

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**İRAN'IN KUZEYBATISI (AZERBAYCAN) VE DOĞU ANADOLU  
DEPREMSELLİĞİNİN İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI**

**Tohid MALEKZADEH**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI**

**ANKARA  
2007**

**Her hakkı saklıdır**

Prof.Dr. B. ECEVİTOĞLU danışmanlığında, Tohid MALEKZADEH tarafından hazırlanan bu çalışma 24.07.2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Jeofizik Mühendisliği anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Bülent COŞKUN

Üye: Prof. Dr. Berkan. ECEVİTOĞLU

Üye : Prof. Dr. Abdullah. ATEŞ

Üye : Prof. Dr. Günay ÇİFÇİ

Üye : Yrd. Doç. Dr. Selma. KADIOĞLU

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof.Dr. Ülkü. MEHMETOĞLU**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Doktora Tezi

### İRAN'IN KUZEYBATISI (AZERBAYCAN) VE DOĞU ANADOLU DEPREMSELLİĞİNİN İNCELENMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Tohid MALEKZADEH

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimler Enstitüsü  
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Berkan ECEVİTOĞLU

Gerek İran'ın kuzeybatısı gerekse Türkiye'nin doğusu tarihi ve çağdaş dönemlerde çok yıkıcı depremlere tanık olmuştur. Bunlara karşın her iki bölge, çağdaş asırda az denile bilecek sayıda yıkıcı depremlere tanık olmaktadır. Her iki bölge Arap ve Avrasya levhaları tarafından sıkıştırılmakta, netice itibariyle aynı sismotektonik özelliğe sahipler. Ama depremsellik konusunda her iki bölgede farklılıklar görüşmektedir. Bu farklılıkları incelemek amacıyla, her iki bölgenin kabuk kalınlığı, aktif fayları ve nihayet tarihsel ve aletsel depremleri incelenmiştir. Kabuk kalınlığını gravite ve sismoloji yöntemlerle araştırılmaktadır. Araştırmalarımız büyük fayların bulunduğu yerlerin yer kabuğunun ince olmasını göstermektedir. Doğu Anadolu ve Azerbaycan depremlerin birçoğu sığda olmuştur. Bu nedenle çok büyük enerjiye sahipler. Yıkıcı tarihsel depremlerin incelenmesi buna tanıktır. Araştırmalarımız Orta Azerbaycan depremselliğinin Doğu Anadolu depremselliğinden daha fazla olduğunu göstermektedir.

**2007, 9 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** İran'ın Kuzeybatısı, Azerbaycan, Türkiye, Doğu Anadolu, Sismotektonik, Deprem Riski Analizi

## **ABSTRACT**

Ph. D. Thesis

### **INVESTIGATION AND COMPARISON OF THE SEISMICITY OF NORTHWEST IRAN (AZERBAIJAN) AND EAST ANATOLIA**

Tohid MALEKZADEH

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Geophysics Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Berkan ECEVİTOĞLU

Both NW Iran (Azerbaijan) and East of Turkey in historical period and in recent years have many destructive earthquakes. But these regions have few huge earthquakes now. So in future probably we will have more destructive earthquakes in these regions. Both regions have been compressed between Arabian and Eurasian plates. But seismicity of these regions is very different. For investigations of this differential we begin with studying crust of both regions, active fault in both NW Iran and East of Turkey with studying historical and instrumental earthquakes. First we study seismicity of these regions then we compare seismicity of these regions. Then we try to solve crust of each region both by gravity method and seismology method. This shows crust of behind major faults have so thickness. All of the Azerbaijan and East of Anatolian's earthquakes are near surface so they have very huge energy. Studying historical and instrumental earthquakes admit this. We show that seismicity of Azerbaijan especially center of Azerbaijan is bigger than Anatolian earthquakes.

**2007, 112 pages**

**Key Words:** NW Iran, Azerbaijan, East of Turkey, Seismicity, Seismotectonic

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince hiçbir yardımını esirgemeyen, eleştirileri ve önerileriyle çalışmama ışık kaynağı olan çok değerli hocam sayın Prof.Dr. Berkan ECEVİTOĞLU ve değerli yüce jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Abdullah ATEŞ, Prof. Dr. Bülent COŞKUN, Prof. Dr. Günay ÇİFÇİ ve Sayın yrd. Doç. Dr. Selma KADIOĞLU' ya, Anakara Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği bölüm başkanı Sayın Prof. Dr. Ahmet. T. BAŞOKUR'a ve bizleri sıcaklıkla kabul eden Türk halkına ve devletine ve nihayet kendi aileme ve eşime saygılarımı sunar her iki halkın yüceliğini, yükselmelerini ve başarılarını arzu eder şükranlarımı bildiriyorum.

Tohid Malekzade

Ankara, Temmuz 2007

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                       |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ÖZET.....                                                                             | i    |
| ABSTRACT.....                                                                         | iv   |
| TEŞEKKÜR.....                                                                         | v    |
| SİMGELER DİZİNİ.....                                                                  | vi   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                                                  | vii  |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                                                | viii |
| 1. GİRİŞ.....                                                                         | 1    |
| 1. 1 Çalışma Amacı.....                                                               | 1    |
| 1. 2 Çalışmanın Kapsamı.....                                                          | 2    |
| 1. 3 Çalışma Alanının Tanımı.....                                                     | 4    |
| 1. 4 Kuzeybatı İran ( Azerbaycan ) Bölgesi ve Çevresinin Jeolojisine Genel Bakış..... | 4    |
| 1. 5 Doğu Anadolu Bölgesi ve Çevresinin Jeolojisine Genel Bakış.....                  | 6    |
| 2. KURAMSAL TEMELLER.....                                                             | 8    |
| 2. 1 Levha Tektoniği.....                                                             | 8    |
| 2. 2 Azerbaycan Mikrolevhası.....                                                     | 8    |
| 2. 2.1 Azerbaycan Mikrolevhası ve bu levhanın dünya levhalarındaki durumu.....        | 8    |
| 2. 2. 2 Azerbaycan'ı etkileyen komşu mikrolevhalar.....                               | 10   |
| 2. 3 Azerbaycan Yer Kabuğu.....                                                       | 12   |
| 2. 4 Doğu Anadolu Yer Kabuğu.....                                                     | 12   |
| 2. 5 Bölgenin Yapı İncelenmesi.....                                                   | 13   |
| 2. 5. 1 Azerbaycan Yapısının İncelenmesi.....                                         | 13   |
| 2.5.2 Doğu Anadolu'da Litosfer ve Yapı İncelenmesi.....                               | 15   |
| 2. 6 Azerbaycan sismotektoniği.....                                                   | 17   |
| 2. 6.1 Azerbaycan'ın Uzun Diri Fayları.....                                           | 18   |
| 2. 6. 1.1 Astara Fayı.....                                                            | 19   |
| 2. 6. 1. 2 Neür Fayı.....                                                             | 20   |
| 2. 6. 1. 3 Urmiye Fayı.....                                                           | 21   |
| 2. 6. 1. 4 Van Fayı.....                                                              | 22   |
| 2. 6. 1. 5 Kuzey Tebriz Fayı.....                                                     | 23   |
| 2. 6. 2 Azerbaycan'ın Lokal Diri Fayları.....                                         | 24   |
| 2. 6. 2. 1 Üşneviye Fayı.....                                                         | 24   |
| 2. 6. 2. 2 İpek Fayı.....                                                             | 25   |
| 2. 6. 2. 3 Bedavli Fayı.....                                                          | 26   |
| 2. 6. 2. 4 Pesve Fayı.....                                                            | 27   |
| 2. 6. 2. 5 Güney Eher Fayı.....                                                       | 28   |
| 2. 6. 2. 6 Güney Salmas Fayı.....                                                     | 29   |
| 2. 6. 2. 7 Güney Mişov Fayı.....                                                      | 30   |
| 2. 6. 2. 8 Zencan Fayı.....                                                           | 31   |
| 2. 6. 2. 9 Sereskent Fayı.....                                                        | 32   |
| 2. 6. 2. 10 Sultaniye Fayı.....                                                       | 33   |
| 2. 6. 2. 11 Kuzey Salmas Fayı.....                                                    | 34   |
| 2. 6. 2. 12 Kuzey Mişov Fayı.....                                                     | 35   |
| 2. 6. 2. 13 Moğan Fayı.....                                                           | 36   |
| 2. 6. 2. 14 Var Fayı.....                                                             | 37   |
| 2. 6. 2. 15 Herzevil Fayı.....                                                        | 38   |
| 2. 6. 3 Azerbaycan Komşuluğunda Bulunan Büyük Faylar.....                             | 39   |
| 2. 7 Doğu Anadolu Sismotektoniği.....                                                 | 39   |
| 2. 7. 1 Kuzey Anadolu Fay Zonu.....                                                   | 42   |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2. 7. 2 Kuzeybatı-Güneydoğu Anadolu fay Zonu.....                                   | 43  |
| 2. 7. 3 Karlova Fay Zonu.....                                                       | 44  |
| 2. 7. 4 Çaldıran Fay Zonu.....                                                      | 45  |
| 2. 7. 5 Doğu Anadolu Fay sistemi.....                                               | 46  |
| 2. 7. 6 Erzurum Fay Zonu.....                                                       | 46  |
| 2. 7. 7 Tercan-Aşkale Fay Zonu.....                                                 | 47  |
| 2. 7. 8 Dümlü Fay Zonu.....                                                         | 48  |
| 2. 7. 9 Ovacık Fay Zonu.....                                                        | 49  |
| 2. 8 Azerbaycan'ın Tarihi Depremleri.....                                           | 50  |
| 2. 10 Azerbaycan'ın Çağdaş Büyük Depremleri ( 1900- 2006).....                      | 60  |
| 2. 11 Doğu Anadolu Aletsel Depremleri.....                                          | 62  |
| 3. MATERYALLAR VE YÖNTEMLER.....                                                    | 63  |
| 3. 1 Deprem Riski Analizi.....                                                      | 63  |
| 3. 1. 1 Gutenberg- Rikter denklemi.....                                             | 63  |
| 3. 2 Fayların Ürettiği Büyüklüğü Hesaplanma yöntemleri.....                         | 64  |
| 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR.....                                                       | 66  |
| 4. 1 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı.....                             | 66  |
| 4. 1. 1 Azerbaycan'da kabuk kalınlığı.....                                          | 67  |
| 4. 1. 1. 1 Azerbaycan'da gravite yöntemiyle kabuk araştırması.....                  | 68  |
| 4. 1. 1. 2 Azerbaycan'da sismoloji yöntemiyle kabuk araştırması.....                | 69  |
| 4.1.2 Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı.....                                          | 70  |
| 4. 1. 2. 1 Doğu Anadolu'da Gravite Yöntemiyle Kabuk Araştırması.....                | 70  |
| 4. 1. 2. 2 Doğu Anadolu'da Sismoloji Yöntemiyle Kabuk Araştırması.....              | 72  |
| 4. 1. 3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı mukayesesi.....               | 74  |
| 4. 2 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Deprem Derinliği Araştırması.....                | 77  |
| 4. 2. 1 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografiya-deprem derinliği araştırması..... | 78  |
| 4. 3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Topografiya-Derinlik ve Kabuk İlişkisi.....      | 80  |
| 4. 4 Azerbaycan'ın Ulusal Fayların Üretebilecek Büyüklük.....                       | 82  |
| 4. 4. 1 Azerbaycan'ın Büyük Faylarının Büyüklük Çizelgesi.....                      | 83  |
| 4. 4. 2 Doğu Anadolu'nun büyük faylarının büyüklük çizelgesi.....                   | 84  |
| 4. 5 Depremsellik incelenmesi.....                                                  | 84  |
| 4. 5. 1 Azerbaycan depremsellik incelemesi.....                                     | 84  |
| 4. 5. 1. 1 Orta Azerbaycan depremselliği.....                                       | 86  |
| 4. 5. 1. 2 Zagros Zonu.....                                                         | 88  |
| 4. 5. 1. 3 Bati Alborz zonu.....                                                    | 90  |
| 4. 5. 1. 4 Maku Zonu.....                                                           | 92  |
| 4. 5. 1. 5 Hoy- Salmas Zonu.....                                                    | 94  |
| 4. 5. 1. 6 Urmiye Zonu.....                                                         | 96  |
| 4. 5. 2 Doğu Anadolu'da İncelemeler.....                                            | 98  |
| 4. 5. 2. 1 Doğu Anadolu'nun Batı Bölgesi.....                                       | 98  |
| 4. 5. 2. 3 Doğu Anadolu'nun Orta Zonu.....                                          | 100 |
| 4. 5. 2. 4 Doğu Anadolu'nun Doğu Zonu.....                                          | 102 |
| 4. 5. 3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'nun depremselliğinin karşılanması.....           | 104 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....                                                           | 105 |
| KAYNAKLAR.....                                                                      | 108 |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                       | 112 |

## SİMGELER DİZİNİ

|     |                                    |
|-----|------------------------------------|
| İKB | İran'ın Kuzeybatısı                |
| DAF | Doğu Anadolu Fayı                  |
| GAF | Güneydoğu Anadolu Fayı             |
| KAF | Kuzey Anadolu Fayı                 |
| ISC | İnternational Seismological Center |
| İGS | İran Geology Servise               |
| Q   | Dönüş Peryodu                      |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.1 Dünyada Bilinen Levhalar .....                                                   | 1  |
| Şekil 1.2 Azerbaycan ve Doğu Anadolu Tektoniği .....                                       | 3  |
| Şekil 2.1 Bölgenin Tektonik Ve Sismotektonik Haritası .....                                | 8  |
| Şekil 2.2 Azerbycan ve Doğu Anadolu'yu etkileyen levhalar .....                            | 9  |
| Şekil 2.3 Hazar mikrolvhası .....                                                          | 11 |
| Şekil 2.4 Hazar Etrafı Depremlerin Dış Merkezleri .....                                    | 14 |
| Şekil 2.5 İran Faylarının Genel Haritası .....                                             | 17 |
| Şekil 2.6 Astara Fayı .....                                                                | 20 |
| Şekil 2.7 Neür Fayı.....                                                                   | 21 |
| Şekil 2.8 Urmiye Gölü Fay Hattı.....                                                       | 22 |
| Şekil 2.9 kuzey Tebriz Fayı .....                                                          | 23 |
| Şekil 2.10 Üşneviyye Fayı.....                                                             | 24 |
| Şekil 2.11 İpek Fayı.....                                                                  | 26 |
| Şekil 2.12 Bedavli Fayı.....                                                               | 27 |
| Şekil 2.13 Pesve Fayı.....                                                                 | 28 |
| Şekil 2.14 Güney Eher Fayı.....                                                            | 29 |
| Şekil 2.15 Güney Salmas Fayı .....                                                         | 30 |
| Şekil 2.16 Güney Mişov Fayı.....                                                           | 31 |
| Şekil 2.17 Zencan Fayı.....                                                                | 32 |
| Şekil 2.18 Sereskent Fayı .....                                                            | 33 |
| Şekil 2.19 Sultaniye Fayı .....                                                            | 34 |
| Şekil 2.20 Kuzey Salmas Fayı.....                                                          | 35 |
| Şekil 2.21 Kuzey Mişov Fayı.....                                                           | 36 |
| Şekil 2.22 Moğan Fayı .....                                                                | 37 |
| Şekil 2.23 Var Fayı.....                                                                   | 38 |
| Şekil 2.24 Herzevil Fayı .....                                                             | 39 |
| Şekil 2.25 Türkiye Fay Haritası ve depremselliği .....                                     | 40 |
| Şekil 2.36 Doğu Anadolu'da Fayların Bitişme yer haritası.....                              | 42 |
| Şekil 2.37 Kuzey Anadolu Fay Hattı.....                                                    | 43 |
| Şekil 2.38 Kuzeybatı- Güneydoğu Fay Zonu.....                                              | 44 |
| Şekil 2.39 Karlıova Fay Zonu.....                                                          | 45 |
| Şekil 2.40 Çaldıran Fay Zonu.....                                                          | 46 |
| Şekil 2.41 Erzurum Fay Zonu.....                                                           | 47 |
| Şekil 2.42 Tercan-Aşkale Fay Zonu .....                                                    | 47 |
| Şekil 2.43 Dumlu Fay Zonu.....                                                             | 49 |
| Şekil 2.44 Ovacık Fay Zonu.....                                                            | 49 |
| Şekil 4.1 Azerbaycan'da Gravite Yöntemiyle Kabuk İncelenmesi .....                         | 66 |
| Şekil 4.2 Azerbaycan'da Gravite Yöntemiyle Kabuk Kalınlığı .....                           | 69 |
| Şekil 4.3 Tebriz İstasyonunda kayd olan Pg Uzaklık-Zaman İlişkisi.....                     | 70 |
| Şekil 4.4 Tebriz İstasyonunda kayd olan Pn Uzaklık-Zaman İlişkisi .....                    | 71 |
| Şekil 4.5 Doğu Anadolu'da Gravite Yöntemiyle incelenen Kabuk Konturleri.....               | 71 |
| Şekil 4.6 Doğu Anadolu'da Gravite Yöntemiyle İncelenen Kabuk kalınlığı .....               | 72 |
| Şekil 4.7 Van İstasyonunda kayd olan Pg Uzaklık- Kontürlerini.....                         | 73 |
| Şekil 4.8 Van İstasyonunda kayd olan Pg Uzaklık- Kontürlerini.....                         | 74 |
| Şekil 4.9 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı Mukayesesi.....                    | 75 |
| Şekil 4.10 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı mukayesesi .....                  | 76 |
| Şekil 4.11 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı mukayesesi.....                   | 77 |
| Şekil 4.12 Azerbaycan ve Doğu Anadolu Bölgeleri .....                                      | 77 |
| Şekil 4.13 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Topografiya-Deprem Derinliği<br>İncelenmesi ..... | 78 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Şekil 4.14 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Kabuk -Deprem Derinliği incelenmesi<br>ve Mukayesesi ..... | 79  |
| Şekil 4.15 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Topografiya-Derinlik ve Kabuk İlişkisi .....               | 80  |
| Şekil 4.16 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Topografiya-Derinlik ve Kabuk İlişkisi .....               | 81  |
| Şekil 4.17 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Kabuk- Derinlik İlişkileri .....                           | 82  |
| Şekil 4.18 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Kabuk- Derinlik İlişkileri .....                           | 82  |
| Şekil 4.19 Azerbaycan'ın Ulusal Faylarının Max Üretebilecek Büyüklük .....                          | 84  |
| Şekil 4.20 Doğu Anadolu'nun Ulusal Faylarının Max Üretebilecek Büyüklük .....                       | 85  |
| Şekil 4.21 Orta Azerbaycan Zonu .....                                                               | 86  |
| Şekil 4.22 Orta Azerbaycan Zonunda M-LogN İlişkileri .....                                          | 87  |
| Şekil 4.23 Zagros Zonu .....                                                                        | 88  |
| Şekil 4.24 Zagros Zonunda M-LogN İlişkileri ve eğrisi .....                                         | 89  |
| Şekil 4.25 Batı Azerbaycan Zonu .....                                                               | 90  |
| Şekil 4.26 Batı Azerbaycan Zonunda M-LogN İlişkileri .....                                          | 91  |
| Şekil 4.27 Makı Zonu.....                                                                           | 92  |
| Şekil 4.28 Makı Zonunda M-LogN İlişkileri .....                                                     | 93  |
| Şekil 4.29 Hoy-Salmas Zonu .....                                                                    | 94  |
| Şekil 4.30 Hoy zonunu M-LogN İlişkileri .....                                                       | 95  |
| Şekil 4.31 Urmiye Zonu .....                                                                        | 96  |
| Şekil 4.32 Urmiye Zonunun M-Log N İlişkileri.....                                                   | 97  |
| Şekil 4.33 Doğu Anadolu'nun Doğu Zonu .....                                                         | 98  |
| Şekil 4.33 Doğu Anadolu'nun Batı Zonunda M-Log İlişkileri .....                                     | 99  |
| Şekil 4.34 Doğu Anadolu'nun Orta Zonu .....                                                         | 100 |
| Şekil 4.35 Doğu Anadolu'nun Orta Zonunun M-LogN İlişkileri .....                                    | 101 |
| Şekil 4.36 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu .....                                                         | 102 |
| Şekil 4.37 Doğu Anadolu'nun Batı Zonunun M-LogN İlişkileri .....                                    | 103 |
| Şekil 4.38 Azerbaycan ve Doğu Anadolu Zonlarının Depremsellik Karşılaştırması .....                 | 104 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                         |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 2.1 Doğu Anadolu ve Azerbaycan Bölgesinin Kabuk Kalınlığı .....                 | 13  |
| Çizelge 2.2 Doğu anadolu Depremleri .....                                               | 43  |
| Çizelge 4.1 Azerbaycan'ın Büyük Faylarının Büyüklük Çizelgesi .....                     | 83  |
| Çizelge 4.2 Doğu Anadolu'nun Büyük Faylarının Büyüklük Çizelgesi .....                  | 84  |
| Çizelge 4.3 Orta Azerbaycan'da 0.2 birim Magnitüd aralıklı deprem Sayısı .....          | 86  |
| Çizelge 4.4 Orta Azerbaycan zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı Dönüş Peryotları .....  | 87  |
| Çizelge 4.5 Zagros Zonunda 0.2 birim Magnitüd aralıklı deprem Sayısı.....               | 88  |
| Çizelge 4.6 Zagros zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı Dönüş Peryotları.....            | 89  |
| Çizelge 4.7 Batı Azerbaycan'da 0.2 birim Magnitüd aralıklı deprem Sayısı .....          | 90  |
| Çizelge 4.8 Batı Azerbaycan zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı Dönüş Peryotları.....   | 91  |
| Çizelge 4.9 Makı Zonunda 0.2 birim Magnitüd aralıklı deprem Sayısı.....                 | 92  |
| Çizelge 4.10 Maku zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı Dönüş Peryotları .....            | 93  |
| Çizelge 4.11 Hoy –Salmas Zonunda 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı .....        | 94  |
| Çizelge 4.12 Hoy-Salmas Zonunda 0.5 birim Magnitüd Aralıklı Dönüş Peryotları.....       | 95  |
| Çizelge 4.13 Urmiye Zonunda 0.5 birim Magnitüd Aralıklı Dönüş Peryotları.....           | 96  |
| Çizelge 4.14 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı ..... | 97  |
| Çizelge 4.15 Doğu Anadolu'nun Doğu Zonunun Dönüş Periyod .....                          | 99  |
| Çizelge 4.16 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı ....  | 100 |
| Çizelge 4.17 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı.....  | 100 |
| Çizelge 4.18 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı ....  | 101 |
| Çizelge 4.19 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.2 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı ....  | 102 |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Çalışma Amacı

