidt eşit alan yöntemidir. İstasyonlar, Schmidt ağı kullanılarak odak küresinin alt yarım küresi üzerine izdüşülerek işaretlenir.

4.7.8. Düğüm düzlemlerinin belirlenmesi

Her bir istasyonda gözlenen hareket, odak küresi üzerine yerleştirilirken odağı terk ediş açıları (I_h) ve azimutları (θ) kullanılır.

I_h açıları düşey düzlemle yapılan açı olduğundan projeksiyon ağının merkezinden dışarıya doğru ölçülerek, θ açıları kuzeyden doğuya doğru olduğundan ağın dışından ölçülerek istasyonun odak küresi üzerindeki yeri bulunur. Tüm istasyonlar için bu işlem yapıldıktan sonra düğüm düzlemleri kompresyon ve dilatasyonları birbirlerinden en iyi ayıracak şekilde çizilir.

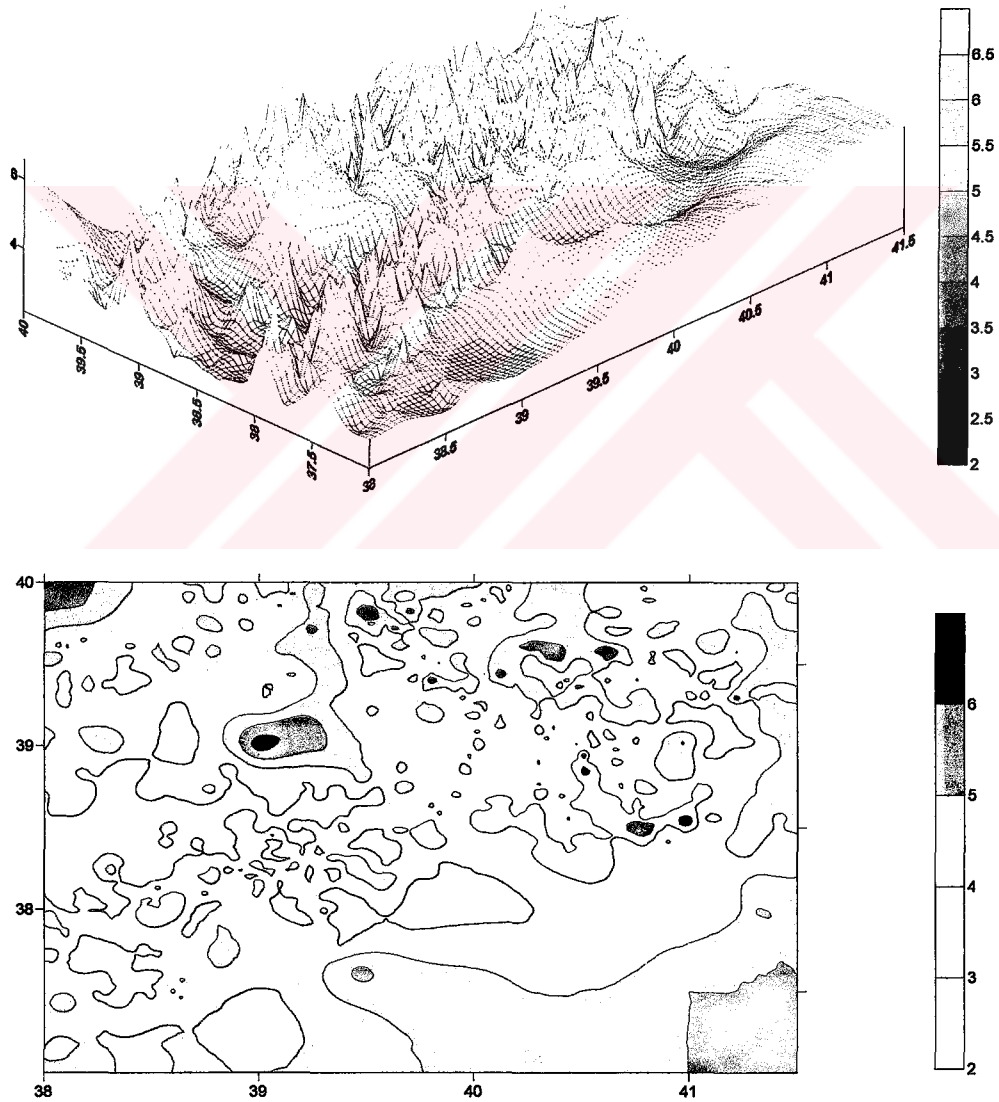
Bunun için önce düzlemlerden birisi çizilir. Daha sonra bu düzlemin kutbu işaretlenir. İkinci düzlem birinci düzlemin kutbundan geçmek koşuluyla tekrar kompresyon ve dilatasyonları ayıracak şekilde geçirilir. Böylece her iki düzlemin birbirlerine dik olması sağlanmış olur.

4.7.9. Asal gerilme eksenlerinin belirlenmesi

Asal gerilme eksenleri, P, en büyük basınç eksenini olup dilatasyon alanında: T, en büyük gerilme (çekme) eksenini olup kompresyon alanında ve B, orta gerilme eksenini de düğüm düzlemlerinin kesim noktasında bulunur. P ve T eksenleri düğüm düzlemleri ile 45° lik açı yaparlar. P, T ve B eksenleri ise birbirleriyle 90° lik açı yaparlar. Schmidt ağı ile asal eksen parametreleri (azimutları ve dalımları) ölçülerek belirlenir.

4.7.10.Odak Mekanizması Çalışma Sonuçları

Bu çalışmada DAFS'nin KD bölümünde, çoğunluğu son yıllarda meydana gelmiş 27 adet depremin odak çözümleri yapılarak depremlerin tektonik yapılarla ilişkileri araştırılmıştır. İncelenen depremlerin Magnitüd aralığı $4.2 \leq M \leq 6.9$ 'dur. Depremlerle açığa çıkan sismik enerji dağılımına bakıldığında inceleme alanı ve yakın çevresinde aletsel dönem boyunca büyük enerji boşalımlarının olduğu görülmektedir (Şekil 4.35). Açığa çıkan sismik enerjinin tarihsel dönem itibariyle görülen tektonik yüklenme sonucu küçük ve orta büyüklükteki depremlerle boşaldığı düşünülmektedir.



Şekil 4.35. Çalışma alanı ve çevresinde aletsel dönem boyunca açığa çıkan sismik enerji dağılımı.

Odak mekanizması çalışmalarında önemli olan, faylanmaya neden olan gerilmelerin belirlenmesi ve bunların mevcut tektonik yapıyla ilişkisinin açıklanmasıdır. Bunun için bir çok sayıda deprem odak mekanizması çözümüne ihtiyaç vardır. Yeterli sayıda veri elde etmek, odak mekanizması çözümü için yararlı sonuçlar sağlamaktadır. Bu amaçla inceleme alanı ve yakın çevresinde tarihsel dönem boyunca meydana gelmiş depremlerin odak çözümlerini yorumlamak için değişik sismoloji kurumlarının ve araştırmacıların hazırlamış oldukları verilerden yararlanılmıştır. İlk olarak, <http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html> Web sitesinden 37-41 D boylamları ile 38-40 K enlemleri arasındaki bölgede meydana gelen depremlere ait 17 adet odak çözümü alınmıştır. Daha sonra çalışmada sırasıyla 5 adet Taymaz ve diğ., 1991, 3 adet Kalafat, 1994, 1 adet KOERİ ve 1 adet odak çözümü USGS'den olmak üzere toplam 27 adet odak çözümü kullanılmıştır. Bu çözümlerin bir kısmı P dalgası ilk hareket polaritesine dayandırılarak, diğer bir kısmı ise SV/SH oranına göre yapılmıştır. Odak çözümü yapılan bu depremler harita üzerindeki gösterimleri ile çalışma alanı ve civarının sismotektonik haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.36).

Çalışmada kullanılan odak çözümlerine ait ilk varış polariteleri ISC bültenlerinden alınmış ve Focal odak mekanizması çözüm programı ortamında, yukarıdaki referanslar dahilinde çözümler yapılmıştır. Çözümlerden elde edilen sonuçlar gerekli parametreleri ile birlikte tablo 4.10'da depremlerin oluş tarihine göre sırasıyla verilmiştir.

Odak çözümü yapılan depremlerden iki tanesi inceleme alanı içinde AFZ'nun KD bölümünde meydana gelmiştir. Bunların odak parametrelerine bakıldığında K72D olarak verilen düzlemin AFZ'nun bu bölümündeki genel gidişiyle yaklaşık olarak uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca P ve T eksenlerinin konumları da Miyosen sonrasındaki Arap – Avrasya yakınsaması ile sonuçlanan tektonik rejimi karşılamaktadır. Odak çözümleri AFZ'nun bu bölümünün, çok küçük normal bileşeni olan (yaklaşık 1^0) sol yanal doğrultu atımlı faylanma özelliğinde olduğunu göstermiştir.

DAFS'nin çalışma alanı yakınındaki bölümünde yapılan odak çözümlerine göre fay segmentlerinden bir kısmı normal bileşenli sol yanal doğrultu atımlı faylanma özelliği gösterirken diğer segmentlerinde ise ters bileşenli sol yanal doğrultu atımlı faylanma özelliği göstermiştir.

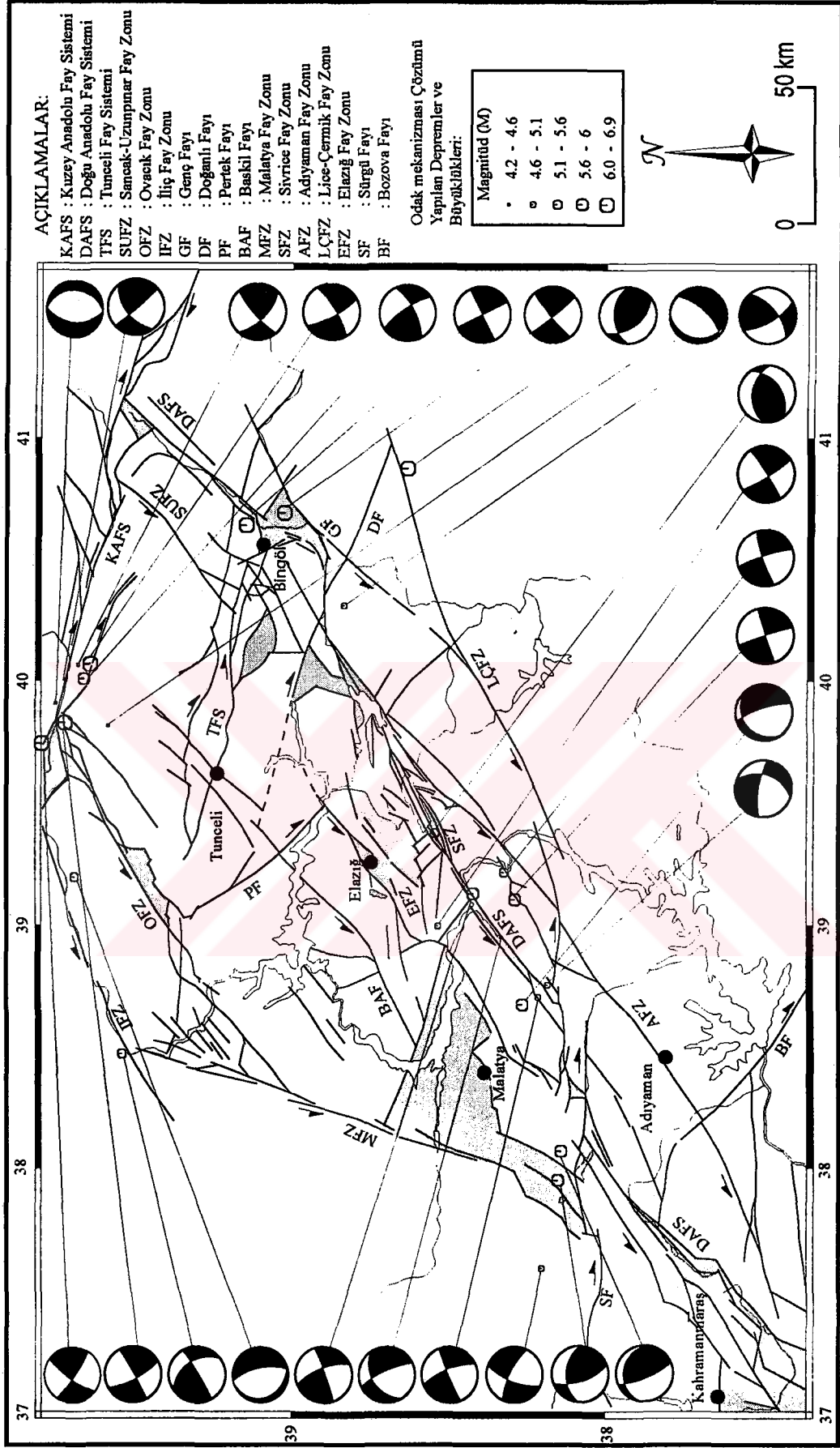
İnceleme alanında fay zonu boyunca alınan ölçümlerle yapılan kinematik analiz sonuçları, çalışmada yapılan odak çözümleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre Pliyo-Kuvaternerde etkili olan doğrultu atım rejimi ile odak çözümü yaklaşık olarak uygunluk göstermiştir.

Tablo 4.10. İnceleme alanında aletsel dönemde oluşmuş önemli depremlerin odak mekanizması çözüm sonuçları.

No	Tarih		Episantr		Magnitud	Asal Gerilme Eksenler				Düğüm Düzlemleri				2				
	Yıl	Ay	Gün	Enlem		Boylam	Mw	T	N	P	1	2						
							DI.	Azm	DI.	Azm	DI	Azm	Doğrultu	Eğim	Sapma	Doğrultu	Eğim	Sapma
1	1964	6	14	38.13	38.51	Ms=5.7	27	92	51	222	227	29	-28	342	77	-116		
2	1971	5	22	38.89	40.52	Ms=6.9	8	96	4	186	231	82	3	141	87	172		
3	1975	9	6	38.50	40.70	Ms=6.7	60	113	2	207	270	50	50	143	54	127		
4	1978	12	4	38.07	37.43	Mb=5	3	68	23	160	296	76	-160	201	71	-15		
5	1981	1	20	38.05	38.59	Mb=5	16	-27	37	230	278	77	-40	18	51	-163		
6	1983	11	18	39.55	39.03	5.4	25	76	65	266	156	21	-102	349	70	86		
7	1986	5	5	38.02	37.79	Ms=5.9	48	119	11	221	273	49	31	161	67	135		
8	1986	6	6	38.01	37.91	Ms=5.6	52	96	28	229	275	27	30	158	77	114		
9	1992	3	13	39.71	39.61	6.7	14	80	76	275	4	171	7	124	83	167		
10	1992	3	13	39.94	39.57	6.7	7	78	83	265	1	168	213	4	86	175		
11	1992	3	15	39.52	39.84	5.9	24	283	65	115	5	15	61	326	77	159		
12	1992	3	29	39.44	39.65	4.2	25	123	63	328	42	70	-79	193	22	-117		
13	1992	4	2	39.54	39.90	4.4	23	94	9	0	229	80	23	135	67	169		
14	1992	4	20	39.58	39.84	4.3	24	92	16	189	232	61	6	139	85	151		
15	1992	4	22	39.61	39.74	4.4	10	-85	80	95	185	55	-90	5	35	-90		
16	1992	5	7	38.70	40.14	Mb=5	31	11	4	-81	149	72	26	51	66	160		
17	1998	3	28	38.20	38.79	4.5	21	98	44	346	38	206	-15	336	79	-135		
18	1998	5	9	38.19	39.00	5.1	0	116	80	26	10	206	-7	341	83	-173		
19	1999	4	6	39.40	38.31	5.4	31	291	48	63	25	185	175	59	86	41		
20	2000	5	7	38.40	38.83	4.6	5	104	81	230	7	13	-179	58	89	-9		
21	2002	11	19	38.08	38.54	4.7	9	294	73	56	14	210	-177	247	87	-16		

Tablo 4.10'un devamı.