Anadolu'dan başlayarak Hazar denizi'ne kadar uzanan Azerbaycan ve doğu Anadolu coğrafya bölgeleri seismotektonik bakımından yer bilimciler açısından dünyanın en aktif ve hareketli bölgelerin başında gelir. Doğu Anadolu sınırlarında bulunan Azerbaycan bölgesinde de, farklı özellikte olan levhaların birbirleriyle etkileşme ve ilişkileri bölgede faylaşma ve dağlaşmalara sebep olmuştur. Levha tektoniği olayı faylaşma ve dağlaşma olaylarının en önemli sebeplerinden biridir. Kuzey ve kuzey batıya doğru hareket eden Arap levhası, öte yandan güney ve güney batıya doğru hareket eden Turan levhası bölge faylaşmaların başında gelir. Hindistan levhası da dolaylı olarak bölgeyi ve bölge levhalarını etkilemiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Dünyada Bilinen Levhalar ([www.insaatforumu.com](http://www.insaatforumu.com))

Bu tezin en önemli amaçlarından birisi bu levha hareketlerden dolayı bölgedeki tektonik aktivitelerini araştırılıp incelenmesi ve detaylı olarak bölge depremselliğini tarihsel ve aletsel verilerden faydalanarak açıklanmasıdır. Birinci bölümde tartışacağımız konu, Azerbaycan mikrolevhasıdır. Birinci bölüm için İran, Türkiye ve Azerbaycan kaynaklarından yararlanılmışız. Bu konuda son zamanlarda dünya yerbilim sahnesinde özellikle İran jeoloji âleminde araştırmalar yeterli olmasa bile bu konuyla

ilgili jeofizikçiler tarafından İran depremselliği çözülmeye başlamıştır. İran depremselliğine 1972’de Novruzi, 1977’de Makcenzy ve 1973’de Dewey çalışmalarına rağmen bu incelemelerin pek fazla bilimsel yanı olmaksızın tam bir siyasi-coğrafya ifadesi taşımaktadır. Bu haritalarda, Azeraycan depremselliği özellikle bu bölgenin faylarının nasıl oluştuğu hiç gösterilmemiştir. Doğu Anadoluya gelince yine çalışmalara rağmen yine eksik yönler görülmektedir. Özellikle bu bölgenin komşularıyla olan depremsellik ilişkileri hiç tartışılmamıştır.

## 1.2 Çalışmanın Kapsamı

İncelemelerimizin ilk bölümü, Azerbaycan ve Doğu Anadolu bölgesinin seismotektoniğinin araştırılmasıdır. Bilindiği gibi yeryüzünde levhatektoniği etkisiyle faylaşma gerçekleşmekte ve dağ oluşumu gerçekleşmektedir (Şekil1.2). Bu konuda gerek hava fotoğraflardan gerekse jeoloji ve jeofizik verilerinden faydalanarak bu fayların görüntüleri, tarihsel ve aletsel dönem depremleri incelenmiştir. Gelecekte bu fayların kırılmasıyla gerçekleşecek olan olası depremlerin büyüklükleri hesaplanmıştır. Fayların yarattığı deprem büyüklükleri için farklı kişiler, farklı denklemler önerilmiştir:

Ambersyes ve Melvil Ortadoğu için genel olarak bu denklemi önerlerdir:

$$\text{Log } L = 0,7(M_s) - 3,24$$

Bu denklemde  $M_s$  yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüttür ve  $L$  kilometre olarak fayın yarı kırılma uzunluğudur.

1978 de Mohacereşcei başka denklemleri önerdi:

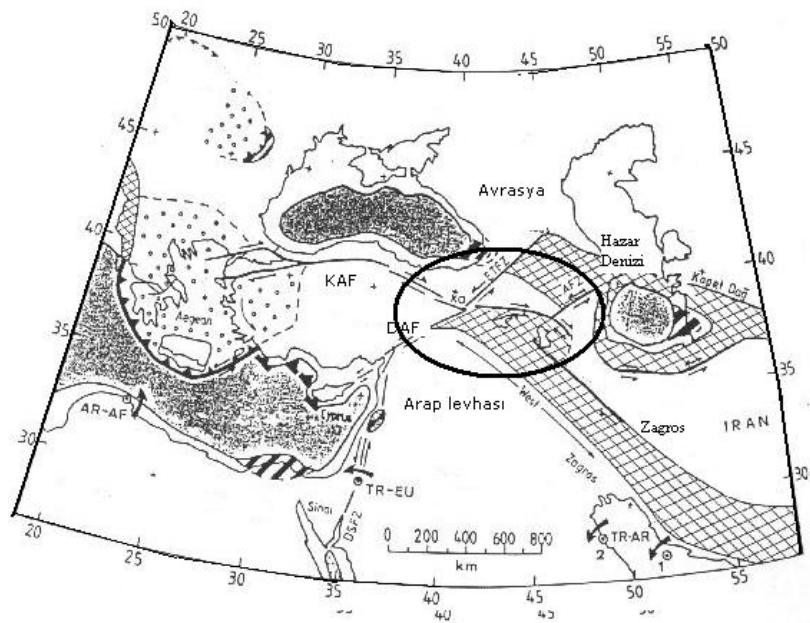
$$M_s = \text{Log} (L/2) + 5,4 \quad \text{ve} \quad \text{Log} (L/2) = M_s - 5,4$$

1985 de Novruzi başka denklemler önerdi:  $M_s = 1,259 - 1,244 \text{ Log} (L)$

Bu denklemde L metre olarak fayın yarı kırılma uzunluğu ve Ms yüzey dalgalarından hesaplanan magnitüddür. Biz bu araştırmada Azerbaycan ve Doğu Anadolu verilerinden faydalanarak Ambreseys'in denklemini kullanacağız.

Araştırmamızda bu bilgilerden yararlanarak Azerbaycan ve Doğu Anadolu depremselliği en düzgün şekilde açıklanmıştır. Aslında Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da levha tektoniği hakkında yapılmış olan incelemeler gerek jeoloji gerekse jeofizik verilerden yararlanarak ileri sürülmüştür.

Depremselliğin incelenmesinin başka yönü ise, tarihsel depremlerin toplanması ve incelenmesidir. Bu tezde ilk defa Azerbaycan ve Doğu Anadolu bölgesinin tarihi depremlerini katalog olarak çeşitli tarihi kaynaklardan topladık. Bilindiği gibi, şiddetli depremlerin büyük yerleşim merkezlerinin yakınında meydana gelmesi bilgilerin daha sağlam olmasına neden olur. Bu katalogun haritalar üzerine getirilmesi Azerbaycan ve Doğu Anadolu faylarının tarih boyu aktif olduklarının açıkça göstermektedir.



Şekil 1.2 Azerbaycan ve Doğu Anadolu Tektoniği (www. neic.usgs.gov)

1900 lardan başlayarak Azerbaycan'da aletsel deprem verileri kaydedilmiştir. Buna karşın ilk defa Azerbaycan depremleri 1865 de Çalenko tarafından Tebriz'de

kaydedilmiştir. Aletsel deprem verileri zaman geçtikçe daha sağlam verileri kapsamaktadır. 1980 lerden başlayarak sayısal ortamında kayıtlar, seismologların ihtiyaçlarını bir hayli karşılamış oldu. İran'ın ilk deprem kataloğunu Abdaliyan topladı (. Daha sonra Ambersyes (1968, 1982), Benisedr (1351), Moazami Gudarzi (1351), Seyet Nebevi (1977, 1979), Novruzi (1971), Niyazi (1968), Roto (1962), Tahran Üniversitesinin Jeofizik Enstitusu, İran Jeoloji kuruluğu (1976), İran Atom kuruluğu (1982) tarafından deprem katalogları hazırlanmıştır. İlk defa bu tezde Azerbaycan bölgesinde depremsellik *Boylam : 36 –40 kuzey Enlem;. : 44 -49 Doğu* olarak gösterilmektedir.

Bu verilerden faydalanarak Azerbaycan ve Doğu Anadolu depremselliği hesaplanmış ve Doğu Anadolu depremselliğiyle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak bu bölümde elde ettiğimiz sonuçlar tartışılmıştır.

Son olarak ek kaynaklar, haritalar ve şekiller sağlanmışır.

### **1.3 Çalışma Alanın Tanımı**

Coğrafya bakımından İran'ın kuzeybatısı (Tarihi Azerbaycan) ve Türkiye'nin Doğusu (Doğu Anadolu) çalışma alanımızdır. Coğrafi koordinatları bakımından Azerbaycan 36–40 K ve 44–49 D olarak ve Doğu Anadolu 36–40 K ve 40–44 D olarak bilinmektedir. Levha tektoniği kuramlarına göre her iki bölge Turan ve Arap levhalarınca sıkıştırılmakta ve aynı sismotektonik özellikleri paylaşmaktadırlar. Buna rağmen deprem riskleri iki bölgede farklı olarak gözükmemektedir.

### **1.4 Kuzeybatı İran (Azerbaycan) Bölgesi Çevresinin Genel Jeolojisine bir Bakış**

Azerbaycan, yer bilimciler tarafından Batı Alborz- Azerbaycan zonunun devamı olarak nitelenmektedir. Sultaniye-Tebriiz ve Urmiye büyük kırıklıkları, Azerbaycan yapısının oluşmasında ipuçları vermektedir. İftiharnijad'a göre Urmiye fayı Urmiye gölünün doğusunda bulunan fliş ve batısında bulunan karasal yapıların sınırı olarak

tanımlanmaktadır. Azerbaycan bölgesi başka uzak veya yakın komşuları gibi, yeni Alp fazlarına aittir. Genel olarak Azerbaycan Senozoik zamanında büyük volkanik aktiviteyle tanınmaktadır. Savalan ve Sehent sönmüş yanardağları Tersiyer ve Kuvaterner devirlerine aittir. Azerbaycan'ın en yüksek bölgesi Savalan yanar dağı 4814 metre ve sığ yeri Muğan ovası deniz yüzeyinden 50 metre yükseklikte bulunmaktadır. Muğan ovasının büyük Tetis okyanusundan kalma bir ova olduğu sanılmaktadır.

Azerbaycan bölgesinde Prekambriyen taşları görünmektedir. Prekambriyen sedimanları Sultaniye, Barut, Zagon, Lalun ve Mila olarak tanımlanmaktadır. Azerbaycan'ın bir kısmında Kaldoniyen ve Hersiniyen devirlerinde Ordovisiyen, Siloriyen ve Karbonifer zamanlarına ait hiçbir iz bulunmamaktadır. Permian sedimanlarına gelince bu sedimanlar genellikle eski yapılar üzerine kurulmaktadır. Azerbaycan'ın bir yerlerinde Permian sedimanları faylaşmadan dolayı eski ve bazen genç birimler üzerine itilmiştir. Permian'den Triyas'a kadar sedimanlaşma olayları Culfa bölgesinde görünmektedir. Mezozoik ve Senozoik sedimanları Azerbaycan'ın bir çok yerinde görünmektedir. Ayrıca Kimeriyen dağlaşması etkileri aşağı ve yukarı Kretase birimlerinde görünmektedir. Aşağı ve Yukarı Kretase fazlarının sınırını Asterin dağlaşma fazına bağlamak mümkündür. Kretase ve Tersiyer sedimanların arasında Laramid dağlaşma olayları görünmektedir. Bu olayların sonrası volkanik olayların başlangıcıdır. Eosen zamanına ait kongolomerayı ise Pirene dağlaşma olaylarıyla ilişkilendirmek mümkün. Pliosen sedimanları Yeni Alp dağlaşmalarıyla ilgilidir. Pleistosen dağlaşması ise Pliosen sedimanlarında etkilenmeler görünmektedir.

Sehend sönük yanar dağı Yüksekliği yaklaşık 3710 m olan ve Tebrizin 40 km sinde bulunan bu dağ birkaç aşamada aktif olmuştur. Bölgedeki pomisler ve volkanik taşların bulunması bu dağın püskürmesine eski zamanlardan beri tanıktır. Zirvede bulunan piroklastikler ve silisli kreçler dağın iki aşamada yanmasını göstermektedir. Bölgedeki balık fosillerin bulunması volkanizmin sulu bir ortamda bulunduğunu göstermektedir. Yani Sehend yanar dağı bir denizin ortasında bulunmaktaymış.

Miyosenden sonra volkanizmin başlanması birçok memeli hayvanın ortadan kaybolmasına neden olmuştur. Bu hayvanların kemiklerine ve fosillerine bugünde rastlanmaktadır.

Yüksekliği yaklaşık 4811 metre olan Savalan sönmüş yanardağı, Erdebil kentinin batısında bulunmaktadır. Didon bu dağın yaşını Pliyokuvaterner olarak tahmin etmiştir. Lakin Babahani bu dağın silk akımlarını Kuvaterner devrine ait olmasını düşünmektedir.

### **1.5 Doğu Anadolu Bölgesi ve Çevresinin Jeolojisine Genel Bakış**

Doğu Anadolu platosu 150.000 km<sup>2</sup>'ye varan alanıyla Alp-Himalaya dağ sistemi boyunca yer alan bir yüksek platodur. Bölgenin bu yüksekliğe ulaşması Serravalian'dan(yaklaşık 13 milyon yıl) günümüze uzanan bir süreçtir ve Arabistan ve Avrasya'nın çarpışması ile başlamıştır. Uzun zaman, bu yükselmenin kıta içi bir çarpışma sonrasında oluşması beklenen bir kabuk kalınlaşması ile birlikte süregeldiğine inanılmıştı, yaklaşık 55 km kabuk kalınlığı varsayımı da bu nedenle yapılmıştır (Şengör 1980). Geçtiğimiz yıllarda Anadolu'da 29 istasyon kullanılarak toplanan sismolojik veri alıcı fonksiyonu yöntemi ile çözümlenmiş (Zor ve diğerleri 2003) ve bu çözümleme sonunda da ortalama kabuk kalınlığı için sürpriz bir değer olan yaklaşık 45 km ortalama kabuk kalınlığıyla standart bir manto litosfer ile dengede tutmak (normal bir litosferik kalınlıkla bile) mümkün olmamıştır. Bu yargımızda litosferik mantonun termal yönden pridotit solidüsünün üzerine olduğunu varsayılmaktadır. Doğu Anadolu'nun altında ölçülen  $P_n$  ve  $S_n$  fazlarının hızları da böyle bir manto litosfer tabakasının mevcut olmadığını ve yüksek topoğrafyasının da en az astenosfer sıcaklığı düzeyinde sıcaklarla bağlantılı etkileşimler sonucunda bu şekilde olduğuna işaret ediyor.

Doğu Anadolu yüksek platosu jeolojik olarak en iyi şekilde neotektonik ve paleotektonik kayaç grupları ile temsil edilir. Platonun paleotektonik yapıları kendilerini üç temel tektonik birim şeklinde gösterirler:

- (1) Doğu Rodop-Pontid yayı Albiyen-Oligosen yaşında güneye bakan bir yaydır. Bu yay, Avrasya kıta kenarının altına, kuzeye doğru dalan bir dalma-batma sistemi tarafından oluşturulmuştur. Geniş ölçekli bir sıkıştırma zonu Kretase yaşlı ofiyolitik melanj naplarını bunun güney kenarına getirmiştir. Bunlar Doğu Anadolu yığışım kompleksinin en gerideki parçalarıdır.
- (2) Doğu Anadolu yığışım prizması: Doğu Anadolu yüksek patosu'nda Adilcevaz kireçtaşı görüldüğü her yerde bunun üst Kretase veya daha genç ofiyolitik melanj ve pliyosenden üst oligosene kadar fliş sekansları içerdiği bilinmektedir. Kuzeyden güneye gidildikçe fliş gençleştiği gibi çevresi de Krateseden Oligosene doğru sığlaşır. Kuzeyde Oligosen uyumsuz bir örtüdür. Doğu Anadolu yığışım prizmasının litosferik bir tabanı olmadığı gerçeği doğu kenarının (İran'ın kuzey batısı) erken Jura döneminde Laurasianın bir parçası haline gelmiş olması ve bu dönemde batı kenarının da halen Laurasiadan uzakta olması ile bilinmektedir.
- (3) Bitlis-Pötürge Masifi: Doğu Anadolu yığışım kompleksi Muş suture boyunca çok deforme olmuş metamorfik masiflerle temas halindedir. Doğu Anadolu'da neotektonik dönem Adilcevaz kireçtaşının sudan çıkması ile başlar bunun hemen ardından yüksek plato sedimantasyonu ve volkanizma başlamıştır. Doğu Anadolu'da rastlanan en genç denizsel çökeller Serravaliyenlidir. Dolayısıyla plato en geç 11 milyon yıl önce yükselmeye başlamış demektir.

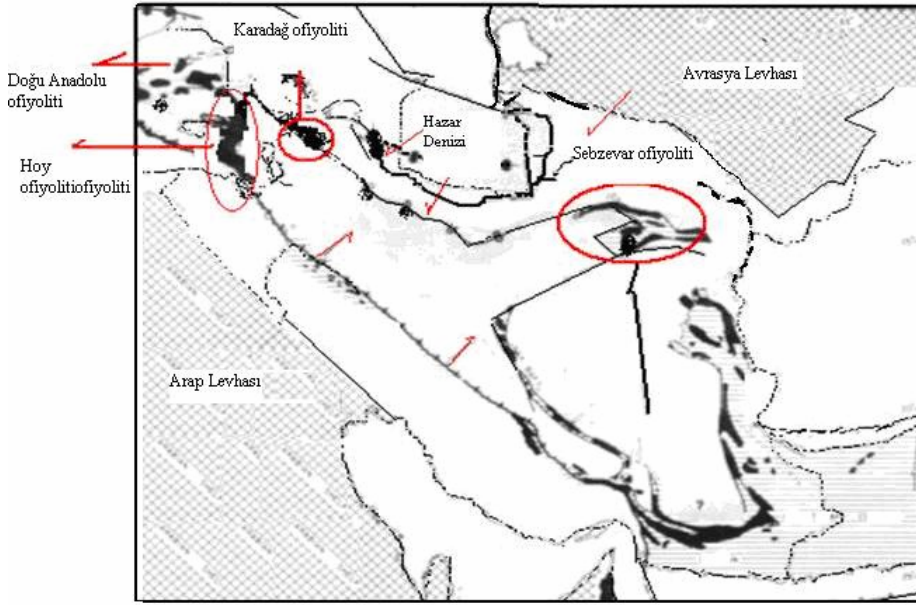
Doğu Anadolu yüksek platosu'ndaki en önemli aktif yapılar KD-GB ve GD-KB uzanımlı doğrultu atımlı faylar ve daha az sayıda D-B uzanımlı ters faylardır. Plio-Pleistosen sedimanter kayaların kıvrım eksenleri de genellikle D-B uzanır (Şengör ve diğerleri 1985). Bütün bu gözlemler platonun en az 15 milyon yıldan beri sıkışmakta olduğunu göstermektedir. Ne var ki bu sıkışma daha aktiftir ve ters faylardan daha çok doğrultu atımlı faylarla kontrol edilmektedir (Şengör *et al* 1985).