22	2003	1	27	39.50	39.88	6	1	105	73	198	17	15	151	77	-168	58	79	-13
23	2003	1	27	39.58	39.66	6.1	9	108	75	236	11	16	152	75	-178	62	88	-15
24	2003	5	1	39.01	40.47	Mw=6.4	2	-72			4	18	153	88.5	-176	63	86	-2
25	2003	7	13	38.29	38.96	5.6	16	296	70	82	11	203	339	71	176	70	86	19
26	2003	7	13	38.16	38.90	5.6	1	297	88	138	1	27	72	89	1	342	89	179
27	2004	7	11	38.41	39.21	Mw=5.5	66	257			1	64	52	51	58	277	49	123



Şekil 4.36. Çalışma alanı ve yakın çevresinin sismotektonik haritası.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. İnceleme alanı olan Adıyaman Fay Zonunun kuzeydoğu bölümünün sismotektonik özelliklerinin araştırılması kapsamında ilk aşamada bölgede 1/25 000 ölçekli ayrıntılı arazi çalışmaları yapılmıştır. Araziden elde edilen bilgiler ve gözlemler sonucunda çalışma alanının aynı ölçekli neotektonik haritası hazırlanmıştır.
2. Arazi ve haritalama çalışmaları ile AFZ boyunca detaylı tektonik araştırmalar yapılarak fay setleri belirlenmiş olup, karakterleriyle birlikte haritaya işlenmiştir.
3. Arazi çalışmaları ile inceleme alanında beş farklı tekil fay ve fay seti tanımlanmıştır. Bunlar; sırasıyla AFZ ile aynı doğrultuda 13 km uzunluğunda ve 3 km genişliğinde sol yanal 1-Işıktepe Fay Seti (IFS), K10°20'D doğrultulu 11 km uzunluğunda sol yanal 2-Başkaynak Fay Seti (BFS), D-B doğrultusu boyunca 8 km izlenebilen sol yanal 3-Üçdeğirmenler Fayı (ÜF), D-B Doğrultusunda 8 km uzunluğundaki sol yanal Çakıroğlu Fayı (ÇF) ve K70°D doğrultulu 8 km izlenebilen 5-Gökçepelit Faylarıdır (GPF).
4. Fay zonu boyunca yapılan ayrıntılı arazi çalışmaları ile tipik olarak görülen çek ayır havzalar ve morfotektonik yapılar incelenmiştir. Buna göre, doğrultu atımlı faylarda sıkça karşılaşılan uzamış sırtlar, çizgisel vadiler, kademeli kesilmiş yapılar, küçük ve büyük ölçekli çek ayır havzalar ve ötelenmiş akarsu yatakları belirlenmiş ve haritalanmıştır.
5. Fay zonunda yapılan arazi çalışmalarında kayma yapıları olan lokasyonlar tespit edilmiştir. Bu lokasyonlardan ölçülen fay parametreleri (doğrultu, eğim, sapma açısı) ile yapılan kinematik analiz sonuçlarına göre bölgede beş ayrı fazın varlığı belirlenmiştir. Bunlar; Eosen başındaki genişleme rejimi, Oligosen sonlarında görülen sıkışma rejimi, Miyosen başındaki genişleme rejimi, Orta-Üst Miyosende etkili olan sıkışma rejimi ve Pliyo-Kuvaternerde etkili olan doğrultu atım rejimleridir.
6. Pliyo-Kuvaternerde etkili olan doğrultu atım rejimine bağlı olarak DAFS içindeki aktif fay hatları arasında kalan blokların saatin tersi yönünde rotasyona uğradıkları tespit edilmiştir.
7. AFZ'nun yaş ve atımı ile ilgili yapılan çalışmalarda amprik bağıntılar kullanılarak fayın yaşı 1,5 milyon yıl olarak hesaplanmıştır. Caru Çayı, Fırat Nehri ve Maden Çayında atımla ilgili yapılan çalışmalarda farklı ötelenme değerleri saptanmıştır. Buna göre Caru Çayında 9 km, Fırat Nehri yatağında 5 km ve Maden Çayı'nda ise 1,5 km'lik atımlar saptanmıştır.
8. Depremsellik çalışmalarında bölgede olabilecek maksimum deprem büyüklüğü, tekrarlanma aralığı ve olma olasılığı değerleri yine amprik yaklaşımlar kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre inceleme alanında olabilecek en büyük deprem 6.5 ile 6.8

arasında değişmektedir. Bunların olasılıkları ve geri dönüş periyotları, 6.5 için 100 yılda %14 olup, geri dönüşü 677 yıl olarak hesaplanmıştır. 6.8 büyüklüğü için 100 yılda olma olasılığı %8 olup, geri dönüşü 1235 yıl olarak hesaplanmıştır.

9. Zaman magnitudüne göre verilen aletsel dönem depremlerinden elde edilen değerler ile yapılan depremsellik parametreleri bölge ve inceleme alanı için daha riskli bulunmuştur. Buna göre $M_d=6.5$ büyüklüğündeki deprem için 100 yıllık olasılık değeri %49, geri dönüşü ise 149 yıl olarak hesaplanmıştır. $M_d=6.8$ büyüklüğündeki deprem için 100 yıllık olasılık değeri %32, geri dönüşü 256 yıl olarak hesaplanmıştır.
10. Literatür taraması yapılarak bölgede tarihsel dönemde hasara neden olmuş depremler incelenmiş ve haritalanmıştır.
11. Aletsel dönem depremleri kullanılarak bölgenin sismotektonik haritası yapılmıştır.
12. Aletsel dönem verilerinden hasar yapıcı depremler tespit edilmiş ve bunların odak mekanizması çözümleri yapılmış olup, bölgedeki tektonik hatlarla olan ilişkileri incelenmiştir.
13. Çalışma alanı ve yakın çevresindeki aktif fayların sismik aktiviteleri incelenmiş, geçmişte büyük depremler üreten bu fayların günümüzde de aktivitelerini sürdürdükleri saptanmıştır.
14. Çalışma alanı ve yakın çevresinin uydu fotoğrafları temin edilmiş ve bölgenin tektonik hatları bunun üzerinde çizilmiştir.
15. Bölgedeki sismik aktivitenin daha iyi anlaşılabilmesi için mikrosismik deprem ağının kurulması gerekmektedir. Mikrodeprem çalışmalarıyla stres artışı yoğun olan yerler belirlenmelidir.
16. Sınırlı imkânlarla yapılan bu çalışmada fay zonunun düşey yöndeki devamlılığı tam olarak belirlenememiştir. Sığ sismik çalışmaların yapılarak fayın düşey yöndeki durumu incelenmelidir.

KAYNAKLAR

- AKTAŞ, G. AND ROBERTSON, A.H.F. 1990. Tectonic evolution of the Tethys suture zone in Southeastern Turkey: Evidence from the petrology and geochemistry of Late Cretaceous and Middle Eocene extrusives. In: Moores, E.M., Panayiotou, A. and Xenophontos, C., Editors, 1990. Ophiolites-Oceanic Crustal Analogues Proceedings International Symposium 'Troodos 1987', Geological Survey Department, Cyprus, pp. 311-329.
- AKYOL, İ.H., 1938. Erzincan Zelzelesi ve Son Feyezanlar. Ülkü Halkevleri Dergisi, Cilt II, Sayı 64, Haziran 1938.
- ALLEN, C. R., 1969, Active faulting in northern Turkey, Div. Geol. Sci., Calif., 32 pp, Caltech, Pasadena
- ALPTEKİN, Ö. 1978. Türkiye ve çevresindeki depremlerde magnitüd-frekans bağıntıları ve deformasyon boşalımı. Doçentlik tezi. KTÜ, Trabzon.
- ALPTEKİN, Ö. 1978. Türkiye ve çevresindeki depremlerde magnitüd-frekans bağıntıları ve deformasyon boşalımı. Doçentlik tezi. KTÜ, Trabzon.
- AMBRASEYS, N.N., 1970. Some characteristic features of the Aatolian Fault Zone. Tectonophysics, 9. 143-165.
- AMBRASEYS, N.N., 1971. Value of historical records of earthquakes. Nature, 232, 375-382.
- AMBRASEYS, N.N., 1989. Temporary seismic quiescence: SE Turkey. Geophysical Journal, 96, 311-331.
- AMBRASEYS, N.N. VE FINKEL, C.F., 1995. The seismicity of Turkey and adjacent areas, A Historical Review, 1500-1800. Academic Press, İstanbul, 240s.
- AMBRASEYS, N.N. AND JACKSON, A., 1998 Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophys. Jour. Int. 133. 390-406.
- ANDERSON, E. M., 1951. The dynamics of faulting and dyke formation with application to Britain, Oliver & Boyd, Edinburgh, 206 p.
- ANGELIER, J., 1984. Tectonic analysis of the slip data sets. Journal Geophysics Research, 89, 5835-5848.
- ANGELIER, J., 1994. Fault slip analysis and paleostress reconstruction. In: Hancock, P.L., Editor, Continental Deformation, 53-100.
- ARPAT, E. AND ŞAROĞLU, F., 1972. The East Anatolian Fault System: Thoughts on its development. Bulletin Mineral Research And Exploration Institute, 78, 33-39.

- ARINCI, R., 1945. Arzda ve Yurdumuzda Zelzele Bölgeleri. Çorumlu Mecmuası, Çorum Halkevi Yayını, Sayı 29, Çorum.
- BAL, S., 2002. Hazar Fayı'nın Tekevir-Baltaşı arasında (Hazar Gölü KD'su) yapısal ve morfotektonik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 37s.
- BARKA, A. ve K. Kadinsky-Cade, 1988. Strike-slip fault geometry in Turkey influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7, 663-684.
- BONILLA, M.G., MARK, R.F. AND LIENKAEMPER, J.J., 1984. Statistical relations among earthquake magnitude, surface rupture length and surface fault displacement. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 74, 2379-2411.
- BOTT, M.H.P., 1959. The mechanism of oblique slip faulting. *Geological Magazine*, 96, 109-117.
- BOZKURT, E., 2001. Neotectonics of Turkey-a synthesis. *Geodinamica Acta*, 14, 1/3, 3-30.
- BURTON, P.W., 1987. Seismic hazard: combined approaches incorporating extreme values, strain energy release, limiting earthquakes and crustal deformation, Abstract in *XIX Gen. Ass. Int. Un. Geod. & Geophys.*, vol. 1, p. 262, August 9-22, 1987, Vancouver, Canada.
- BYERLY, P. 1938. The earthquake of July 6, 1934 aplitudes and first motion, 56 *Bull. Seism. Soc. Am.*, 28,1.
- CALVI, V.S., 1941. Erdbebenkatalog der Turkei und Einiger Benaehbarter Gebiete. Yayınlanmamış, Rapor No. 276, MTA Enstitüsü, 1941, Ankara.
- ÇELİK, H., 2003. Mastar Dağı (Elazığ GD'su) çevresinin stratigrafik ve tektonik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 95s.
- ÇETİN, H., GÜNEYLİ, H. AND MAYER, L., 2003. Paleoseismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 374, 163-197.
- ÇETİNDAG, B., 1985. Palu-Kovancılar (Elazığ) dolayının hidrojeoloji incelemesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 117s.
- DEPOLO, C.M., AND SLEMMONS, D.B., 1990. Estimation of earthquake size for seismic hazards. Krinitzsky, in E.L., and Slemmons, D.B., (eds.). *Neotectonics in earthquake evaluation: Review in Engineering Geology*, III. The Geol. Soc. Amer., Boulder, Colorado.
- DEWEY, J. AND ŞENGÖR, A.M.C., 1979. Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *Geological Society of America Bulletin*, 66, 843-868.
- DEWEY, J.F., HEMPTON, M.R., KIDD, W.S.F., ŞAROĞLU, F. AND ŞENGÖR, A.M.C., 1986. Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of eastern Anatolia-a young collision

- zone. In Coward, M.O., Ries, A.C., eds., Collisional Tectonics, Geological Society Special Publication no. 19, Geological Society, London, p.3-36.
- ERCAN, A., 1979. Doğu Anadolu fayı üzerinde küçük deprem çalışmaları. Yeryuvarı ve İnsan, 4,1, 21-30.
- ERGİN, K., GÜÇLÜ, U. VE UZ, Z. 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu (M.S.11-1964).İTÜ. Arz Fiziği Enst. Yay.; 24, 74s.
- GUTENBERG, B., RICHTER, C.F. 1949. Seismicity of earth and associated phenomena. Princeton Univ. Pres, Princeton, New Jersey.
- GUTENBERG, B., RİCHTER, C.F., 1954. Seismicity of earth and related phenomena, 2 nd ed. Princeton Univ. Pres, Princeton, New Jersey.
- GÜLEN, L., BARKA, A. VE TOKSÖZ, N., 1987. Kıtaların çarpışması ve ilgili kompleks deformasyon: Maraş üçlü eklemi ve çevre yapıları. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 14, 319-336.
- GÜNEYLİ, H., 2002. Doğu Anadolu Fay Sistemi, Palu-Hazar Gölü segmentinin neotektoniği ve paleosismolojisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 143s.
- HANKS, T. C. AND KANAMORİ, H., 1979. A Moment-Magnitude Scale, J. Geophys. Res., 84, 2348-2350.
- HEMPTON, M.R. AND DUNNE, L.A., 1984. Sedimentation in pull-apart basins: Active examples in Eastern Turkey. Journal of Geology, 92, 513-530.
- HEMPTON, M.R., 1985. Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, southeastern Turkey. Geological Society of America Bulletin, 96, 233-243.
- HEMPTON, M.R., 1987. Constrains on Arabian plate motion and extensional history of Red Sea. Tectonics, 6, 687-705.
- HERECE, E. VE AKAY, E., 1992. Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu Fayı. Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler, 361-372.
- İNCEÖZ, M. VE İNCE, S.C., 1999. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAFZ) Palu çevresinde yapısal ve morfotektonik özellikleri. Aktif Tektonik Araştırma Grubu İkinci Toplantısı, Bildiriler, 98-110.
- JACKSON, J. ve D.P. McKenzie, 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan, Geophys. J.R. Astron. Soc., 77, 185-264.
- KALAFAT, D., 1994. Son yıllarda Anadolu ve yakın çevresinde olmuş, hissedilen depremlerin makrosismik derleme çalışması (yayınlanmamış).
- KALAFAT, D. 1998. Anadolu'nun tektonik yapılarının deprem mekanizması açısından