## 2. KURAMSAL TEMELLER

### 2. 1 Levha Tektoniği

### 2. 2 Azerbaycan mikrolevhası

Yer bilimciler tarafından Levha tektoniği teorisi ileri sürüldükten sonra dünya depremsellik sorunları yavaş yavaş çözülmeye başladı. Levha Tektoniği Makro düzeyde bu problemleri çözmesine rağmen Mikro düzeyde deprem sorunları çözemedi. Örneğin dünyada en az 6 tane levha bulunurken ve depremler bu levhaların kenarlarında meydana geliyorken, levhaların içinde depremlerin ortaya gelmesinin sebebi nedir? Bu sorunlar Azerbaycan mikrolevhası teorisinin ileri sürülmesine sebep oldu.



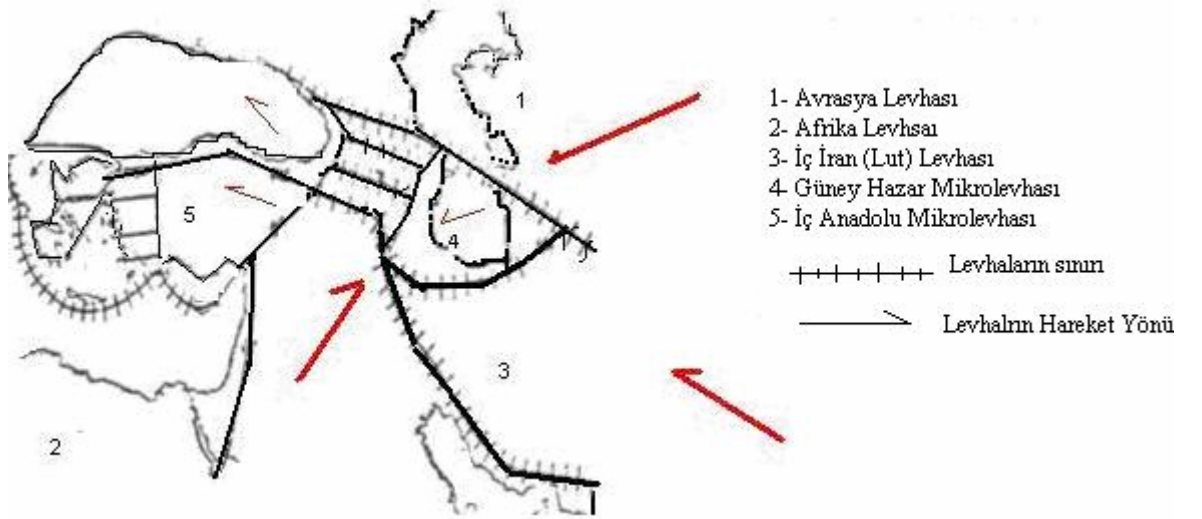
Şekil 2.1 Bölgenin Tektonik Ve Sismotektonik Haritası (Berberian 1983)

#### 2. 2. 1 Azerbaycan mikrolevhası ve bu levhanın dünya levhalarındaki durumu:

Araştırmalarımıza göre Azerbaycan makro olarak 3 levha hareketi etkisindedir:

- 1- Turan levhası
- 2- Hindistan levhası
- 3- Arabistan levhası

Turan levhasının kuzeyden güneye doğru hareketi Horasan'ın kuzeyinde dalma batma olayına sebep olmuştur. Bu dalma batma olayının tanığı Horasan'ın Sebzevar bölgesinde ofiyolitlerin oluşması ve bulunmasıdır (Şekil 2.1). Ayrıca Turan levhasının güneye doğru hareketi İran coğrafyasında bulunan Lut Levhasının batıya doğru 135 derece hareketine sebep olmuştur. Palezoik ve Mesozoik döneminde Turan levhası Lut levhasıyla ilişkide olmuştur. Jura döneminde iki levhayı ayırt etmek mümkündür yalnız Kretaseden sonra Lut levhası Turan levhasının etkisinde 45 derece batıya doğru hareketi tespit edilmiştir.



Şekil 2. 2 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'yu etkileyen levhalar

Turan levhası ayrıca Hazar mikrolevhasını da etkilemektedir. Bu levhanın etkisi sonucu yine dalma batma olayı Azerbaycan'da meydana gelip volkanik zonları oluşturmuştur. Bu zonlar Mkı- Hoy –Salmas bölgelerinde gözükmemektedir. Turan Levhası ayrıca Azerbaycan'ın kuzeyinde dalma batmaya neden olup Karadağ ofiyolitlerin oluşmasına sebep olmuştur (Şekil 2.1).Arap levhasının güney batıdan Zagros dağlarının altına dalarken Azerbaycan yapısını etkilemektedir. Bu levhanın hareket hızı son araştırmalara göre yılda 4.5 cm hesaplanmaktadır. Bu hareket sonucu elde edilen enerjinin yarısı Zagros dağlarında, kalanı da merkezi İran , Alborz ve Kopet dağlarında ortadan kalkmaktadır (Şekil 2. 2).

Hindistan levhası dolaylı olarak Azerbaycan depremselliği etkilemiştir. Bu etkiler büyük olasılıkla Azerbaycan levhasıyla komşu olan mikrolevhalar aracılığıyla Azerbaycanı etkilemektedir.

## **2. 2. 2 Azerbaycan'ı Etkileyen Komşu Mikrolevhalar**

Azerbaycan'ı etkileyen komşu mikrolevhalar 3 tanedir:

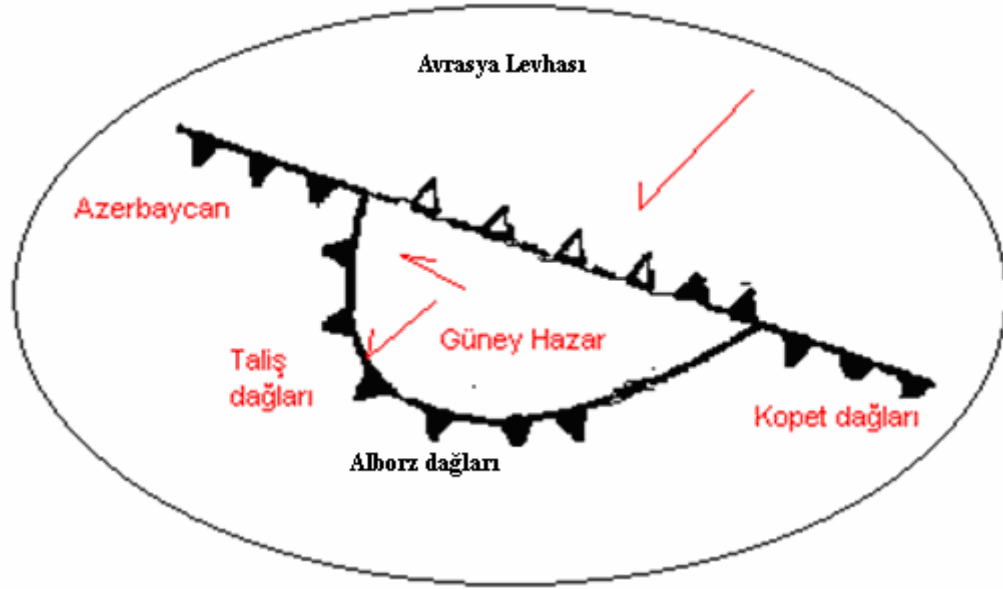
- 1- Güney Hazar mikrolevhası
- 2- Anadolu'nun doğusu
- 3- Gökçe- Karadağ mikrolevhası

Güney Hazar mikrolevhası Okyanus kabuğu olarak Turan levhası basıncı etkisinde Azerbaycan'ın karasal kabuğuna dalıyor. Bu dalma batma olayı sırasında Azerbaycan'ın doğu yöresinin dağlaşmasına ve faylaşmalarına sebep olur. Ayrıca Talış, Esalım ve Türkmenistan'ın güneyinde Ofiyolitler oluşur (Şengör 1991).

Hazar denizi bölgesi orta Alp dağlaşmasında yani Neotetis zamanında parça parça oldu. Bu yeni tektonik olayların etkisi Kafkas, Güney Hazar, Azerbaycan da açıkça görünmektedir.

Hazar'ın güney kısmında gravite anomalisinin yüksek olması (-100 ile -250 mgal) izostasi denkleşmesinin sağlanamaması sonucudur. Ayrıca LePichon'un (1986) araştırmaları bölgede 1-2 km tectonik dalma boşluğunun bulunmadığını göstermektedir. Bu bölgede granitin bulunmaması sonucu, okyanus kabuğun kalınlığı 15-20 km olarak tahmin edilmektedir ki bu rakam normal okyanususal kabuğu kalınlıklarından çok fazladır.

Orta Paleosen'de Arap levhasının basıncı sonucu Hazar bölgesi karadeniz bölgesinden ayrılarak büyük kafkas dağların oluşmasına sebep olmuştur (Tan 2005). Bu faaliyetler sonucu Sehent, Ağrıdağ , Savalan volkanik dağları oluşmuştur.



Şekil 2. 3 Hazar mikrolvhası

Hazar'ın Azerbaycan mikrolevhasına dalması basınç noktasını farklı kılmıştır. Bu nedenle Beniof zonun geometrik şekli farklı olmuştur. Bu farklılıklar 15 den 75 dereceye kadar değişmektedir. Dağlaşmalar da bu derecelere göre farklı şekilde oluşmuştur (Şekil 2.4) .Bu dalma batma olayı zaman zaman hazar denizinin suyunun yok olmasına sebep olmuştur. Dalma batma olayın zamanına gelince İftiharnijad'a) göre Mezozoik çağına aittir. Şengör'e göre Talış ofiyolitleri paleozoik devrine aittir. Bu dalma batma olayında Savalan volkanik dağı oluşmuş ve bölgedeki kaplumbalar ortaya çıkmıştır. Bu sıcak sular yer kabuğunun ne kadar ince olduğunu göstermektedir. Azerbaycan yakınlarında astenosfer yaklaşık 80 km dir ve bu rakam kuzeybatıya doğru gidince 120-150 km e'ye kadar ulaşmaktadır.Bu dalma batma, zonları Talış dağları ve ulusal Astara ve bölgesel küçük faylarını oluşturmaktadır.

Doğu Anadolu'nun Azerbaycan'la dalma batma yaptığı bilinmektedir. Bu dalma batmalar Azerbaycan'la Güney Anadolu sınır dağlarında ofiyolitler oluşturmaktalar. Bu ofiyolitler ve kalırt melanjlar Makı'dan Miyandab'a kadar (Azerbaycan'ın batısı)

görülmektedir (Şekil 2.1). Bu dalma batma olayın zamanına gelince Paleozoik zamanına kadar hiçbir kanıt elde edilmemektedir. Şengör (1991) 'e göre dalma batma olayları Paleozoik devrinden sonra olmuştur. Bu dalma batmalar, dağ oluşumlarına ve bölgedeki faylaşmalara sebep olmuştur.

### **2. 3 Azerbaycan Yer Kabuğu**

Gravimetri verilerine göre Azerbaycan'ın doğu ve batısında anomalilerin yükselmesi bölgede dağlaşma ve kabuğun inceleşmesini gösterilmektedir. Azerbaycan ortasında bu rakam düşmektedir. Anomalinin az olması bu bölgede kabuğun kalın olmasına neden dir. Akaschek Azerbaycan'ın yer kabuğu kalınlığını  $54 \pm 6$  km hesaplamıştır. Bu rakamı Chen 34 km hesaplamaktaydı. Necioğlu bu rakamı rayleigh dalgasının dispersiyonu metoduyla 42-44 km olarak tespit etmiştir. Azerbaycan'ın yer kabuğu kalınlığı Yaklaşık 44 km hesaplamaktadır. Bu rakam Azerbaycan doğusunda 30-35 km'ye ve batıda 40 km'ye kadar ulaşmaktadır. Hiç dağ olmayan Muğan bölgesinde yer kabuğu 25-17 km'ye ulaşmaktadır. ortalama olarak Azerbaycan yer kabuğu 35-38 km tahmin edilmektedir.

Karasal kabuğun kuzeydoğu yönünde kalınlaşması magmatik aktiviteler ve kuzey doğuya doğru faylaşmasını göstermektedir.

### **2. 4 Doğu Anadolu Yer kabuğu**

Bölgenin kabuk ve üst manto yapısını belirleme çalışmalarında bölgede bulunan istasyon verileri kullanarak her istasyona gelen farklı fazlardaki deprem verilerin uzaklık ve seyahat zamanları hız değerleri elde edilmiş ve daha sonra altındaki kabuk kalınlıkları hesaplanmıştır (Akdeniz 2003). Bu rakamlara göre kabuk kalınlığı doğudan batıya yükselmiş, hatta 55 km'ye kadar varmıştır.

Çizelge 2.1 Doğu Anadolu ve Azerbaycan'ın Kabuk Kalınlığı ( Akdeniz 2004)

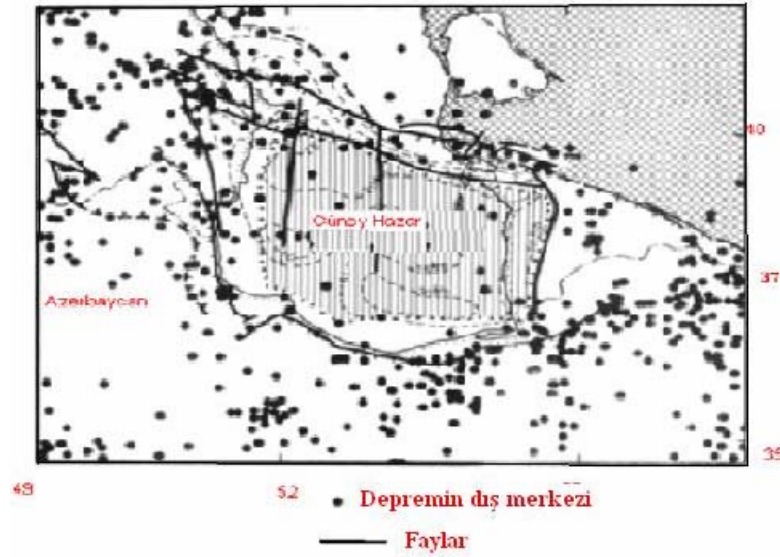
| İstasyon adı | Hız <sub>1</sub> | Hız <sub>2</sub> | Tabaka kalınlığı |
|--------------|------------------|------------------|------------------|
| Van          | 6.38             | 7.54             | 27.80            |
| Tebriz       | 6.39             | 7.99             | 59.77            |

Ayrıca Türkiye gravite haritasını araştırdığımızda Doğu Anadolu bölgesinde çok güçlü gradient ve anolami gözükmemektedir. Türkiye'de Doğudan Batıya Yer kabuğu kalınlığı incelmektedir. Bu da bölgenin dağlık bölgesinden denize yetişmesini göstermektedir. Bu bilgileri daha sonra Zor (2003) tarafından dalga ulaşım metoduyla doğrulanmıştır.

## **2. 5 Bölgenin Yapısal İncelenmesi**

### **2. 5. 1 Azerbaycan yapısının incelenmesi**

Araştırmalar Azerbaycan'da faylaşma ve büzüşmelerin istikametinin N125-130 derece doğru göstermektedir. Bu yapıların levhaların basıncından ortaya çıktığı anlaşılmaktadır. Oligosen devrinde Azerbyacn yapısı sertleşmeye başladı. Bu zamandan itibaren Azerbaycan mini kraton gibi işleyip Kafkasya'yı Zagros dağlarından ayırmaya başladı. Kuzyeden güneye doğru istikameti olan bir basınç sistemi Kafkasya'yı su yüzeyi üzerine yükseltmeye başardı. Bu basınç Arabistan levhasını kuzeye doğru itti. Bölgede bulunan Deniz sedimanları bulunması buna tanıktır. Ganbari araştırmalarına göre Eosen döneminde doğuda sağ yönlü transform hareket ve batıya sol yönlü transform hareketler başladı. Bu hareketler mikrolevha varlığının tanığıdır.



Şekil 2. 4 Hazar Etrafı Depremlerin Dış Merkezleri

Bu hareketler, ayrıca, Alborz dağlarının bükülmesine neden oldu. Öte yandan bu hareket pilosen döneminden itibaren Talış ve Kafkasya faylarının oluşmasına neden olur. Bu hareket nedeniyle Karadeniz ve Hazar bölgesi arası açılmaya başladı. Günümüzde Azerbaycan mikrolevhası kuzey-kuzeydoğu yönünde hareket etmektedir. Kuvaterner faylaşma ve depremler, volkanlar ve sıcak sular da bu hareketin sonucu olarak değerlendirilebilir.

İftiharnijad araştırmalarına göre Geç Prekambryen'de Azerbaycan arazisinde kalkma (uplift) olayı gerçekleşmiştir. Bunun nedeni Pre ve İnfrakambriyen devirlerinde sedimanların bulunmaması ve volkanik aktivitelerin olmasıdır. Son araştırmalar Azerbaycan'da  $P_n$  dalga hızını 7.9 km/s hesaplanmaktadır (Asudeh 1982). Bu miktarı Akdeniz (2003) de onaylamıştır. Bu da bölgenin volkanik olduğunun göstergesidir. Paleozoik devrinde ise sedimanların bulunmaması gözlenmektedir. İftiharnijad'a göre Kaldoniyen devrinde yine Azerbaycan'da yükselme olayı gözlenmektedir. Bu bölgede Devoniyenin dışında başka önemli olay gözlenmemektedir. Devoniyen devrinde Tebriz fayı oluştu ve Azerbaycan tektonik olarak ikiye bölünmüştü. Bu kırıklık Zencan'dan başlayıp kafkaslara kadar devam etmektedir. Kuzey bölge yükselmeye güney bölge ise inmeye başladı. Karbonifer sedimanları Azerbaycan'da gözlenmektedir. Bölgede Alp dağ yapma zamanında kırıklık ve faylaşma görülmektedir.

İran'ın dağlık bölgede yer kabuğun kalın olması nedeniyle gravite değeri eksi yönde artmaktadır. Zagros dağlarında -220 ila -230 mgal, Urmiye oturma bölgesine -100 den -130 mgal a kadar ulaşmaktadır. Bu miktar Azerbaycan'ın Doğusu yani Savalan sönük yanar dağı etrafında -100 mgal'a ulaşmaktadır. Azerbaycan'ın batısında da bu miktar -130 a ulaşmaktadır. Yüksek dağların olması anomalinin -100 leri aşmasına neden olmuştur.

Bu olayın ilginç tarafı, Alborz dağları ve Güney Hazar mikrolevhasının dalma batma zonunda gravite değerinin 0 den -50 mgal'e ulaşmasıdır. Kabuğun ince olması ve izostasi dengesinin bozulması bu olayın açık nedenidir.

Bölgesel Bouguer alan (Regional Bouguer Field) incelenmesine gelince, Zagros dağlarının -170 mgal olması Zagros dağlarının ilerlemesiyle örtüşmektedir. Alborz dağları özel gravite özelliklerine sahip değildir. Bu nedenle Dehgani (1983) bu olayı 'Allochthonous mass' olarak adlandırmıştır.

İzostasi haritasının incelenmesi Azerbaycan'ın doğu ve batısında izostazik denklemin bozulduğunu fakat Orta Azerbaycan'da bu denklemin mevcut olduğunu göstermektedir. Azerbaycan'ın doğu ve batısında olan yüksek dağlar izostazi denklemin bozulmasına sebep olmuştur.

## **2. 5. 2 Doğu Anadolu'da Litosfer ve Yapı İncelenmesi**

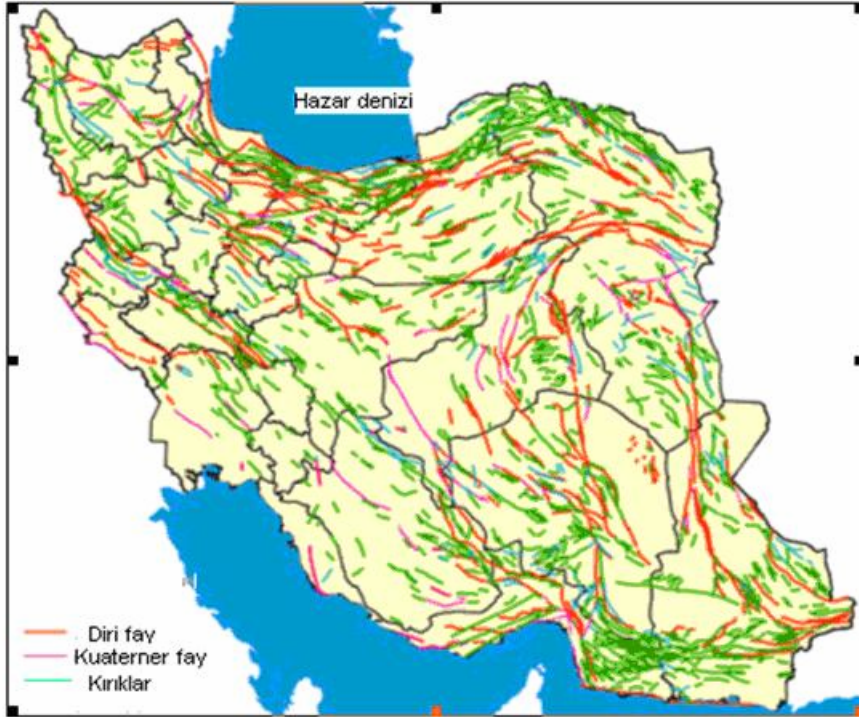
En son olarak Zor ve diğerleri (2003), 29 istasyon kullanarak yaptıkları çalışmada Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı dağılımını hesaplamışlardır. Hesaplamalar kıta kabuğunun 45 kilometreden daha kalın olduğu yerlerin Doğu Anadolu yığılma kompleksinin dışında kaldığını göstermektedir (Zor ve diğerleri 2003). Kabuğun oldukça ince olduğu yerler Doğu Anadolu yığılma kompleksinin dışında kalmaktadır. Kabuğun oldukça ince olduğu bir diğer bölgede Arap levhasının Aptiyen-Albiyen riftleşmesine sahne olduğu en kuzey ucudur (Şengör 2003). Litosfer kalınlığı hakkında fikir ileri sürmeden önce bu konuda yapılan kabulleri sıralamak yerinde olacaktır:

1- litosfer tabanının izotermal bir yüzey olarak ele alınır.

2- litosferdeki ısı akısının zamanla değinmediği kabul edilir ve tüm litosferin de okyanus ortası sırtlara göre izostatik dengede olduğu kabulünü yaşıyoruz. Doğu Anadolu'nun kabuk kalınlığının normal kalınlıktaki bir manto litosferi ile açıklamak zor görünmektedir. Çarpışmayla kalınlaşmış bir litosferle (yay ötesi) bu açıklamayı yapmak ise büsbütün imkansızdır. Normal kalınlıktaki bir litosferle platonun ortalama 1.5 km yükseklikte duruyor olması gerekirdi, bu da gerçek ortalama yüksekten bir kilometre daha alçaktır. Dikkat edilecek olursa en ince kabuğun bulunduğu yerler aslında en yüksek topoğrafyaya karşı gelmektedir. Manto litosferin mevcut olmadığı yerlerin neredeyse mükemmel bir şekilde Doğu Anadolu yığılma kompleksi ile örtüştüğü görülür.

## 2.6 Azerbaycan'ın Sismotektoniği

Yer kabuğunun kırılması ve bazen de yer değişmesine fay denir. Bilindiği gibi bu faylar yer kabuğunda toplanan yüksek gerilimin bir an bırakılmasından ortaya çıkar (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 İran faylarının genel haritası

Her ne kadar bu fayların çoğu dördüncü jeoloji zamanından önce aktif olsa bile, bu araştırmada Kuvaterner zamanına ait olan fayların incelenmesine kısıtlı kalmıştır. Bilindiği gibi bölgede depremsellik konusunun araştırılmasında en gerekli işlerden birisi bölgenin Kuvaterner faylarının incelenmesidir. Uluslararası Atom enerjisi örgütü (IAEA) bu şartlara sahip olan fayları depremin ortaya çıkmasında önemli rol oynadığından yanadır:

- 1- Kuvaterner zamanında hareketli olması
- 2- Kırılmayı destekleyen kanıtlar olması

- 3- Bu fayla ilgili kayıtlı depremler bulunması
- 4- Faylarda sürünmeler izlenmesi
- 5- Bir büyük faya bağlı olması.

Bu bölümde ilk önce Azerbaycan'ın aktif fayları, onların özellikleri ve onlarla bağlı tüm depremleri sırayla getireceğiz.

### **2.6.1 Azerbaycan'ın uzun diri fayları**

Bu bölümde dalma batma olayından dolayı Azerbaycan'da oluşan fayları inceleyeceğiz.  
Bu falar sırayla

- 1- Astara fayı
- 2- Neür fayı
- 3- Urmiye gölü fayı
- 4- Van fayı
- 5- Kuzey Tebriz fayı
- 6- Nahçıvan fayı'dır.

### **2.6.2 Azerbaycan'ın lokal fayları**

- 1- Üşneviyye fayı
- 2- İpek fayı
- 3- Bedavlı fayı
- 4- Pesve fayı
- 5- Tesuc fayı
- 6- Güney Eher fayı
- 7- Güney Salmas fayı
- 8- Güney Mişov fayı
- 9- Zencan fayı
- 10- Seresket fayı
- 11- Sultaniye fayı
- 12- Kuzey Salmas fayı

13- Kuzey Mişov fayı

14- Moğan fayı

15- Var fayı

16- Herzevil fayı

### **2.6.3 Azerbaycan'ın komşuluğunda bulunan büyük faylar**

Bu Bölümde gelecekte Azerbaycan'ı tehdit eden depremler ve onlara bağlı aktif fayları inceleyeceğiz

1- Kuzey Anadolu fayı

2- Kuzey Kazvin fayı

## **2. 6. 1 Azerbaycan'ın ulusal fayları**

### **2.6.1.1 Astara Fayı**

Bu fay Azerbaycan'ın doğu bölgesinde yerleşik aktif faylarındanındır. Bu fay Hazar gölünün alçalmış ve yükselmiş bölgelerinin sınırındır (Şekil 2.6). Kuzey-güney istikametinde olan bu fay Kora bölgesinden başlayarak Astara kentinden geçtikten sonra Enzeli kenti yakınlarında kaybolur. Fakat İran'ın Jeoloji Servisinin manyetik haritaları bu fayın güneye doğru hareket ettiğini açıkça göstermektedir. Berberian (1981) bu fayın uzunluğunu 400 km olarak ve ters fay olduğunu göstermektedir. Ters fay mekanizması bölgede yüksek basınçlı bir hareketin olduğuna işaret etmektedir.

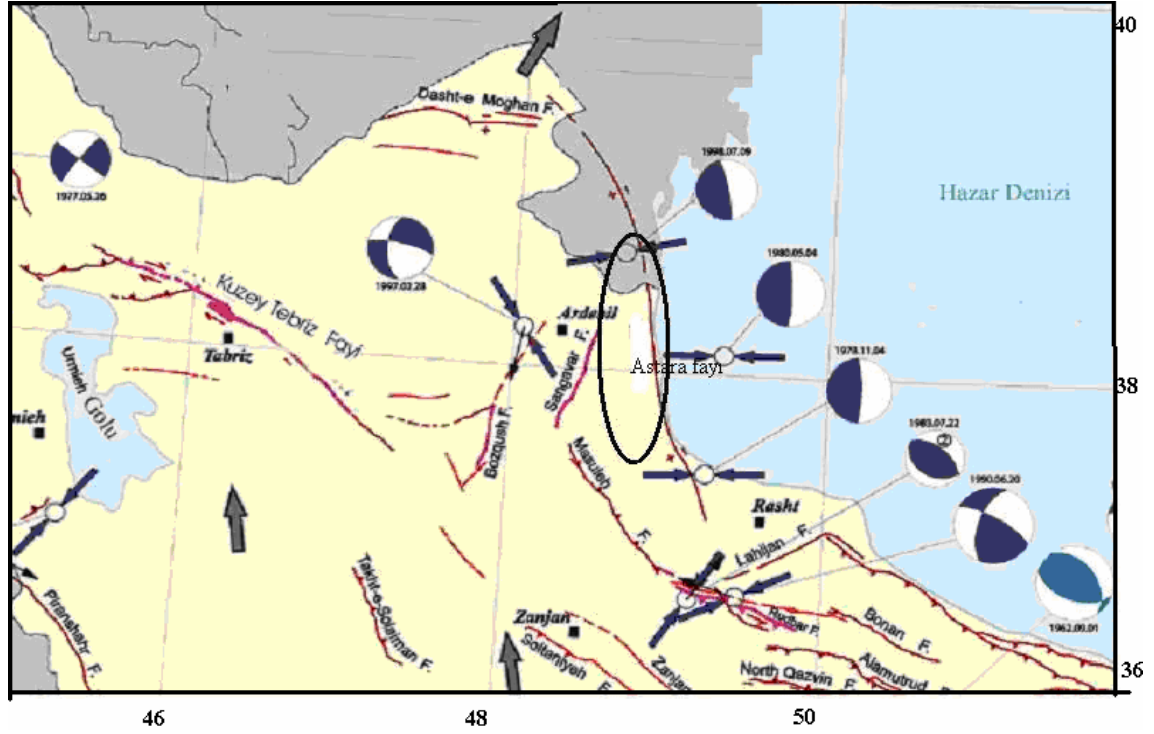
22 Ocak 1840,  $M = 5.2$  büyüklüğünde

16 Nisan 1913,  $M = 6.0$  büyüklüğünde

4 Aralık 1979,  $M = 7.0$  büyüklüğünde

9 Haziran 1998 depremleri bu fayın hareketiyle ilgilidir.

Bu fayın uzunluğuna bakarak, fayın en azı 1/3 uzunluğunda hareket ettiğini göz önüne alırsak bu fayın potansiyeli Tocher (1985) formülüne göre  $M = 7.5$  büyüklüğünde deprem üretmesi beklenmektedir.



Şekil 2.6 Astara fayı

### 2.6.1.2 Neür Fayı

Bu fay Erdebil bölgesinde tarihi depremlerin olmasına neden olmuştur. Bu fay Astara fayıyla paralel olarak Moğan bölgesinden başlayarak Neür gölünden geçerek Enzeli bölgesine kadar uzanmaktadır (Şekil 2.7). Fayın uzunluğu 400 km ve sağ yanallı sol yanal hareketli fayıdır.

1893-4 yıllarında Erdebil'i yerle yeksan eden

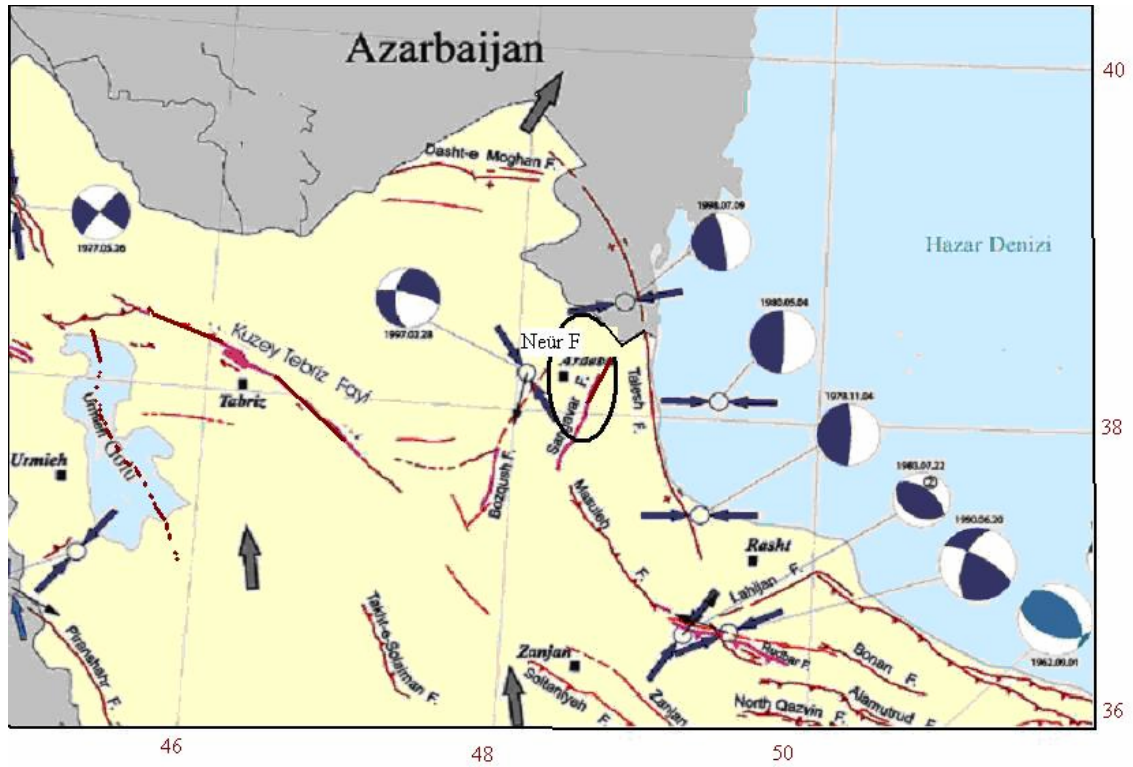
22 Ocak 1846 Erdebil depremi

Hir kentini yerle bir eden 30 Aralık 1863

Erdebil'in 2 Ocak 1864, Halhal'ın 18 Aralık 1895

4 Ocak 1896 Erdebil depremleri bu fayın hareketinden olmuştur.

Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en az 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurduğumuzda bu fayın potansiyeli Tocher (1985) formülüne göre  $M = 7.5$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.



Şekil 2.7 Neür Fayı

### 2.6.1.3 Urmiye gölü fay hattı

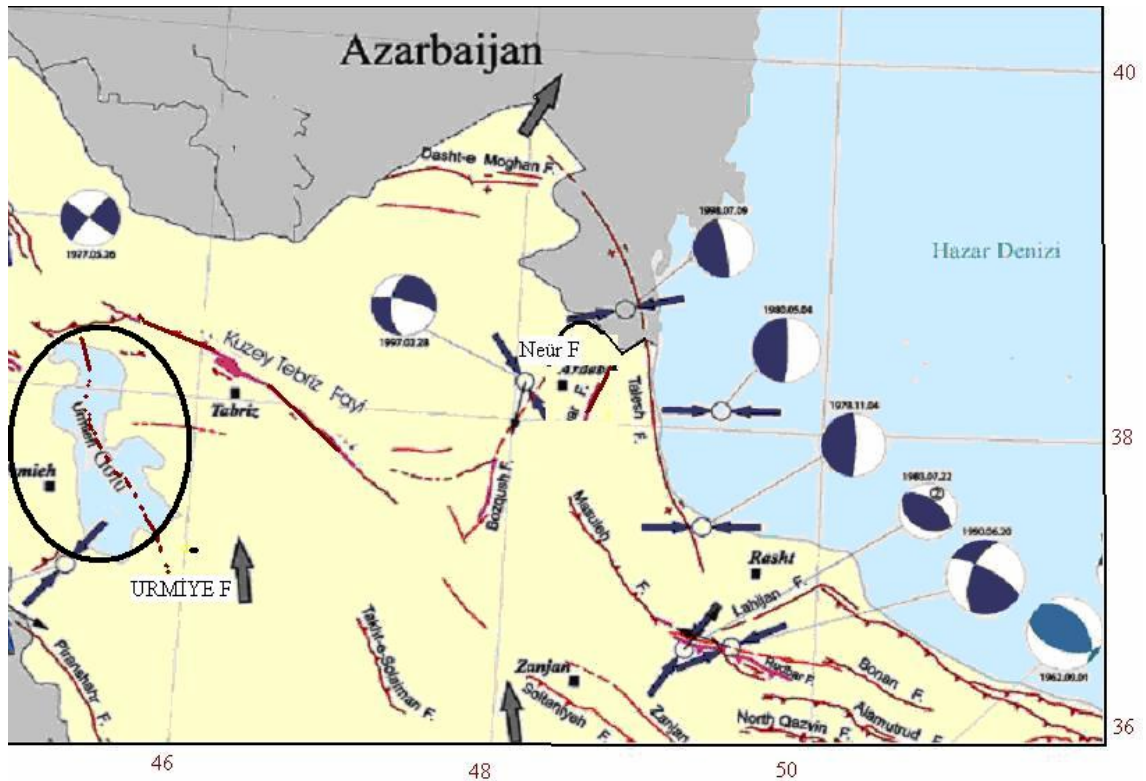
Bu fay hattı Azerbaycan'ın batı bölgesinde yerleşmektedir (Şekil 2.8). Aslında bu fay hattı üzerinde Urmiye gölü oluşmuştur. Bu fay hattı Makı kentinden başlayıp Hoy kentinin yakınlığından geçerek Salmas kenti yakınlığından Urmiye gölüne girer. Bu fay hattı Urmiye gölü çukurunu yapmıştır. Bu fay, Urmiye gölünü geçtikten sonra gölün güneyinden koşa çay etrafında daha tekrar ortaya çıkıyor (İftiharnijad 1980). Bu fayın

göl içindeki izleri su ve sedimanların olduğuna için görünmemektedir ancak gölün kuzey ve güneyindeki izleri açıkça görülür. Bu fay, göl içinden geçmesine rağmen aletsel deprem verileriyle kayıt edilmiştir:

5 Kasım 1929 saat 10: 6: 4  $M = 4.5$

8 Nisan 1930 saat 5: 29 : 30  $M = 5.2$

Bu fayın oluşması nedeniyle gölün her iki taraf jeoloji yapıları ve tektoniği bambaşka yapıya sahip olmuştur. Bu nedenlerle Berberian ve Goreyşi bu ovanı ‘Urmیه eski ovası’ adlandırmıştır (Old Urmیه Valley). Urmیه gölü uzunluğu 140 km’ye eni 15-50 km’ye ve onun yüz ölçümü 5-6 bin km<sup>2</sup> ve yüksekliği serbest denizlerden 1287 m’dir. Urmیه gölü basınçlı fay sistemi etkisinde bulunduğu için her zaman bu fayın hareketleriyle ilişkide olmuştur. Bu fayın dinamiği, suyunun kalkıp inmesinde önemli rolü olmuştur.



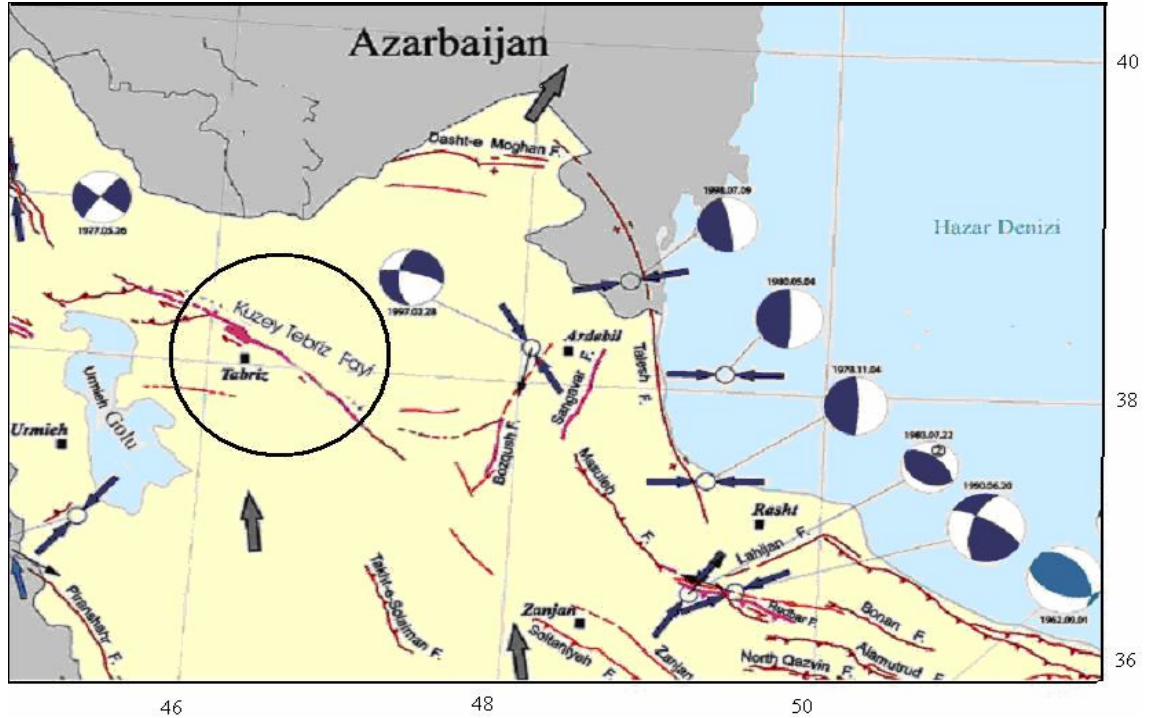
Şekil2.8 Urmیه gölü fay hattı

#### 2.6.1.4 Van-Hakkari Fayı

Bu fay Türkiye’de bulunmasına rağmen tarih boyu Azerbaycan’ın batı bölgelerini etkilemiştir. Ambersyes’e göre onun mekanizması hakkında bir çok bilgiler vardır. Tan (2005) bu fay zonuna değinmiştir.