- irdelenmesi. Deprem Araştırma Bülteni, 77, 1-217.
- KARNİK, V., 1971. Seismicity of the European Area 2. D. Reidel Publishing Company/Dordrecht, Holland.
- KASAPOĞLU, K.E., 1987. Doğu Akdeniz'in Sismotektonik Özellikleri: Sonlu elemanlar Çözümlemesi. *Yerbilimleri*, 14, 309-317.
- KETİN, L., 1983, Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış: İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı 1259, 595 s
- KOÇYİĞİT, A., (1984). Güneybatı Türkiye ve Yakın Dolayında Levha İçi Yeni Tektonik Gelişim. *Türkiye Jeo. Kur. Bült.* 27, 1-15 s
- KOÇYİĞİT, A., YILMAZ, A., ADAMIA, S. AND KULOSHVILI, S., 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: Implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. *Geodinamica Acta*, 14, 177-195.
- KOÇYİĞİT, A., AKSOY, E. VE İNCEÖZ, M., 2003. Basic neotectonic characteristics of the Sivrice Fault Zone in the Sivrice-Palu area, East Anatolian Fault System (EAFS), Turkey. A pre-workshop excursion guide-book, p.20.
- LOMNITZ, C., F. MOOSER, C. R. ALLEN, J. N. BRUNE and W. THATCHER, 1970. Seismicity and tectonics of the northern Gulf of California region, Mexico: preliminary results. *Geofis. Int.*, 10, 37-48
- LYBERIS, N., YÜRÜR, T., CHOROWICZ, J., KASAPOĞLU, E. AND GÜNDOĞDU, N., 1992. The East Anatolian fault: an oblique collisional belt. *Tectonophysics*, 204, 1-15.
- MCCLUSKY, S., BALASSANIAN, S., BARKA, A.A., DEMİR, C., ERGİNTAV, S., GEORGIEV, I., GÜRKAN, 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., 2000. Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research*, 105, 5685-5719.
- MCKENZIE, D., 1969. Speculation on the consequence and causes of plate motions. *Geophysical Journal of The Royal Astronomical Society*, 18, 1-32.
- MCKENZIE, D., 1970. Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 226, 239-243.
- MCKENZIE, D., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophysical Journal of The Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- MUEHLBERGER, W.R. AND GORDON, M.B., 1987. Observation on the complexity of the East Anatolian fault, Turkey. *Journal of Structural Geology*, 9, 7, 899-903.

- NAKANO, H., 1923. Notes on the nature of forces which give rise to the earthquake motion. Seism. Bull. Entral Meteorol. Obs. Japan, 1,92.
- NALBANT, S.S., MCCLOSKEY, J., STEACY, S. AND BARKA, A.A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. Earth And Planetary Science Letters, 195, 291-298.
- NALBANT, S.S., MCCLOSKEY, J., STEACY, S.,2005. Lessons on the calculation of static stress loading from the 2003 Bingol, Turkey earthquake. Earth And Planetary Science Letters, 235 (2005), 632-640.
- ORAL, M.B., REILINGER, R.E. VE TOKSÖZ, M.N., 1992. Deformation of the Anatolian block as deduced from GPS measurements. Eos Trans. AGU, 73,120p.
- ÖCAL, N., 1968. Türkiye'nin Sismisitesi ve Zelzele Coğrafyası, 1850-1960 Yılları için Zelzele Katalogu. Kandilli Rasathanesi Yayınları No. 8, İstanbul.
- ÖVER, S., ÜNLÜGENÇ, U.C. VE ÖZDEN, S., 2001. Hatay bölgesinde etkin gerilme durumları. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 23, 1-14.
- ÖZDEMİR, F., Necioğlu, A., Bağcı, G. 2000. Antalya ve Çevresinin Depremselliği ve Odak Mekanizması Çözümleri. *Jeofizik*, S:87-102.
- ÖZDEMİR, M.A., 1996. Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Sincik (Adıyaman) ile Hazar Gölü (Elazığ) arasındaki jeomorfolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8, 1, 191-216.
- ÖZDEMİR, M.A VE İNCEÖZ, M., 2003. Doğu Anadolu Fay Zonu'nda (Karlıova-Türkoğlu arasında) akarsu ötelenmelerinin tektonik verilerle karşılaştırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 5, 1, 89-114.
- ÖZMEN, B., 1999. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem katalogunun bölgesel düzenlenmesi. Deprem Araştırma Bülteni, 82, 5-83.
- PERİNÇEK, D., GÜNAY, Y. VE KOZLU, H., 1987. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler. Türkiye Yedinci Petrol Kongresi, Bildiriler, 89-103.
- PERİNÇEK, D. AND ÇEMEN, İ., 1990. The structural relationship between the East Anatolian and Dead Sea fault zones in southeastern Turkey. Tectonophysics, 172, 331-340.
- PINAR, N., LAHN, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Katalogu. T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İş. Reis. Y. Seri 6, Sayı 36.
- RAMSAY, J.G., 1967. Folding and Fracturing of Rocks. New York - London. 568 p.

- REILINGER, R.E., MCCLUSKY, S.C., ORAL, M.B., KING, R.W., TOKSÖZ, M.N., BARKA, A.A., KINIK, I., LENK, O. AND SANLI, I., 1997. Global positioning system measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone. *Journal of Geophysical Research*, 102, 9983-9999.
- ŞAROĞLU, F. VE YILMAZ, Y., 1987. Doğu Anadolu'da neotektonik dönemdeki jeolojik evrim ve havza modelleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 107, 73-93.
- ŞAROĞLU, F., EMRE, Ö. VE KUŞÇU, İ., 1992. The East Anatolian Fault Zone of Turkey. *Annales Tectonicae*, 6, 99-125.
- ŞENGÖR, A.M.C. 1979. The North Anatolian Fault; its age, offset and tectonic significance . *Jour. Geol. London*;136, 269-282
- ŞENGÖR, A.M.C., 1980. Türkiye'nin neotektoniğinin esasları. *Türkiye Jeoloji Kurumu Konferanslar Serisi*, 2, 40s.
- ŞENGÖR, A.M.C. AND YILMAZ, Y., 1981. Tethyan evolutions of Turkey: A plate tectonic approach. *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- ŞENGÖR, A.M.C., GÖRÜR, N. AND ŞAROĞLU, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., eds., *Strike-Slip Faulting and Basin Formation*, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication No: 37, p.227-264.
- SEYMEN, İ. ve AYDIN, A., 1972. Bingöl deprem fayı ve bunun Kuzey Anadolu Fayı ile ilişkisi. *MTA Dergisi*, 79, 1-9.
- SCHWARTZ, D.P., COPPERSMITH, K.J., SWAN, F.H.III., 1984. Methods for estimating maximum earthquake magnitudes, in *Proceedings of the 8th World Conference on Earthquake Engineering*, July 21-28. San Fransisco, California: Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, Inc., 1, 279-285.
- SING, S.K.E., BAZAN, E. AND ESTEVA, L., 1980. Expected earthquake magnitude from a fault. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 70, 903-914.
- SLEMMONS, D.B., 1982. Determination of design earthquake magnitudes for microzonation, *Proc. Of the Third International Earthquake Microzonation Conf.*, 1, National Science Foundation, Washington, D.C., 119-130.
- SÖNMEZ, M., 1995. Hazar Köyü (Elazığ) güneybatısının jeolojik özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 72s.
- STAUDER, W., 1960. Seismic studies of the Alaska earthquake of July 10, 1958. *Bull. Seism. Soc.Am.*; 50, 293.

- TATAR, Y., 1987. Elazığ bölgesinin genel tektonik yapıları ve Landsat fotoğrafları üzerinde yapılan bazı gözlemler. Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 14, 295-308.
- TAYMAZ, T., EYİDOĞAN, H. VE JACKSON, J., 1991. Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International*, 106, 537-550.
- TONBUL, S. VE ÖZDEMİR, M.A., 1994. Doğu Anadolu Fayı'nın (DAF) tektonik özelliklerinin Palu civarında (Elazığ doğusu) jeomorfolojik ölçütlerle belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6, 1-2, 267-273.
- TURAN, M., 1993. Elazığ yakın civarındaki bazı önemli tektonik yapılar ve bunların bölgenin jeolojik evrimindeki yeri. A. Suat Erk Jeoloji Sempozyumu, Bildiriler, 193-204.
- TÜRKMEN, İ., 1988. Palu-Çaybağı (Elazığ D'su) yöresinin sedimantolojik incelemesi. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 79s.
- TÜRKMEN, İ., 1991. Elazığ Doğusu'nda Çaybağı Formasyonu (Üst Miyosen-Pliyosen?) stratigrafisi ve sedimantolojisi TJK Bült., 34/1. 45-53.
- WEEKS, J., LOCKNER D. AND BYERLEE, J. 1978. Change in b-values during movement on cut surfaces in granite. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, Weeks, J., Lockn 68;333-341.
- WELLS, D.L., AND COPPERSMITH, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width area and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, 84/4, 974-1002.
- WESTAWAY, R., 1994. Present-day kinematics of the Middle East and eastern Mediterranean. *Journal of Geophysical Research*, 99, 12 071-12 090.
- WESTAWAY, R. AND ARGER, J., 1996. The Gölbaşı Basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone. *Journal of The Geological Society, London*, 153, 729-743.
- WESTAWAY, R. AND ARGER, J., 2001. Kinematics of the Malatya-Ovacık Fault Zone. *Geodinamica Acta*, 14, 103-131.
- WYSS, M., 1979. Estimating maximum expectable magnitude of earthquake from dimensions. *Geology*, 7, 336-340.
- YILMAZ, Y., 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. *Geological Society of America Bulletin*, 105, 251-271.
- YÜRÜR, M.T. AND CHOROWICZ, J., 1998. 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.