#### 2.6.1.5 Kuzey Tebriz Fayı

Azerbaycan’ın en etkili ve tarih boyunca her zaman tehlikeli sayılan faylarındandır. Görünen uzunluğu yaklaşık 100 km’ye varan bu fay hattı N115E istikametinden ( Mişov dağı yakınlığı- Merent kenti yakınlığı) başlayıp Tebriz’in kuzeyinden geçerek Bostanava , Miyane’ye varıyor (Şekil 2.9). Zencan kenti yakınlığında fay hattı yok oluyor. Bu hattın izlerini Merent yakınlığından itibaren kaybediyoruz ama hava haritalarından bu fayın izini Türkiye sınırı yakınlığına kadar bulması mümkündür. Araştırmalar bu fay hattının KAF hattına vardığını gösterir. Biz bu tezde bunu kanıtladık



Şekil 2.9 Kuzey Tebriz fayı

Bu fayın başlangıç, bitiş noktaları ve uzunluğu yerbilimcilerin tartışma konusu olmuştur. Goreyşi onun uzunluğunu 90 km olarak kaydederek uzantılarıyla beraber uzunluğunu 150 km'ye kadar olarak kaydediyor. Berberian (1976) da onun uzunluğunu 100 km kaydediyor. Hava haritası, magnetik haritalar ve saha araştırmalarımıza istinaden bu uzun fay hattı uzunluğunu 110 km olarak tahmin edilmektedir.

Bu fayın eğilim açısı 90 dereceye yakın olduğu için dağ ile Tebriz kenti arasındaki yükseklik farkı çoktur. Bu farklılık da Tebriz ovasının çökmesinden ortaya çıkmıştır.

Bu fayın başka bir özelliği, tarih boyunca aktif olması ve kalabalık kent, Tebriz'i 6 sefer yerle bir etmesidir. Bu nedenle onun aktivite periyodunu hesaplama ve inşaatta kullanmak yararlı olacaktır. Araştırmalarımız gösterir ki Tebriz kenti sadece bir fay hattı üzerinde inşa edilmemiş bekli bir zon üzerinde yapılmıştır. Bu zonda deprem faaliyeti bir az durgun görünse bile hareketliliği bu kentin etrafında oluşan yer kaymalarında hala görmektediriz

Bu fayın aktifliğini kayıt ettik. Araştırmalarımız bu uzun fayın en azı yarısını aktif olması nedeniyle  $M = 7.4$  derecelik bir deprem ürettiğini gösterir.

## **2.6.2 Azerbaycan'ın lokal diri fayları**

Bilindiği gibi Azerbaycan aktif tektonik yapıya sahiptir. Bu mesele Azerbaycan'ın yer yerinde kırıklıklar ve ufak fayların oluşmasına sebep olmuştur. Aşağıda adı geçen faylar Azerbaycan'ın lokal ve aktif faylarıdır:

### **2.6.2.1 Üşneviyye Fayı**

Bu fay Azerbaycan'ın batı bölgesinde ve Urmiye gölünün batısındadır. Onun istikameti NE-SW dır (Şekil 2.10). Bu fay hattı bölgedeki dağ ve ova sınırı olarak görünür. Aşağıdaki kayıtlı depremler bu faya bağlı olduğunu tahmin edilir:

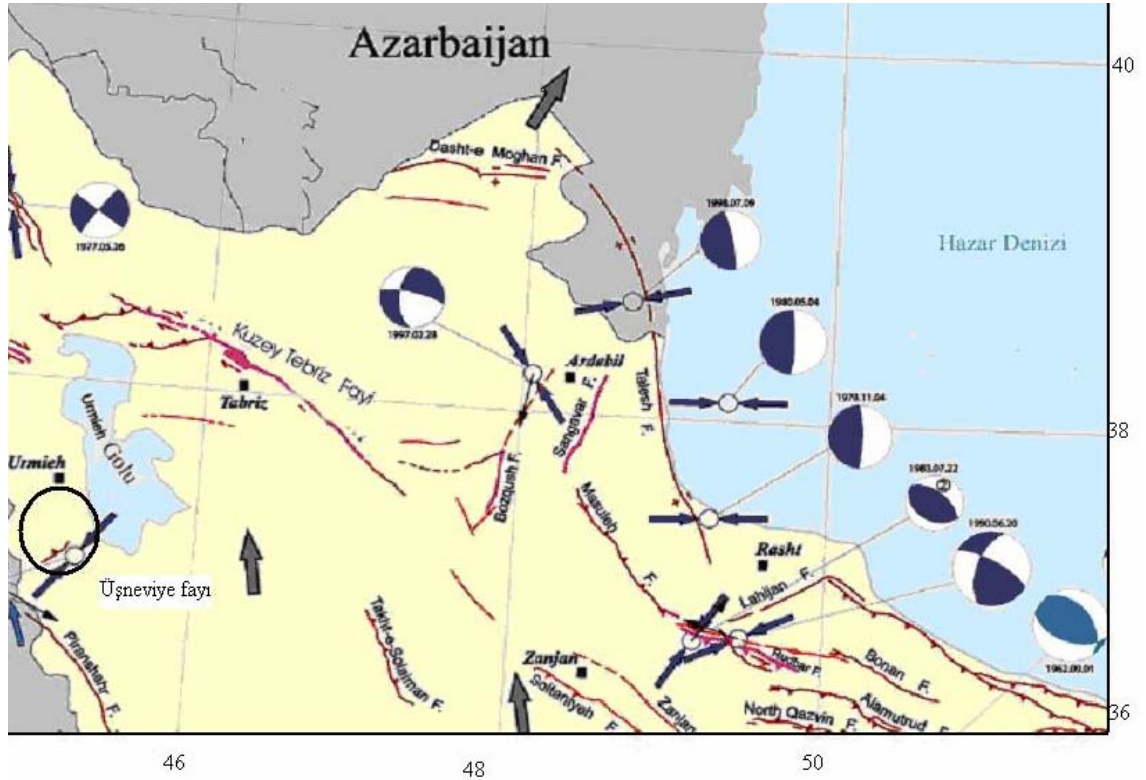
23.07.1981 de olan deprem  $M = 5.6$

09.10.1981 de olan deprem  $M = 4.7$

28.10.1984 de olan deprem  $M = 4.5$

11 ve 12.05.1986 da olan deprem  $M = 4.6$

Araştırmalarımızda bu fayın en az yarısının kırılmasıyla  $M = 6.6$  derecelik bir deprem üretebileceğini bekliyoruz.

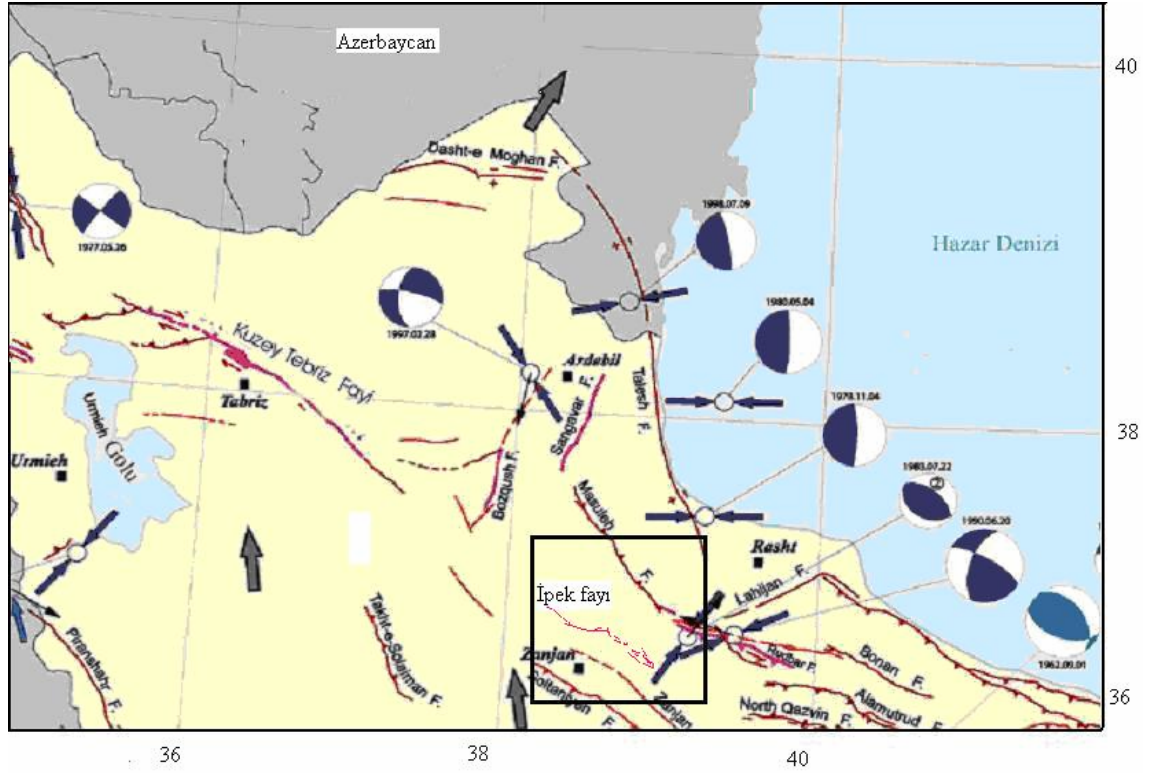


Şekil 2.10. Üşneviye fayı

### 2.6.2.2 İpek Fayı

Uzunluğu 100 km olan bu fay hattı İpek bölgesinin batısından başlayıp doğuya taraf uzanmaktadır (Şekil 2.11). Bu fayın mekanizması dikey hareketli yukarıya ve kalan kısmı ise sol yanal hareketlidir. Aslında bu fayın bu tür hareketi deprem çözümlerinde

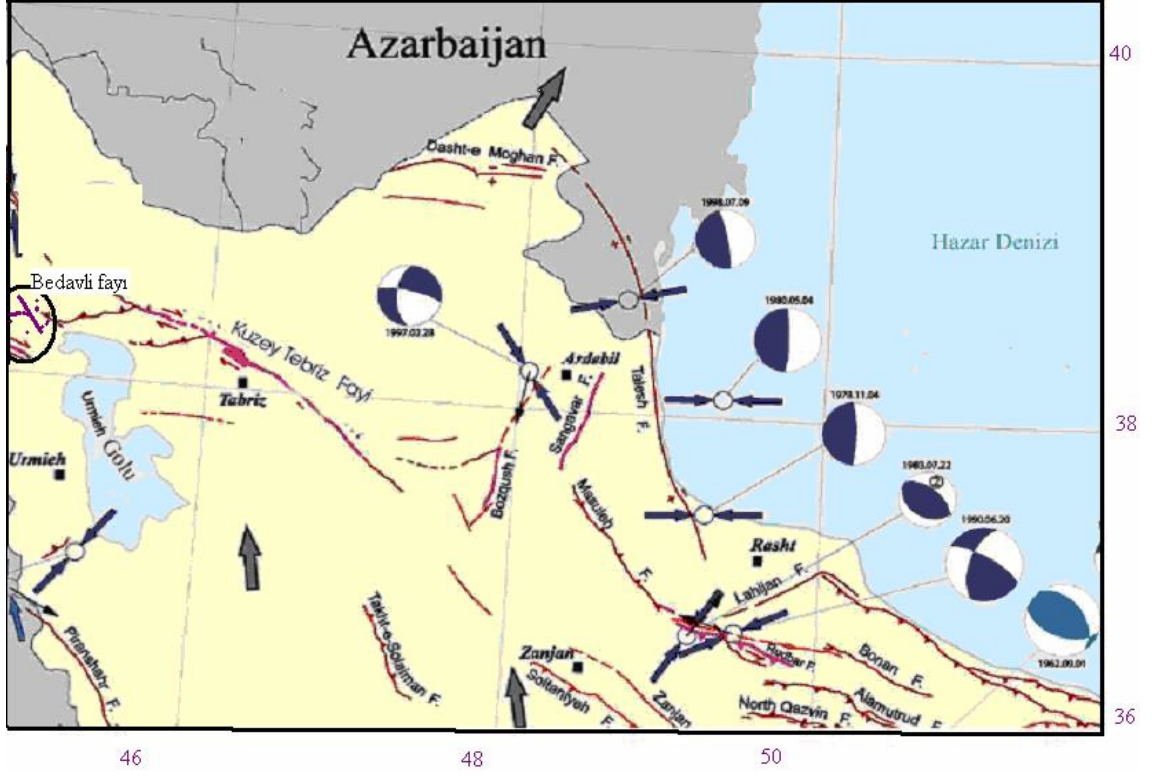
görülmektedir. Bölgede 1962 de olan meşhur Buin Zehra depremi bu fayla ilgilidir. Bu fayın en az yarısının faaliyetiyle  $M = 7.2$  derecelik deprem olacağı bekleniyor.



Şekil 2.11. İpek fayı

### 2.6.2.3 Bedavlı fayı

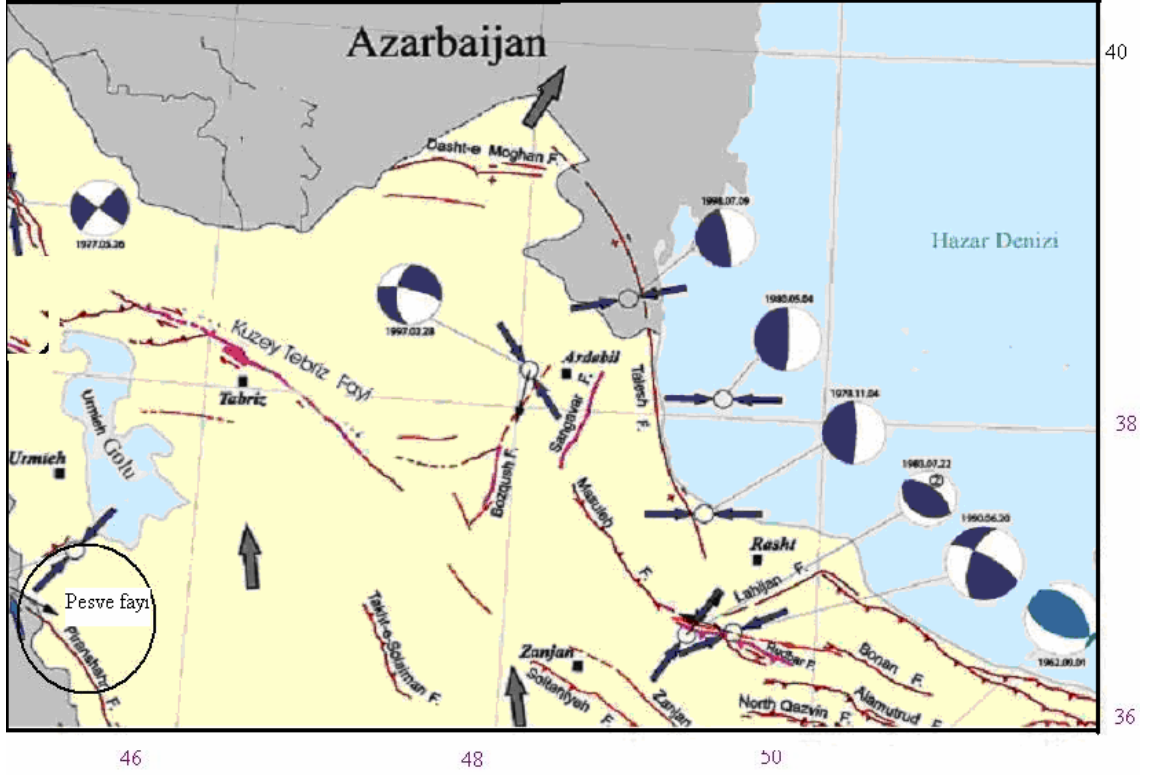
Bu fay Azerbaycan'ın kuzeybatısı, Maki kentinde bulunuyor. Onun istikameti NW-SE dir. Uzunluğu yaklaşık 25 km dir (Şekil 2.12). Onun başka faylarla bağlı olduğunu da düşünenler vardır (Berberian 1976). Bu fayın istikametinde Oligomiyosen kalırt melanjlari görünmektedir. Büyüklüğü  $M = 5.3$  dereceli 29 Nisan 1968 Makı depremi bu faya bağlıdır. Bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 6.9$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



Şekil 2.12 Bedavlı fayı

#### 2.6.2.4 Pesve Fayı

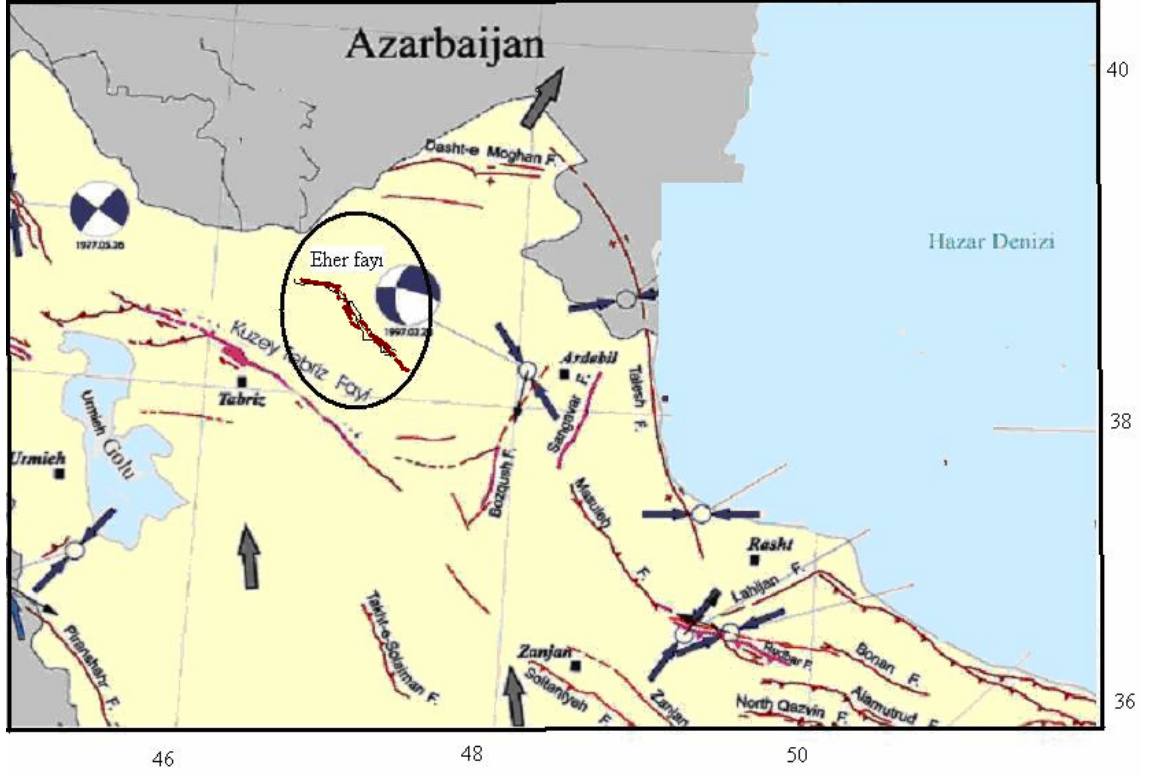
Bu fay, ilk defa İftiharnijad tarafından 1973 yılında bilim alemine sundu. Azerbaycan'ın güneyinde bulunan bu fayın uzunluğu yaklaşık 100 kme dir (Şekil 2.13). Teklanlo bu fayı Merivan fayının uzantısı olarak değerlendirmektedir. Büyüklüğü  $M = 5.5$  olan 25 Ekim 1970 Piranşehir depremi bu fayla ilgilidir. Bu depremde 150 kişi hayatını kaybetti. Bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.3$  Büyüklüğünde depremin üretileceği beklenmektedir.