ÖZGEÇMİŞ

1973 Yılında Elazığ ili Maden İlçesi Çitli Köyü'nde doğdum. İlk öğrenimimi kendi köyümde, orta öğrenimimi Maden İlçesi'nde, lise öğrenimimi ise Keban İlçesinde tamamladım. 1995 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nü kazandım. 2000 yılında mezun olduktan sonra kısa bir süre serbest çalıştım. 2002 yılında Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimime başladım. 2005 yılında yüksek lisans öğrenimimi tamamladım. Evli ve iki çocuk babasıyım.





EKLER

EK-1: Adıyaman Fay Zonu'nun Kuzeydoğu Bölümünün Neotektonik Haritası (Cepte sunulmuştur).

EK-2: ISC kataloglarına ait deprem verileri.

TARİH	KAYNAK	Z.(GMT)	ENL.	BOYL.	D (Km)	Mb	Md	MI	Ms
31.08.1965	ISC	29:46.0	39.36	40.79	11	5.1			5.0
31.05.1946		3:12	39.29	41.21	60				5.7
30.10.1968	ISC	51:35.0	37.99	38.56	3	5			4.9
30.01.1967	ISC	25:04.0	39.41	41.49	76	4.6			4.1
29.12.1939		16:04	39.7	39.7	0				4.0
29.12.1939		13:18	39.7	39.55	10				4.8
29.12.1939		11:33	39.89	39.27	10				4.9
29.10.1994	ISC	52:57.0	39.4	40.7	1		4.2		
29.08.1959		10:40	38.55	41.29	50				4.8
29.08.1949		0:19	39.5	40.6	0				4.8
29.05.1940		15:24	39.41	40	60				4.8
29.01.1995	ISC	16:56.8	39.82	40.64	28	4.8			4.8
28.12.1939		19:10	39.71	39.8	80				4.2
28.06.1965	ISC	27:29.0	38	41.3	33	5.1			5.0
28.04.1998	ISC	51:58.0	38.7	40.4	10		4.3		
28.03.1998	ISC	29:58.0	38.19	38.78	6		4.4		
28.03.1954		4:47	39.03	40.97	10				5.4
27.12.1939		2:48	39.99	38.14	50				5.5
27.11.2001	ISK	53:30.9	37.84	39.29	18		4.1		
27.09.1924		4:27	39.92	41.47	10				5.0
27.08.1950		22:03	39.38	41.34	60				4.9
27.07.1947		20:09	39.96	40.79	40				4.9
27.03.1954		14:13	38.8	41.5	0				4.7
26.12.1966	ISC	21:01.0	38.85	40.9	28	4.7			4.3
26.12.1939		23:57	39.8	39.51	20				7.9
26.10.1995	ISC	15:23.2	39.55	39.7	10		4		
26.07.1967	ISC	53:01.0	39.54	40.38	0	5.6			6.0
25.12.1996	ISK	48:23.7	38.59	40.7	10		4.3		
25.11.1938		4:10	39	38	0				4.8
25.09.1968	ISC	52:15.0	39.24	40.29	41	5			4.9
25.08.1963		6:11	38.99	38.3	50				4.8
25.07.1996	ISK	25:29.5	39.92	40.51	10		4		
25.04.1995	ISC	51:44.0	38.23	38.8	39		4.3		
25.04.1949		23:09	38.27	38.99	80				5.3
25.03.1977	ISC	39:58.0	38.58	40.03	29	5			4.9
24.12.2000	ISK	30:47.5	38.62	40.26	10		4.8		
24.10.1954		0:44	40	40	0				4.6
24.09.1999	ISC	08:04.1	37.5	38.6	12	4.3			4.4
24.09.1975	ISC	41:17.0	38.68	40.65	38	4.6			4.1

EK-2'nin devamı

24.09.1968	ISC	19:53.0	39.19	40.29	8	5			4.9
24.06.1987	ISC	53:23.0	38.32	39.35	33	4.7			4.0
24.05.1971	ISC	20:14.0	38.98	40.6	33	4.6			4.1
24.04.1991	ISC	54:36.0	39.65	41.13	36	4.5			4.4
24.04.1960		6:00	39.59	39.1	10				4.3
24.02.1994	ISC	32:26.0	40	40.52	10		4.1		
23.10.1997	ISK	06:37.3	38.71	41.33	10		4		
23.09.1940		19:30	38.96	39.32	80				4.9
23.08.1966	ISC	35:45.0	39.32	40.97	30	4.6			4.1
23.08.1949		13:40	39.42	40.98	10				4.6
23.06.1996	ISK	54:54.1	39.41	40.48	5		4.3		
23.04.1964	ISC	23:47.0	38.09	38.75	57	5			4.9
23.03.1953		5:22	39.37	41.28	50				5.0
22.10.2002	DAD	52:12.9	39.3	40.32	10		4.6		
22.08.1966	ISC	36:13.0	39.32	41.4	40	4.6			4.1
22.06.1996	ISK	51:14.1	38.75	39.87	8		4.1		
22.05.1971	ISC	34:18.0	38.92	40.65	26	4.7			4.3
22.05.1971	ISC	35:31.0	39.08	40.63	41	4.7			4.3
22.05.1971	ISC	43:59.0	38.85	40.52	3	5.9			6.5
22.04.1940		12:20	39.62	39.89	20				4.9
22.02.1987	ISC	51:42.0	38.42	40.5	10	5			4.9
21.11.1939		8:49	39.82	39.71	80				5.9
21.09.1978	ISC	37:48.0	37.97	38.59	22	4.5			4.2
21.09.1978	ISC	29:19.0	38.03	38.47	26	4.2			4.2
21.09.1978	ISC	08:49.0	38.06	38.65	31	4.6			4.3
21.08.1966	ISC	25:10.0	39.08	41.5	69	4.7			4.3
21.08.1966	ISC	36:35.0	39.26	41.44	22	4.8			4.5
21.03.1996	ISK	18:04.4	39.81	40.12	10		4.3		
21.03.1992	ISC	15:50.0	39.62	39.87	15	4.6			4.0
21.02.1977	ISC	02:30.0	39.9	40.08	33	4.8			4.5
21.02.1908			39.9	41.3	0				4.9
20.12.1998	ISC	03:21:15,0	38.58	40.01	10	4.3			4.1
20.12.1998	ISC	13:48:42,8	39.4	40.07	10		4.2		
20.12.1940			39.11	39.2	0				6.0
20.11.1983	ISC	04:35.0	39.82	39.33	47	4.6			4.1
20.10.1967	ISC	47:34.0	38	38.57	33	4.8			4.5
20.08.1966	ISC	59:09.0	39.42	40.98	14	5.3			5.4
20.08.1966	ISC	01:43.0	39.16	40.7	33	5.4			5.6
20.07.1999	ISC	22:42.4	39.9	41.34	41.1	4.3			4.0
20.06.1996	ISC	45:12.0	38.3	39.2	6		4		