Şekil 2.13 Pesve fayı

#### 2.6.2.5 Güney Eher Fayı

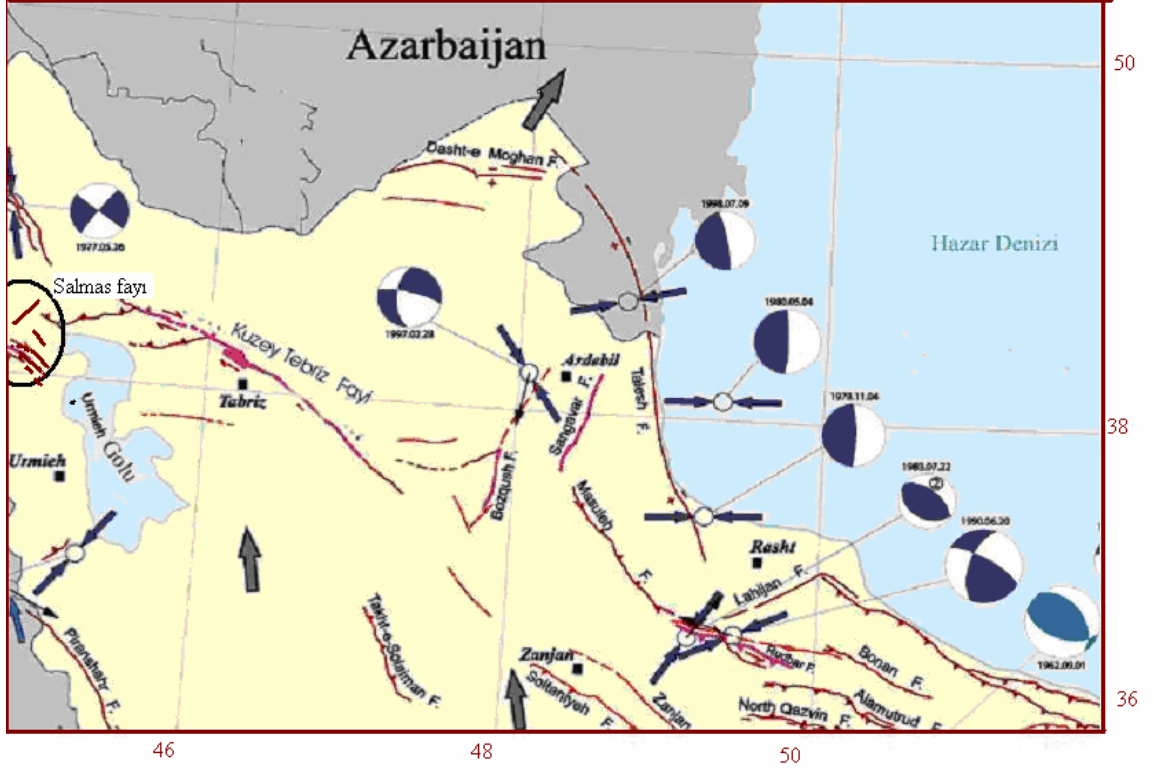
İstikameti doğu-batı olan bu fay Eher kentin yakınlığından geçmektedir (Şekil 2.14). Bu fayın doğu yönü Savalan dağıdır. Uzunluğu 20 km olan bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 6.6$  derecede depremin üretebileceği beklenmektedir.



Şekil 2.14 Güney Eher Fayı

#### 2.6.2.6 Güney Salmas fayı

Bu fay 1930 yılında Salmas'ta şiddetli depremin olmasına sebep olan faydır. Bu fayın kuzey Salmas fayıyla ilişkisi Salmas ovasının oturmasına sebep olmuştur (Şekil 2.15). Şorgöl köyü yakınlığından başlayan bu fay Derik köyünde Kuzey Salmas fayı ile birleşiyor. Bu fayın uzunluğu yaklaşık 70 km tahmin ediliyor. Bu fayın en önemli özelliklerinden birisi bu fay hattı istikametinde kaplıcaların oluşmasıdır. 1930 Salmas depremi sırasında bu kaplıcaların sularının azalıp çoğalması hatta yeni suların ortaya çıkması kayda alınmıştır. 1974 incelemelerine göre bu fayın yanal hareketi yaklaşık 4 metreye kadar kaydedilmiştir (Berberian 1974). Araştırmamıza göre bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.5$  büyüklüğünde deprem olacağı beklenmektedir.



Şekil 2.15 Güney Salmas fayı

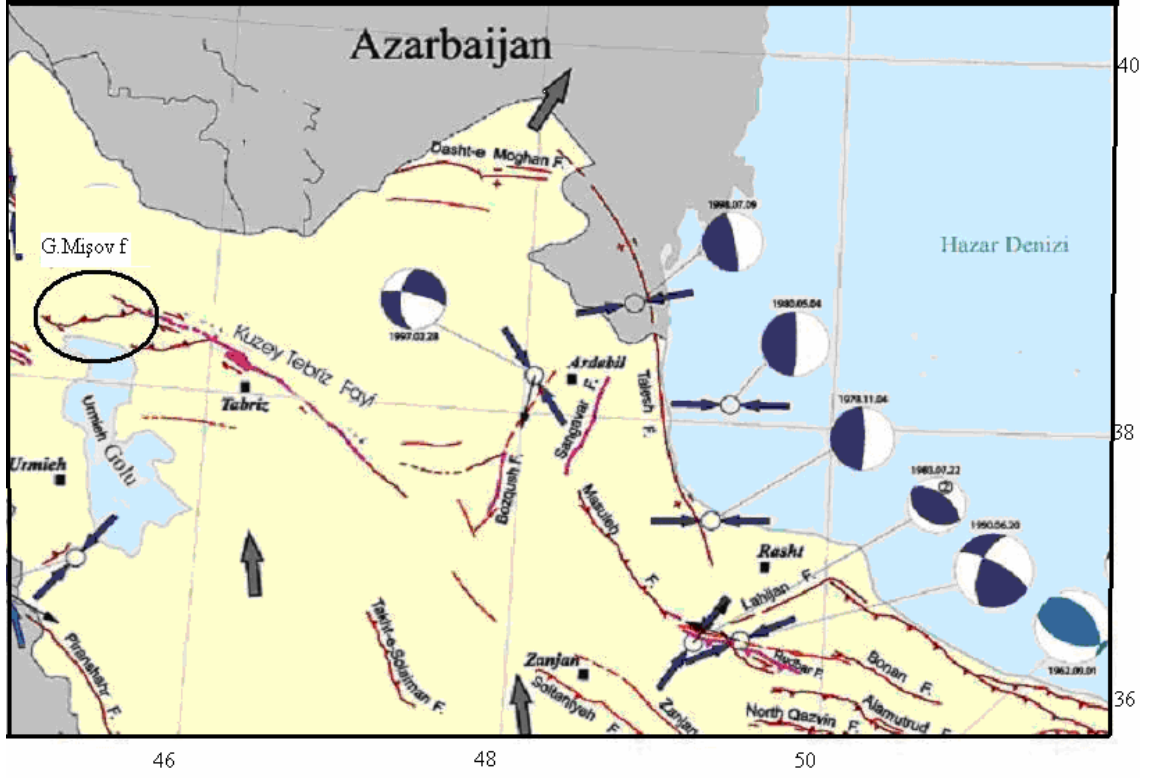
#### 2.6.2.7 Güney Mişov Fayı

İstikameti doğu-batı olan bu fay hattı Mişov dağının güneyinde yerleşmektedir (Şekil 2.16). Bu fayın paralelinde Kuzey Mişov fay hattı bulunmaktadır. Bu fayla ilgili Tarihsel depremler kaydedilmiştir. Aşağıdaki aletsel depremler bu fayla ilgilidir:

Büyüklüğü  $M = 3.8$  olan 19.11.1975 depremi

Büyüklüğü  $M = 4.7$  olan 10.10.1981 depremi

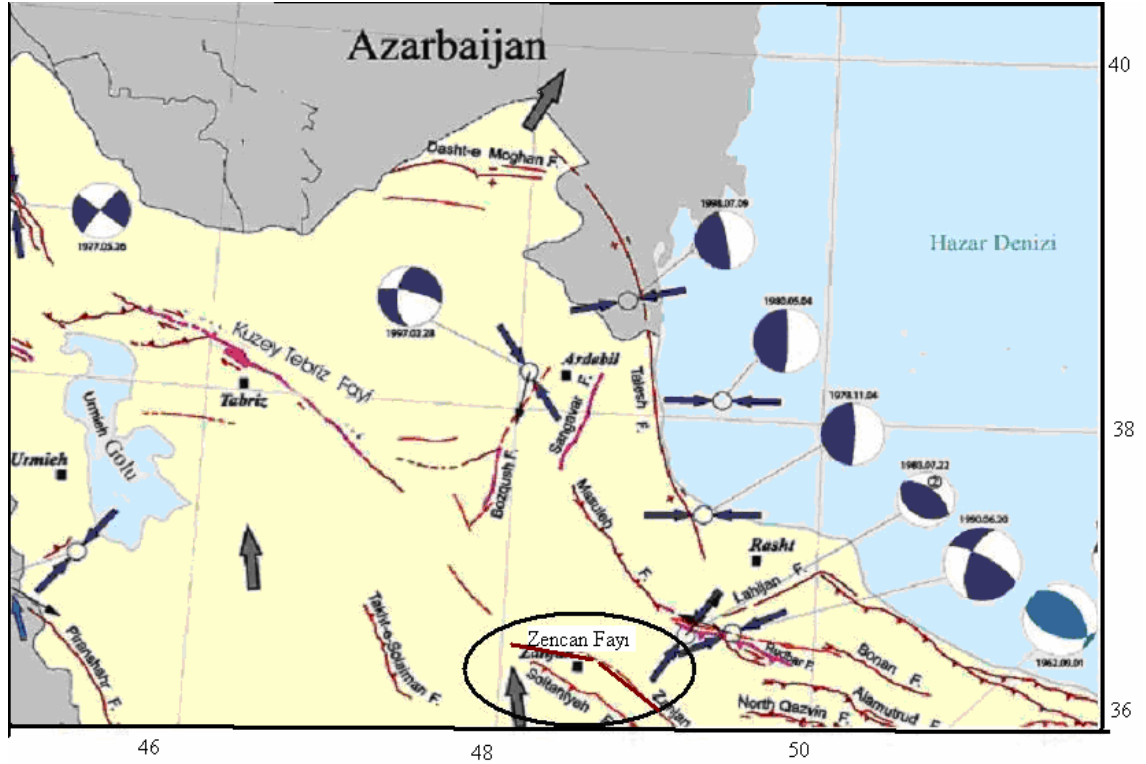
bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 6.9$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



Şekil 2.16 Güney Mişov fayı

### 2.6.2.8 Zencan Fayı

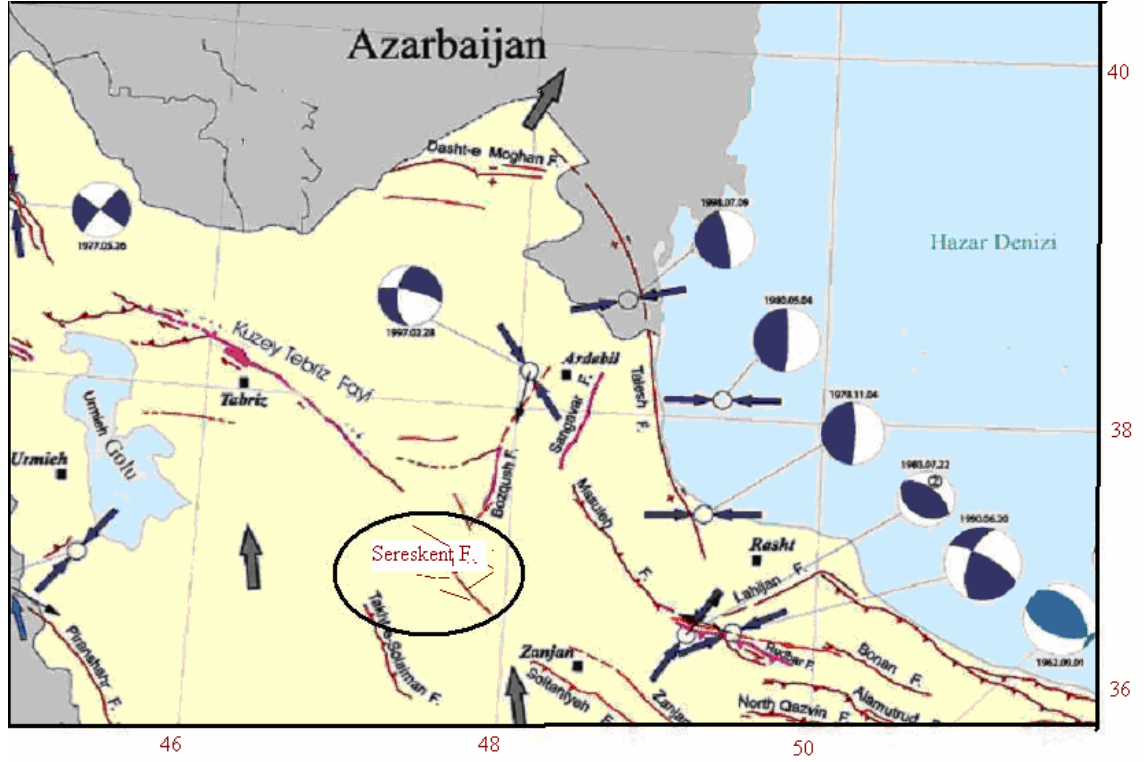
Zencan fayı Tebriz fayının istikametindedir (Şekil 2.17). Bu fay Zencan yakınlıklarında görüldüğü için ona Zencan fayı adı verilmiş. Uzunluğu 120 km'ye kader ölçülen bu fay hattının yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.4$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



Şekil 2.17 Zencan fayı

#### 2. 6. 2. 9 Sereskent Fayı

Kuvaterner fayı olan sereskent fayın istikameti NW-SE dir (Şekil 2.18). Azerbaycan sayzmozotektonik fayını incelediğimizde bu fayın uzunluğunu 50 km tespit ettik. bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.0$  dereceli depremin oluşması beklenmektedir.



Şekil 2.18 Sereskent fayı

#### 2. 6. 2. 10 Sultaniye Fayı

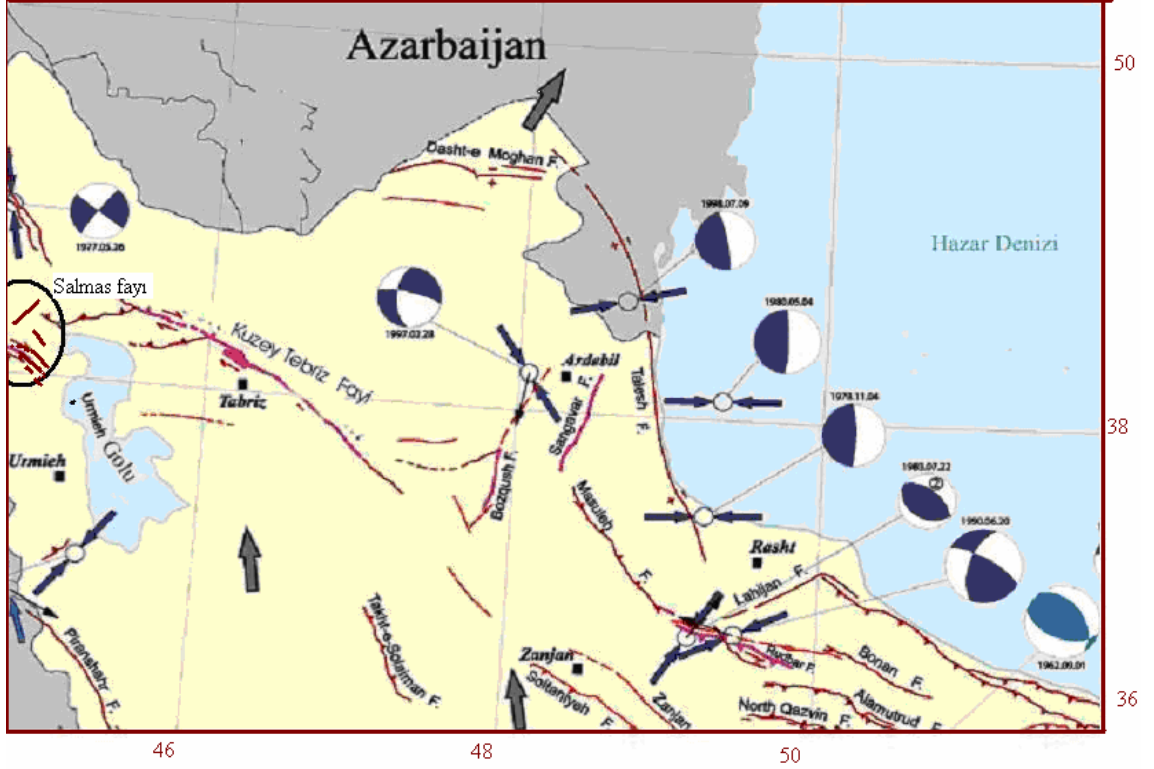
Zencan fayının paralelinde bulunan bu fayın uzunluğu 130 km dir. (Şekil 2.19). 1181.yılda olan sultaniye depremi bu fayla ilgilidir. Bu deprem sırasında yüksekliği 50 metre olan Sultaniye camii çöktü. Bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.2$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



Şekil 2.19 Sultaniye fayı

#### 2.6.2.11 Kuzey Salmas Fayı

Başka adı Derik olan bu fay, 1930 Salmas depreminin olmasında önemli rolü olan faylarındandır (Şekil 2.20). Büyüklüğü  $M = 5.2$  olan 8 Nisan 1930 Salmas artçı depremi bu fayın kırılmasından üretilmiştir. Bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 6.5$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir .



Şekil 2.20 Kuzey Salmas fayı

#### 2.6.2.11 Kuzey Mişov Fayı

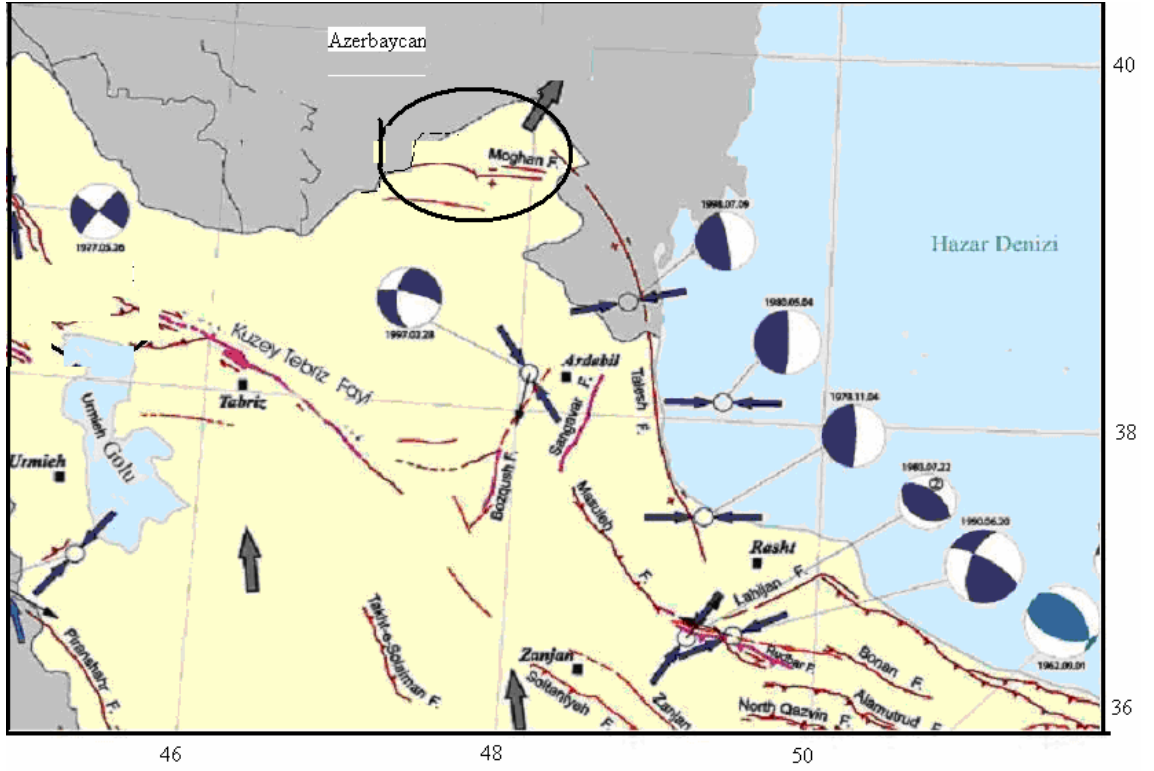
İstikameti NW-EW olan bu fay Tebriz fayının batı istikametini oluşturur (Şekil 2.21). Uzunluğu 43 km olan bu fayın aletsel depremleri aşağıdadır:

Büyüklüğü  $M = 4$  olan 13.02.1965 depremi

Büyüklüğü  $M = 3.8$  olan 19.11.1975 depremi

Büyüklüğü  $M = 4.7$  olan 10.10.1980 depremi bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla  $M = 7.0$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.