EK-2'nin devamı

20.06.1948		14:58	39.14	41.43	30				4.8
20.05.1989	ISC	44:02.0	39.59	40.18	34	5			5.3
20.04.1992	ISC	05:00.0	39.55	39.81	19	4.6			4.3
20.04.1983	ISC	00:52.0	39.93	38.68	10	4.6			4.1
20.04.1930		10:20	39.37	39.35	60				4.9
20.01.1981	ISC	27:49.0	38.05	38.59	24	5			4.4
19.11.2002	DAD	25:35.4	37.97	38.52	4.2		4.7		
19.09.1964	ISC	57:10.0	37.5	40	0	4.6			4.1
19.08.1966	ISC	03:55.0	39.21	41.4	14	4.7			4.3
19.08.1966	ISC	41:17.0	39.13	41.48	50	4.7			4.3
19.08.1966	ISC	15:13.0	39.41	41.3	62	4.9			4.7
19.08.1966	ISC	17:56.0	39.33	41.25	39	5			4.9
19.05.1998	ISC	35:12.0	38.23	39	10		4		
19.05.1948		17:52	39.3	41.2	0				4.6
19.05.1915		4:48	37.62	39.47	10				5.4
19.01.2000	ISK	15:35.8	38.72	41.3	10		4		
19.01.1979	ISC	36:58.0	39.91	39.59	0	4.9			4.3
18.11.1983	ISC	07:25.0	39.94	39.22	33	4.6			4.1
18.11.1983	ISC	15:37.0	39.79	39.43	37	5			4.8
18.10.1980	ISC	14:10.0	39.91	40.31	37	5.1			4.4
18.09.1968	ISC	17:03.0	39.81	40.21	25	4.6			4.1
18.08.1948		19:06	38.51	39.25	10				4.8
18.06.2002	DAD	58:37.1	39.51	39.38	11.4		4.1		
18.06.1995	ISK	42:22.4	39.9	39.85	9		4		
18.04.1957		5:25	38.74	39.67	10				4.8
18.02.2001	ISK	07:15.5	38.19	39.27	8		4.3		
17.10.2002	DAD	53:00.6	39.17	40.58	5.6		4.2		
17.10.1996	ISK	48:34.2	38.69	39.92	10		5		
17.10.1965	ISC	23:06.0	38.08	38.5	41	4.6			4.1
17.09.1975	ISC	21:24.0	38.41	40.47	38	4.6			4.1
17.08.1949		20:45	39.58	40.57	60				5.2
17.08.1949		18:44	39.57	40.62	40				7.0
17.03.1995	ISK	31:08.8	39.35	39.91	10		4.1		
17.01.1978	ISC	09:33.0	39.43	41.42	139	4.6			4.1
16.11.1964	ISC	27:28.0	39.52	40.32	16	4.9			4.7
16.05.1965	ISC	29:41.0	38.16	38.98	26	4.9			4.7
15.12.1953		16:40	39.61	41.08	40				4.6
15.12.1953		18:25	39	41.5	0				4.6
15.11.1975	ISC	45:16.0	38.49	40.63	50	4.7			4.3
15.05.1984	ISC	41:36.0	39.82	39.43	10	4.6			4.1

EK-2'nin devamı

15.03.1998	ISC	10:39.8	37.54	38.26	10		4		
15.03.1992	ISC	16:25.0	39.53	39.93	29	5.4			5.8
15.02.1978	ISC	47:53.0	39.69	39.67	42	4.4			4.2
15.02.1978	ISC	27:43.0	39.76	40.01	54	4.6			4.3
15.02.1978	ISC	17:39.0	39.67	39.88	49	4.7			4.5
14.11.1975	ISC	32:05.0	38.65	40.75	45	4.7			4.3
14.10.1935		7:27	39.2	40.6	0				4.6
14.06.1964	ISC	38:03.0	37.98	38.51	30	4.9			4.7
14.06.1964	ISC	15:31.0	38.13	38.51	3	5.5			5.8
14.03.1992	ISC	24:34.0	39.63	39.69	22	4.6			4.1
14.02.1996	ISK	43:18.7	39.61	39.23	10		4		
14.01.1958		13:34	39.48	40.41	60				5.1
13.12.1959		2:07	39.75	38.75	0				4.5
13.10.1935		19:32	39.35	40.52	40				5.0
13.04.1998	ISC	14:31.8	39.31	41.07	15		5		
13.03.1999	ISC	17:38.0	38.39	39.23	2		4		
13.03.1992	ISC	47:43.0	39.96	39.68	10	4.6			4.1
13.03.1992	ISC	37:57.0	39.87	39.46	34	4.7			5.1
13.03.1992	ISC	18:39.0	39.72	39.63	23	6.1			6.8
13.02.1958		7:51	39.8	40.8	20				4.2
12.11.1996	ISC	01:50.0	38.4	39.2	10		4.1		
12.11.1941		10:04	39.74	39.43	70				5.9
12.11.1934		7:19	38.54	41	50				5.7
12.10.1948		12:57	38.5	41.5	0				4.6
12.09.1979	ISC	14:53.0	38.41	39.8	35	4.9			4.2
12.09.1975	ISC	41:26.0	38.43	40.55	25	4.6			4.1
12.08.1985	ISC	54:44.0	39.95	39.77	29	4.9			4.2
12.03.1963		12:38	39.36	40.15	10				4.2
11.12.1995	ISC	00:34.0	39.4	40.2	10		4		
11.07.1980	ISC	33:31.0	38.54	40.83	53	5.1			4.2
11.05.2001	DAD	30:33.7	38.67	40.04	11.4		4.1		
11.01.1997	ISK	40:18.0	39.68	39.78	15		5		
10.12.1930		10:31	39.72	39.24	30				5.6
10.11.1998	ISC	8:59:27	39.2	40.1	12		4		
10.11.1998	ISC	15:54:54,6	39.15	40.32	10		4.1		
10.11.1998	ISC	5:39:34	39.15	40.29	24		4.3		
10.11.1998	ISC	08:42:34,1	39.19	40.01	10		4.6		
10.09.1973	ISC	02:04.0	38.48	39.64	39	4.7			4.3
10.09.1969	ISC	14:00.0	39.25	41.38	52	5.3			5.4
10.08.2002	DAD	22:58.2	38.74	38.11	6		4.1		

FK-2'nin devamı

10.08.1997	ISK	26:05.5	38.18	39.07	10		4		
10.08.1997	ISC	31:50.4	38.24	39.07	10		4.1		
10.02.1909		19:49	40	38	0				5.7
09.12.1982	ISC	31:43.0	38.42	40.61	41	4.9			4.2
09.12.1959		16:53	38.09	39	60				4.6
09.08.1960		22:01	38.99	40.94	10				4.5
09.06.1960		2:44	39.99	39.67	10				4.2
09.05.1998	ISC	38:03.1	38.27	38.95	27	4.8			4.6
09.05.1950		9:20	38.24	38.32	70				5.0
09.04.1930		5:27	39.55	39.26	10				5.0
09.02.1909		14:38	40	38	0				5.8
09.02.1909		11:24	40	38	60				6.3
09.01.1931		7:01	38	38.5	0				4.9
08.11.1950		10:08	38.27	39.16	50				5.0
08.11.1941			39.74	39.5	0				6.0
08.10.1998	ISC	20:48:09	38.72	40.34	18		4.4		
08.10.1976	ISC	11:55.0	38.52	40.59	27	4.8			4.5
08.05.1951		13:28	39.8	38.2	0				4.8
08.02.1930		5:20	38.52	39.4	100				5.1
07.12.1937		9:31	39.94	40.43	60				4.7
07.07.1957		5:58	39.37	40.46	60				5.1
07.05.2000	ISK	08:44.5	38.18	38.75	1		4.4		
07.05.1992	ISC	15:05.0	38.66	40.09	33	4.9			4.7
07.02.1996	ISC	31:29.0	38.29	38.78	18		4.3		
06.12.1997	ISC	17:00.5	38.38	39.25	8		4		
06.11.1998	ISC	10:32:21,3	39.11	40.26	5		4		
06.09.1975	ISC	10:43.0	38.33	40.56	2	4.8			4.5
06.09.1975	ISC	13:10.0	38.55	40.58	47	4.9			4.7
06.09.1975	ISC	52:16.0	38.46	40.82	47	5.1			5.0
06.09.1975	ISC	20:11.0	38.51	40.77	32	6			6.7
06.07.1993	ISC	48:09.0	37.99	39.31	41	4.5			4.2
06.05.1931		20:22	38.24	39.15	40				4.8
06.04.1999	ISC	08:26.2	39.37	38.21	31	4.9			4.7
06.04.1983	ISC	35:51.0	39.89	40.43	45	5			4.1
06.04.1907			39.3	40.4	0				4.9
05.12.1995	ISC	49:32.1	39.43	40.11	26	5.3			5.7
05.12.1995	ISC	52:38.3	39.6	40.26	10	5.2			5.7
05.09.1976	ISC	07:34.0	38.51	40.94	17	5			4.9
05.06.1954		19:56	39.8	41.3	0				4.6
05.03.1909		12:16	39	40	0				5.3