Şekil 2.22 Moğan fayı

#### 2.6.2.12 Var Fayı

Kuzey-güney istikametinde olan bu fay Hoy kenti yakınlığından geçiyor (Şekil 2.23). Uzunluğu 16 km olan bu fay Hoy kentinin ofiyolit bölgesinde görünür. Bu fayın aletsel depremleri şunlardır:

Büyüklüğü  $M = 5.3$  olan 14.03.1970 depremi

Büyüklüğü  $M = 4.7$  olan 4.01.1981 depremi

Bu fayın yarı uzunluğunun kırılmasıyla,  $M = 7.4$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



Şekil 2.23 Var fayı

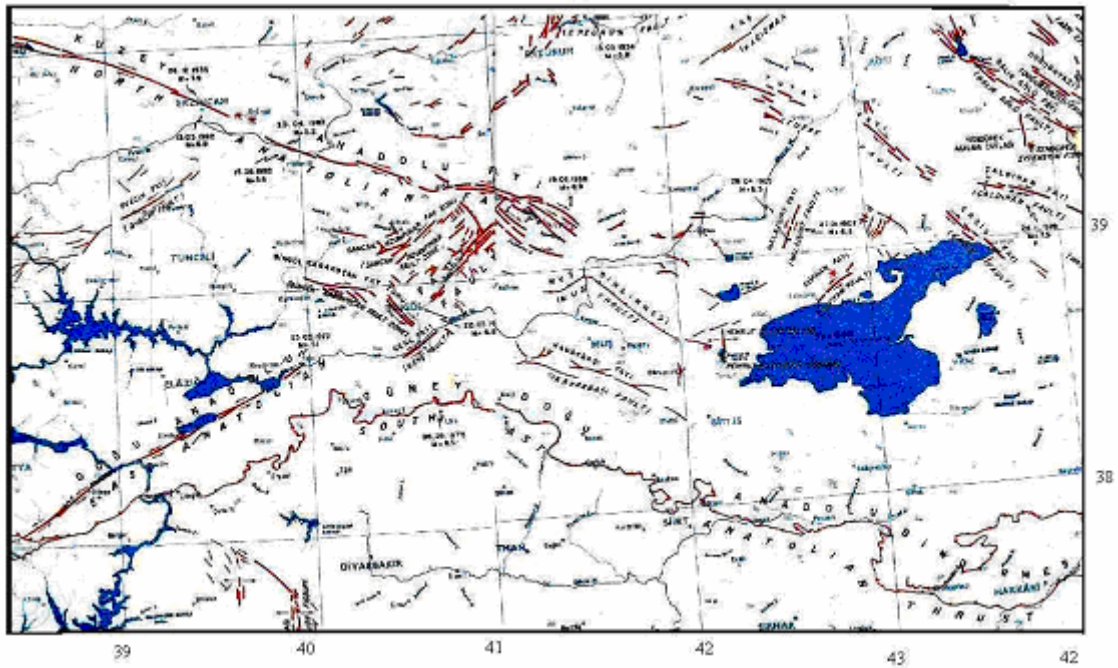
#### 2.6.2.15 Herzevil fayı

Kızıl Üzen ovasında (Şekil 2.24) Tüf ve Andezit bölgeleriyle karesel bölgeleri biri birinden ayıran bu fay 4000 sene önce faaliyetten sonra büyüklüğü  $M = 7.3$  derecede hesaplanan, Haziran 1990 depremiyle bölgeyi enkaza çevirdi. Bölgede büyük tahribata yol açan bu deprem Azerbaycan'ın en büyük depremlerinden biri sayılmaktadır.



Şekil 2.24 Herzevil fayı

## 2.7 Doğu Anadolu Sismotektoniği.



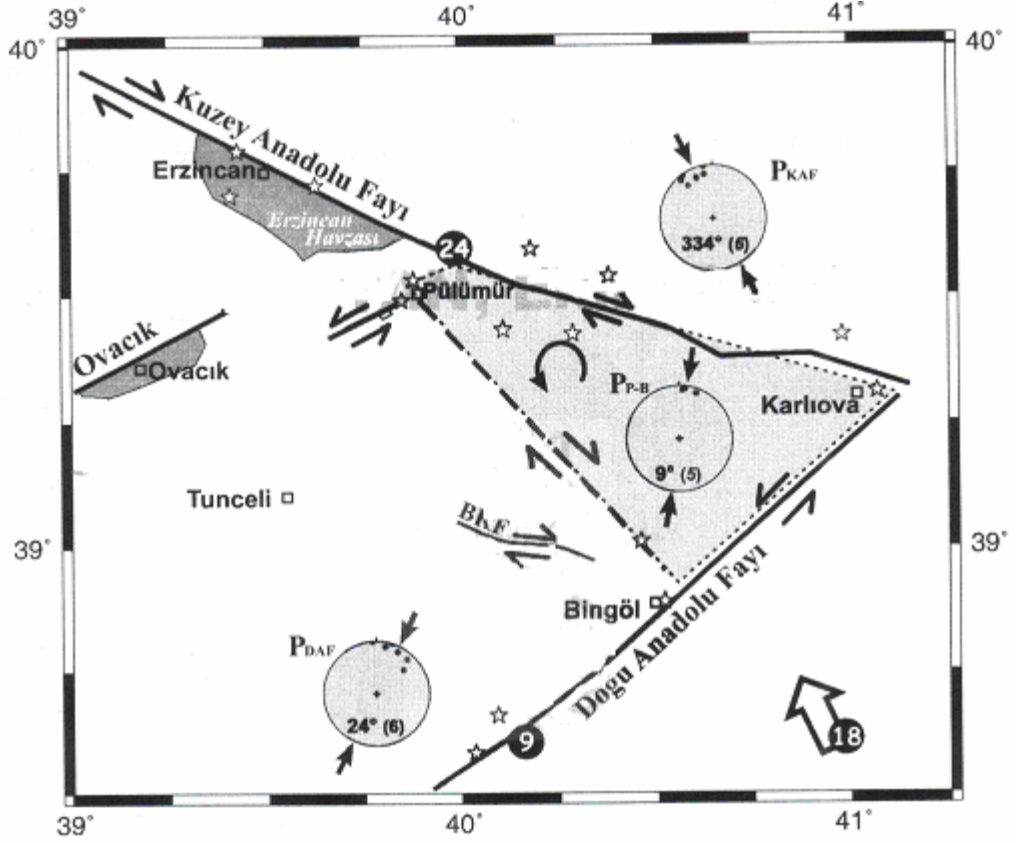
Şekil 2.25 Türkiye fay haritası ve depremselliği (MTA 1992)

Güncel sismisite haritası doğu Anadoludaki aktif fayları açıkça göstermektedir ( Şekil 2.25). Anadolu'da iki önemli fay (kuzey Anadolu Fayı ve Doğu Anadolu Fayı) üzerindeki depremler dar bir zon boyunca guruplaşmaktadır. Ancak Kuzey Anadolu Fayı üzerinde , Doğu Anadolu Fayı'nıdaki kadar yoğun sismisite gözlenmemektedir. Çünkü Kuzey Anadolu Fayı'nı oluşturan büyük ölçekli fay zonlarının hareket edebilmesi için daha fazla enerji birikimi ve bunu izleyen enerji boşalımı enerji boşalımı gerekmektedir (Tan 2005). Bu iki fayın Karlıova birleşmesi aktivitenin de artmasına neden olur. ISC verilerinde Erzincan- Karlıova arasındaki aktivitenin güneydoğuya doğru uzana fay parçaları üzerinde de devam ettiği çok açık şekilde görülmektedir ve bu aktivite Türkeli (2003) tarafından verilen kasım 1999- Ağustos 2001 Aralığındaki deprem dağılımı ile uyumludur. Van gölünün güneyinde de bir kümeleşme dikkat çekmektedir. Ovacık ve Maltaya fayları üzerinde önemli bir aktivite gözlenmektedir. Kuzey Doğu Anadolu Fayı üzerindeki depremlerin çoğunluğu Erzurum ve civarında meydana gelmektedir. Daha geniş bir alana yayılmış depremler Zagros Bindirme Kuşağı ve onu sınırlayan güncel ana Fay üzerinde meydana gelmektedir. Taymaz ve diğ (1991) Doğu Anadolu fay zonu üzerinde sadece sol yönlü doğrultu atımlı faylanma olmadığını mekanizma çözümlerinin çok daha karmaşık faylanmalar gösterdiğini belirtmiştir. Özellikle 14 Haziran 1964 Malatya ( $M_w = 5.8$ ) ve 5 Mayıs 1968 ( $M_w = 6.0$ ) ve 6 Haziran 1986 ( $M_w = 5.9$ ) Doğanşehir depremleri bindirme bileşenleri yüksek sağ yanal atımlı faylanma mekanizmaları göstermektedir. Ancak son dönemde Pötürge civari depremleri (1998 ve 2003) depremleri DAF'ın yapısına uygun olarak sol yanal atım özelliği taşımaktadır. Fay zonu üzerindeki yakın tarihli depremlerin odak mekanizması çözümleri Taymaz ve diğ. (1991) tarafından öne sürülen farklı faylanma özelliğini desteklemektedir. Buna ilave olarak Bingöl'den sonra bindirme bileşenleri çok olan faylanmalar göstermektedir. Bunun nedenin Doğu Anadolu Fay Zonu , Doğu Anadolu fay üzerindeki depremlerin oluşmasına etkisi Pötürge'den kuzeydoğuya doğru azalmaktadır. Bindirme üzerindeki en önemli deprem de 6 Eylül 1975 ( $M_w = 6.6$ ) Lice depremidir. Ters faylanma mekanizması gösteren Lice depremi yaklaşık 30% kadar sol yanal atım bileşeni içermektedir.

Karlıova üçlü bileşmesinden güneydoğuda Van gölüne doğru uzanan bir zon boyunca dakarakteristik mekanizma çözümleri göze çarpmaktadır. Van gölü yakınlarında sağ yanal atım bileşeni baskınlığını yitirmiş sıkışma bileşeni mevcuttur. Ancak Çaldıran fayı üzerinde KAF'dakine benzer şekilde baskın sağ yönlü doğrultu atımlı hareket vardır. 24 Kasım 1976 Çaldıran depremi ise bu özelliklere sahiptir.

Tarihsel büyük depremleri ve güncel orta büyüklükteki depremleri göz önünde tutarsak Van gölünün güney kısmında önümüzdeki dönemde büyük bir deprem meydana gelebilir. Pülmür- Bingöl – Karlıova üçgeni içindeki odak mekanizması çözümleri, arazi gözlemleri ve GPS sonuçları KAF ve DAF'ın zonlarının arasında kalan bu bölgenin batıya hareket ettiğini göstermektedir (Tan 2005) .Ancak bölgenin kendi içinde deformasyona yönelik herhangi bir sismolojik bir gözlem ağı bulunmadığından detaylı bir bilgi yoktur. Kuzey Anadolu Fayı üzerinde etkin olan sağ yönlü hareketin dışında Pülmür- Bingöl arasında meydana gelen depremlerin gösterdiği faylanma yönelimi yeni bir deformasyon zonu olarak düşünülmektedir. Arasında kalan bölgede aktivite çok azdır.

Bölgede Pn dalgaların hız alınması iki farklı hız sistemi ortaya çıkmıştır. Arap sayfası sınırında  $V = 8.0$  km/s ve Zagros'tan başlayarak Anadoluya kadar uzanan aşağı hızlar  $V < 7.7$  km/s. Al-zaki'ye (2002) göre bu olay muhtemelen Tetis okyanusal sayfanın Avrasya sayfasına dalma batma olayını göstermektedir. Bu aşağı hız verisini Bekler de onaylamıştır.



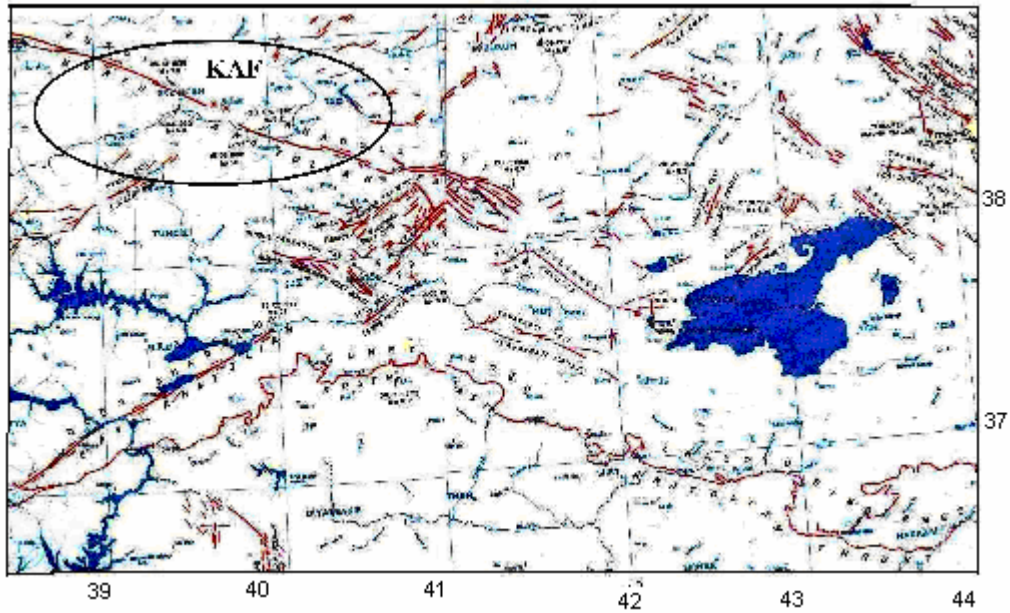
Şekil 2.36 Doğu Anadolu'da fayların bitişme yer haritası (Tan 2005)

Genel olarak Doğu Anadolu tektoniği ve fayları WNW-ESE ve E-W istikametinde gözükmemektedir (Koçyiğit 2001). Doğu Anadolu bölgesi genellikle yanal hareketli faylardan oluşmaktadır. Ayrıca bölgede sönmüş yanardağlar da bulunmaktadır. Yanal faylar genellikle Miocen silleri kesmektedir. Yanal fayların en önemli ve bölgeni etkileyen faylar Doğu Anadolu (DAF) ve Kuzey Anadolu fayı (KAF) olmaktadır. Her iki yaş olarak yaşittılar. Her ikisi Avrasya ve Arap levhaları arasında sıkışmaktan meydana çıkmaktalar (Şekil 2.36 ).

### 2.7.1 Kuzey Anadolu fay zonu

KAFın uzunluğu 1300 km (Şekil 2.37) ,zon enlemi 2-110 km ve hareket hızı 0.5 cm/yıl olarak tahmin edilmektedir (Koçyiğit, 2001). Bu yapı Anadolu nun kuzeydoğusundan güneybatısına kadar oluşan Pambak-gögçe fayları, erivan fayı, Araz fayı, Iğdır fayı,

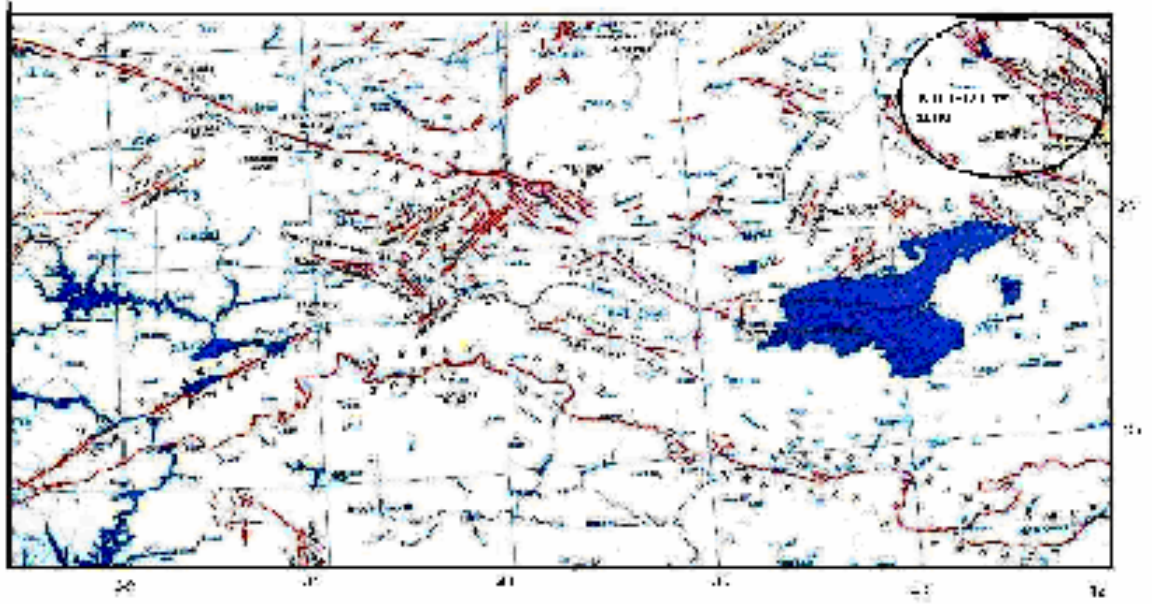
Doğubayazıt fayı, Balıkgölü fayı, Tutak fayı, Karayazı fayı, Çaldıran fayı, Erciş fayı, Hasantimur gölü fayı, Kavakbaşı fayı ve Yüksekova fay zonlarını kapsamaktadır. Bu fay zonları ortalama 20-300 km uzunluğu , bir kaç metreden 10 kme kadar eni ortalama 280-300 derece kuzeybatıda- güneydoğu istikametinde ve morfolojide açıkça gözülerek kapsamaktadır. Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak bu fayın potansiyeli Tocher formülüne göre  $M = 7.5$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.



Şekil 2. 37 Kuzey Anadolu fay hattı

## 2. 7. 2 Kuzeybatı-Güneydoğu Anadolu fay zoneu

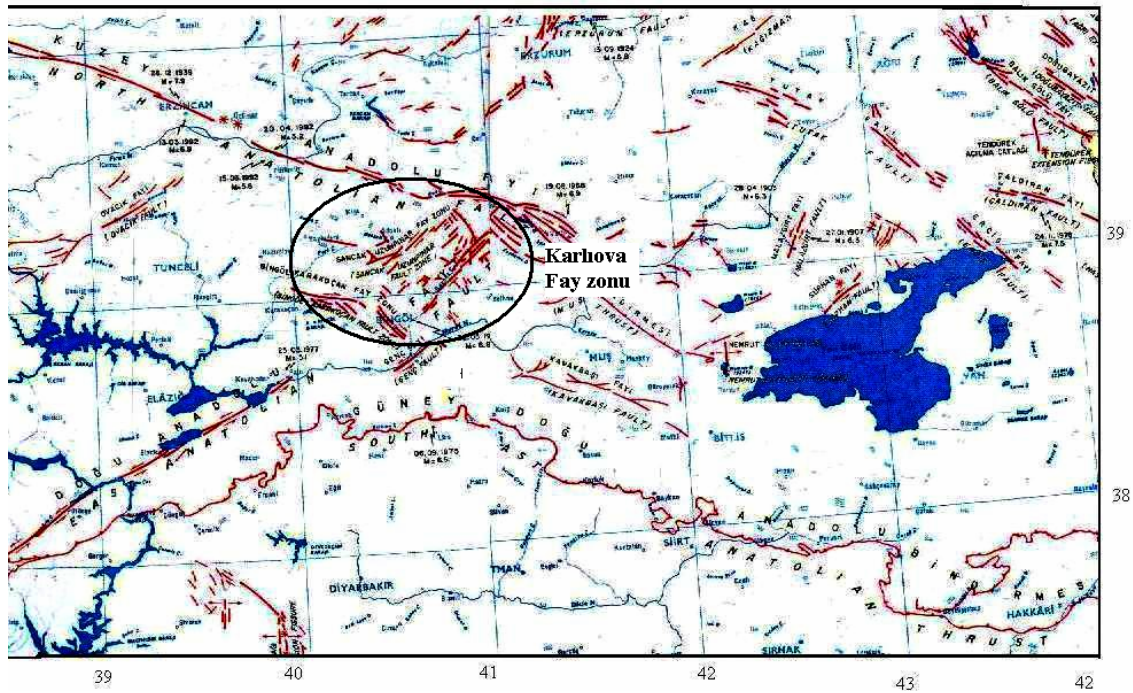
Uzunluğu 300 km, eni 10 km ve KB-GD istikametinde bulunan bu fay yanal hareketli bir aktif fay zonudur (Şekil 2.38). Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak bu fayın potansiyeli Tocher formülüne göre  $M = 7.0$  büyüklüğünde depremin olması beklenmektedir.