EK-2'nin devamı

04.12.1905		12:20	39	39	0				5.6
04.12.1905		9:40	39	39	0				5.8
04.12.1905		7:04	39	39	0				6.8
04.11.1998	ISC	01:43:08,4	37.92	38.79	5		4.1		
04.09.1964	ISC	39:36.0	39.4	40.28	54	4.8			4.5
04.03.1997	ISC	23:00.9	39.29	40.72	46	4.1			4.5
04.02.1950		9:30	39.5	40.6	0				4.9
03.10.1975	ISC	58:16.0	38.45	40.66	50	4.6			4.1
03.09.1970	ISC	32:10.0	39.6	38.78	0	5			4.9
03.06.1907		6:46	38.7	41.5	0				5.0
03.05.1990	ISC	05:18.0	39.61	38.4	24	4.6			4.1
03.05.1903			38.7	41.5	0				4.9
03.02.1940		19:34	39.6	38.1	0				4.5
02.12.1941		5:02	37.5	41	0				5.0
02.10.1976	ISC	06:02.0	39.47	39.95	53	4.7			4.3
02.03.2002	DAD	28:45.2	39.44	38.27	8.5		4.1		
02.02.1940		15:46	39.6	38.1	0				4.5
02.02.1936		17:08	37.69	38.82	160				5.0
02.01.2000	ISK	28:35.6	38.53	38.86	5		4.1		
02.01.1950		21:15	39.3	41	0				4.9
01.12.1970	ISC	57:30.0	39.9	38.93	26	4.7			4.3
01.11.1961		8:58	39.69	40.82	20				4.5
01.11.1949		4:10	39.3	40.3	0				4.9
01.10.1969	ISC	33:37.0	39.32	40.56	17	4.7			4.3
01.07.1994	ISC	02:35.0	38.23	38.8	30	4.7			4.3
01.03.1999	ISC	53:52.7	38.14	41.24	6		4		
01.02.2000	DAD	45:28.3	39.16	40.75	10.6		4.1		

EK-3: DAD Türknet Kataloglarına ait deprem verileri.

TARİH	ZAMAN(GMT)	ENLEM(K)	BOYLAM(D)	D.(Km)	Md
27.01.2003	44:59.5	39.23	39.84	13	4
27.01.2003	57:42.8	39.32	39.77	10.5	4
01.05.2003	34:43.4	39.2	40.26	5.5	4
11.05.2003	43:59.2	39.11	40.37	4	4
16.05.2003	08:38.0	39.02	40.43	6.8	4
19.05.2003	45:48.8	39.27	40.23	10.4	4
20.05.2003	17:44.4	39.05	40.45	10.2	4
21.05.2003	15:37.8	39.06	40.41	7.7	4
11.10.2003	33:11.5	39.8	38.98	6.3	4
01.12.2003	29:39.9	39.32	38.58	5.7	4
25.03.2004	17:46.3	39.811	41.0591	16.8	4
26.03.2004	11:35.6	39.8386	40.7498	5	4
27.03.2004	42:31.7	39.77	40.96	2	4
28.03.2004	15:25.4	39.7778	41.106	2.9	4
28.03.2004	26:32.5	39.7538	41.01	3.5	4
03.04.2004	47:33.8	39.9437	40.8013	2	4
23.05.2004	41:06.5	39.874	39.0824	5.8	4
25.07.2004	51:07.3	38.2044	39.0446	8.4	4
25.09.2004	28:53.6	38.3951	39.2308	7.5	4
18.03.2005	42:38.3	39.4371	40.8457	10.5	4
01.05.2003	35:52.3	39	40.44	5.8	4.1
03.05.2003	26:43.4	39.23	40.24	6.2	4.1
04.05.2003	46:18.0	39.01	40.42	8.1	4.1
12.05.2003	01:19.6	39.03	40.44	6.6	4.1
19.05.2003	42:00.6	39.08	40.41	7.7	4.1
20.08.2003	51:06.0	38.29	38.78	5.1	4.1
26.03.2004	22:17.2	39.825	40.8513	1.4	4.1
27.03.2004	43:51.6	39.7709	40.8181	2.3	4.1
28.03.2004	12:56.9	39.7853	40.9431	2.3	4.1
07.04.2004	43:11.1	39.9906	40.7357	2.5	4.1
14.08.2004	01:31.6	38.3262	39.2036	4.2	4.1
08.09.2004	16:43.4	38.3262	39.1376	5.9	4.1
17.01.2005	33:32.7	39.7978	40.8801	6.7	4.1
15.03.2005	31:06.8	39.3966	40.9341	2.7	4.1
18.03.2005	53:46.5	39.4947	40.6687	4.3	4.1
10.05.2003	41:40.7	39.08	40.42	8.9	4.2
16.05.2003	46:04.4	39.05	40.41	6.8	4.2
21.05.2003	11:17.1	38.96	40.35	9.5	4.2
25.03.2004	09:28.0	39.7511	40.9037	4.6	4.2

EK-3'ün devamı.

01.05.2004	48:53.2	39.7894	40.8769	2.8	4.2
14.08.2004	42:17.1	38.3434	39.1096	7.4	4.2
04.05.2003	09:58.0	39.05	40.39	9.2	4.3
12.05.2003	10:08.7	39.06	40.33	8.5	4.3
13.08.2004	35:05.5	38.279	38.9672	12.3	4.3
14.08.2004	20:25.6	38.2543	39.0306	11.3	4.3
30.09.2004	42:31.9	39.6415	38.5243	9.7	4.3
12.06.2004	37:56.1	38.6	39.6	15.3	4.4
04.12.2004	16:26.0	39.9315	40.8458	4.1	4.4
08.05.2003	44:19.4	39.07	40.4	7.4	4.5
20.08.2003	14:47.5	38.22	38.77	4.8	4.5
14.03.2005	58:07.6	39.3734	41.0492	15.6	4.5
23.03.2005	43:42.9	39.488	40.7108	8.9	4.6
06.01.2004	39:10.9	38.12	38.9	13.4	4.7
10.05.2003	44:49.8	38.89	40.58	12	4.8
24.09.2003	13:10.3	39.54	38.05	10.3	4.8
01.04.2004	35:20.4	39.757	40.7477	1.4	4.8
03.03.2004	38:39.8	39.0535	40.3334	5.2	5
26.02.2004	13:56.0	37.8624	38.2261	5.1	5.1
25.03.2004	30:46.3	39.7402	40.8779	2.6	5.1
06.06.2005	41:30.0	39.3888	40.9038	10.5	5.1
28.03.2004	51:09.7	39.98	40.77	2.1	5.3
11.08.2004	48:26.0	38.368	39.1461	4.6	5.3
23.03.2005	44:52.4	39.4164	40.8094	12	5.4
12.03.2005	36:11.0	39.4165	40.8672	7.2	5.6
13.07.2003	48:20.0	38.27	38.95	11.3	5.7
14.03.2005	55:57.5	39.4186	40.8183	9.9	5.9
01.05.2003	27:04.7	38.94	40.51	6	6.1
27.01.2003	26:23.7	39.41	39.8	15.9	6.4

EK-4: Çalışma Alanı Ve Yakın Çevresinin Jeoloji Haritası (MTA'dan Değiştirilerek alınmıştır).