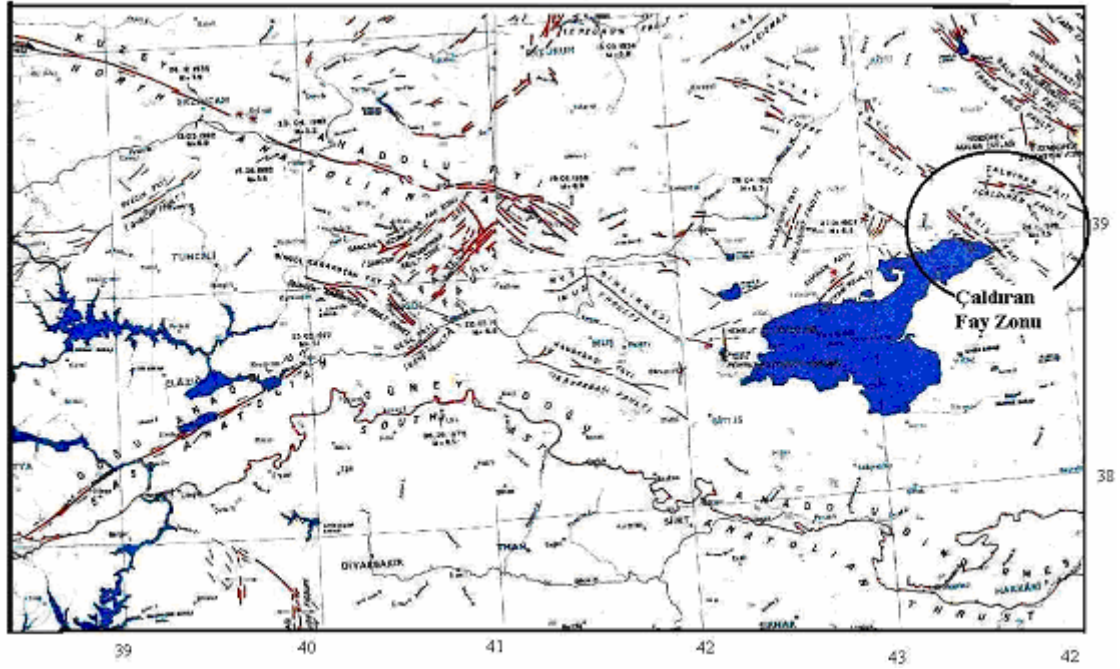
Şekil 2. 38 Kuzeybatı-Güneydoğu Anadolu fay zone

### 2.7. 3 Karlıova fay zone

80 km uzunlukta ve 295 derece istikametinde yanal hareketli bu fay sistemi Doğu Anadolu'nun ortasında bulunmaktadır (Şekil 2.39). Karayazı fayın kuzey bloğu 80 m güney kısmından yüksektedir. Ofiyolitler ve renkli melanjlardan oluşan yukarı kısım yukarı Kretase aşağı blok ise Kuvaterner bazaltik levhalarını ihtiva etmektedir. Karayazı fayı istikametinde bir kaç ırmak cereyan etmektedir. Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak bu fayın potansiyeli Tocher (1985) formülüne göre  $M = 6.9$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.



#### 2. 7. 4 Çaldıran fay zone



Şekil 2.40 Çaldıran fay zonu

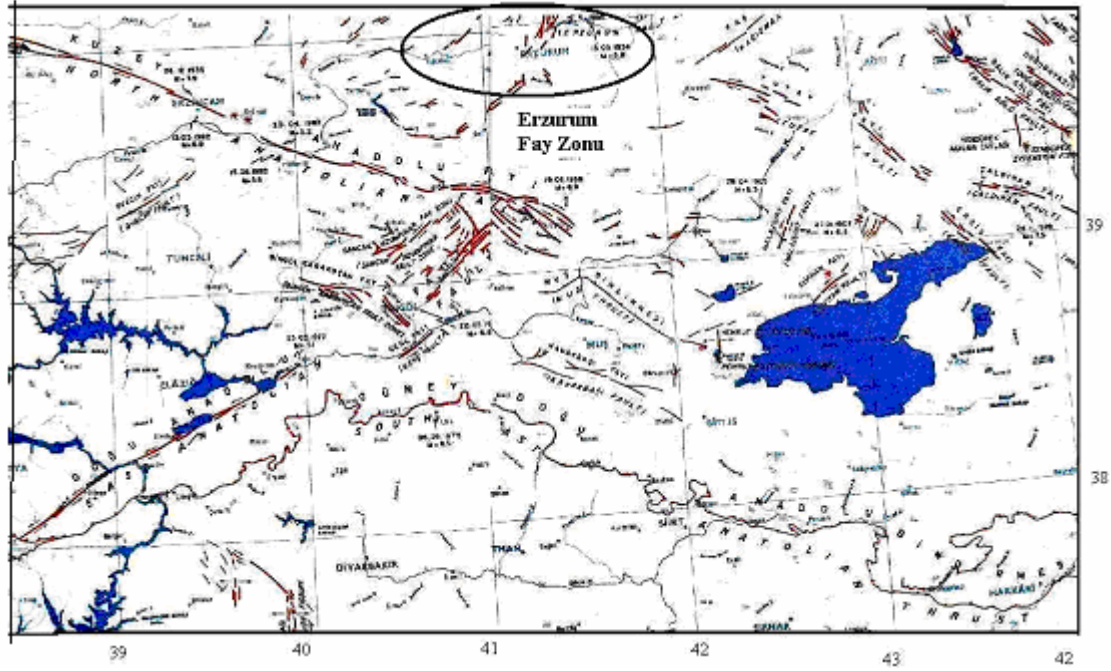
### 2. 7. 5 Doğu Anadolu Fay sistemi

Bu sistem içinde bir kaç yanal hareketli Kafkas ve Erzincan –Van hattı istikametinde güneye doğru bulunmaktadır. Bu fay zonu Plio-Kuvaterner basenlerini keserek KB ( Doğu Anadolu) ve GD ( Doğu Pontidi) ye ulaşmaktadır. Bu faylar yer yüzünden açıkça görünür. İstikameti ise BKB-DGD dır. Kelkit-Çoruh, Akdağ-Çayırılı, Tercan-Aşkale, Dumlupınar, Çoban dede, Horasan, Kağızman, Lenin akan-Digor, Malazgirt, Süphan ve Başkale fay zonları DAF’a aittir. Bu fay zonu uzunluğu 600km, bir kaç metreden 10 kme kadar eni ve istikameti 25-85 derecedir. Bu fay zonu deprem bakımından çok aktiftir. Büyüklüğü 6.8 olarak hesaplanan 30 Ekim 1983 Horasan depremi bu fay zonuna bağlıdır.

### 2. 7. 6 Erzurum fay zonu

Uzunluğu 600 km eni 10 km 45-85 derce istikametinde yanal hareketli fay zonu dur(Şekil 2.41). Pre Oligosen sedimanlarını kesen bu fay Türkiye-Gürcistan sınır

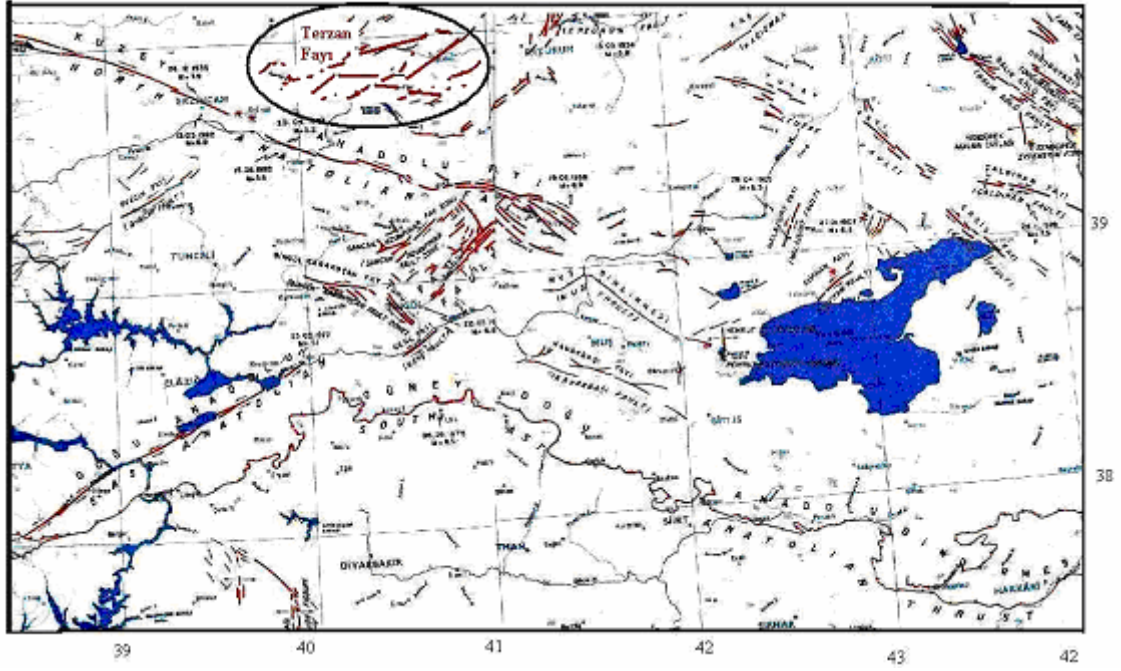
bölgesinde bulunmaktadır. Erzurum’ın 100 km BKB istikametinde bulunan Kelkit çayı bu fay zonunda bulunmaktadır. Bu fayın deprem üretme potansiyeli Tocher (1985) formülüne göre  $M = 7.5$  büyüklüğünde hesaplanmaktadır.



Şekil 2.41 Erzurum fay zone

### 2. 7. 7 Tercan-Aşkale fay zone

Uzunluğu 150 km eni 2-4 km ve 50-60 derece istikametinde bulunan aktif bir zondur(Şekil 2.42). Fay zone Erzurum’un batısında bulunmaktadır. Bu zone bir kaç paralel faydan oluşmakta. Bu fay yukarı Miosen ve Kuvaterner sedimanlarını kesmektedir. 1268,21 kasım 1939 , 18 Ekim 1980 ve 19 Nisan 1983 depremleri bu fayla ilgilidir. Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak bu fayın potansiyeli Tocher formülüne göre  $M= 7.2$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.

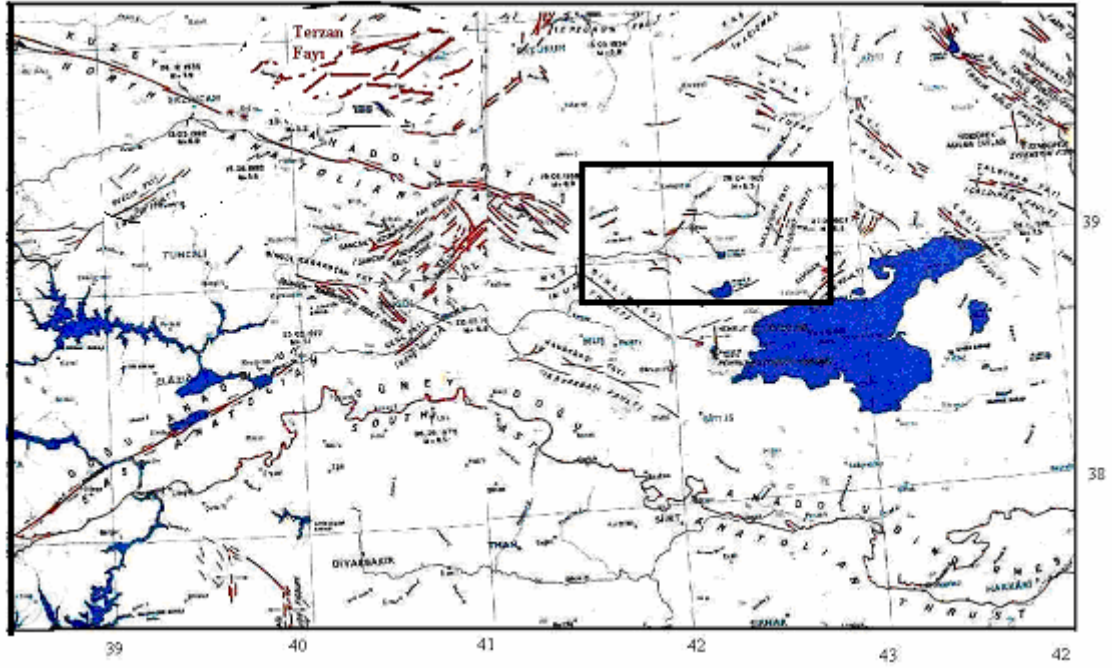


Şekil 2.42 Tercan-Aşkale fay zone

### 2. 7. 8 Dumlu fay zone

350 km uzunluğu, 4-14 km eni ve KD-GB istikametinde olan ve Kafkas ve KAF aralarında bulunmaktadır (Şekil 2.43). Dumlu fay zone iki bölümden kurulmuştur: Erzurum ve Kura bölümleri 3 Ocak 1952 Hasan kale (Erzurum) , 1458,5 Eylül 1660, 2 Aralık 1685, 4 Nisan 1696, 1712, 4 Ekim 1766, Ekim 1769, 18 Ağustos 1784, 1859, 8 Kasım 1901, 8 Aralık 1906 , 15 Nisan 1960, 18 Eylül 1984, 20 Ağustos 1999 depremleri bu fayla bağlıdır.

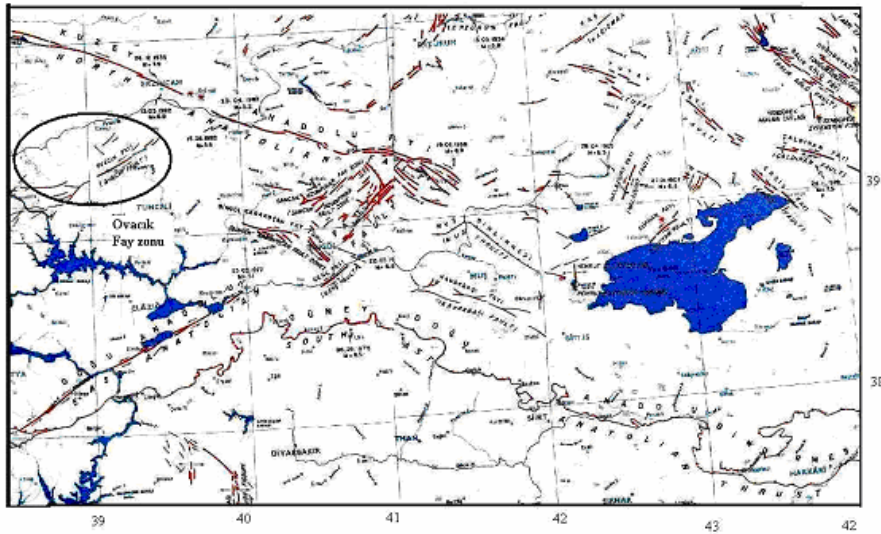
Bu fayın uzunluğuna bakarak fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak bu fayın potansiyeli Tocher formülüne göre  $M = 7.3$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.



Şekil 2.44 Dumlu fay zone

### 2.7.9 Ovacık fay zone

6 km enlikte, 130 km uzunlukta, 030-060 derece istikametinde yanal hareketli bir faydır (Şekil 2.44). 30 Ekim 1983 Horasan depremi bu fayla bağlıdır. Bu fayın en azı 1/3 uzunluğunun hareketini göz önünde bulundurursak Tocher formülüne göre  $M = 7.0$  büyüklüğünde deprem beklenmektedir.



Şekil 2.44 Ovacık fay zone

## 2.8 Azerbaycn'ın Tarihi Depremleri

Milattan 200 yıl önce: Makü kenti yakınlıklarında deprem olup bölge hasara uğradı.

461 M: **Malazgirt: Avagrets** raporuna göre Malzgirt civarı yerle bir olmuş.

634 M: **Tebriz** : Büyüklüğü 6 dan fazla olan bir deprem Tebriz kentini yerle bir etti.

Bu deprem tarihte saptanmış Tebrizi yerle bir eden ilk depremdir.

694 M: **Tebriz**: Tarihi kaynaklara göre bu sene Tebriz'de büyük deprem oldu. 634. yılın depremine yakın olduğu için şiddetinin büyük olamadığını düşünüyoruz.

735 M: **Zengezor**: Büyüklüğü yaklaşık  $M= 6.5$  tahmin edilen (Ambersyes 1982) bir deprem Arpaçayı vadisini yerle bir edip on binlerce hayatını kaybetti.

746 M: **Tebriz**: Berberian(1975) ın raporuna göre bu sene Tebriz'de bir deprem oldu. Onun şoku 694. yılın depremi gibiymiş.

834 M: **Tebriz: Berberian'ın** kataloğunda sadece bu deprem kaydedilmiş. Daha detaylı bilgiler elde mevcut değil.

849 M: **Tbriz**: sadece Berberian'ın (1975) kataloğunda bu deprem kayd olmuştur.

851 M: **İerevan'ın güneyi**: Nahçıvan'ın kuzeyi ve yerevanın güneyinde bir deprem oldu. Shmite göre bu depremin episnteri 40 ' 12 kuzey ve 44 ' 45 dır. Daha deaylı bilgiler elde mevcut değil.

858 M: **Tebriz**: Abbasiler döneminde baş veren bu olay detaylı olarak tarihçiler tarafından izah edilmiştir. Büyüklüğü  $M= 6.0$  olan bu deprem Tebriz kentini yerle bir etti

(Ambersyes 1982). Berberian (1977) wilson dan nakl ederek bu depremin üst merkezlik ölçülerini 38.08 kuzey ve 46.26 doğu olarak kaydediyor.

858 M: **Aras Nehri; Nahçıvan doğusu**: Berberian Shmitten naklederken 39'9 kuzey ve 44'20 doğuda bir deprem oldu. Bu depremin detaylarından hiç bilgimiz yok.

863 M (Şubat ayı): **Dövin**: Azerbaycan'ın kuzeybatısında yerleşen Dövin kenti bir depremle sarsıldı. Bu deprem sonucu kentin surları ve evleri yıkıldı ve yüzlerce insan hayatını kaybetti. Artçı şoklar üç aya kadar devam etti. Büyüklüğünü M= 5.2 derece kayd eden Berberian (1977) üst merkezin merkezini de aynı yerde kayd ediyor.

868 M: **Tebriz**: detayları pek bilinmeyen bir deprem bu kenti sarsıttı. Bu deprem sadece Berberian (1977) kataloğunda bulunmaktadır.

869 M: **Aras nehri Nahçıvanın güneyi**: üst merkezi 39' 95 kuzey ve 44'20 doğu olan bir deprem oldu. Shmit ve Berberian (1977) bu depremi kataloglarında yer vermişler.

893 M (28 Aralık): **Ağrıdağ, Dövin**: Büyüklüğü M= 6.1 derece kaydedilen deprem bölgeyi yerle bir etti. Otuz bin kişi öldü. Beş güne kadar artçı şoklar devam etti. Ambaraseys (1982) bu depremin yerini 863.yılda olan depremin yeriyile aynı biliyor.

893–4 M: **Erdebil kenti**: Erdebilde büyük deprem oldu, kentte büyük hasarlar meydana geldi. Tarihi verilere dayanarak bu depremin büyüklüğü 6 dereceden fazla olmalıdır.

906 M: **Zengezor**: büyüklüğü yaklaşık 6 derece tahmin edilen bir deprem Zengezor mahalının kuzey batısını yerle bir etti. Bu deprem yaklaşık 170 km ye kadar hissedildi.

949 M: **Tebriz**: Berberian (1975) raporuna göre bir deprem Tebriz kentini sarsıttı. Bu depemin detaylarından habersiziz.

1020 M: **Tebriz**: Berberian (1975) raporuna göre bir deprem Tebriz kentini sarsıttı. Bu depremin detaylarından detaylı bilgimiz yoktur.

1041 M: **Tebriz**: Berberian (1975) raporuna göre bir deprem Tebriz kentini sarsıttı. Tarihi kaynaklara göre bu depremde yaklaşık 5 bin kişi öldü.

1042 M (4 Ekim): **Tebriz**: tarihte misli görünmeyen deprem Azerbaycan'ın tarihi başkenti Tebrizi yerle bir etti. Ölenler sayısı hakkında tarihçilerin çeşitli fikirleri vardır. Yalnız ölenlerin sayılarının çok olması depremin şiddetli olduğuna bir tanıktır. Büyüklüğü 7.6 dan fazla olan bu depremin üst merkezi 38.1 kuzey ve 46.3 doğu olarak kaydedilmektedir (Ambaraseys 1982).

1135 M (25 Haziran): **Serdeşt**: Büyüklüğü  $M=6.1$  tahmin edilen bir deprem Serdeşt ve onun batı bölgelerini yerle bir etti. Ölülerin sayısından haberli değiliz ama tarihi kaynaklara göre bu deprem Bağdata kadar hiss edilmiştir.

1135 M (11 Ağustos): **Serdeşt**: Büyüklüğü  $M = 6.4$  tahmin edilen bir deprem Serdeşt ve onun batı bölgelerini yerle bir etti. Ambaraseys (1982) onun hissedilen mesafeyi 300 km ve merkezini 36.1 kuzey ve 45.9 doğu olarak tespit etmiştir.

1139 M: **Gence**: Azerbaycan'ın büyük şairi Genceli Nizminin yazdığına göre on binlerce insanın ölümüne sebep olan bir deprem bu kentini viran etti.

1273 M (18 Ocak): **Tebriz**: Elhaniler dönemi meydana gelen bir deprem Tebrizi yerle bir etti. Tarihi kaynaklarına göre bu depremde sadece 250 kişi öldü. Çeşitli kaynaklar bu depremi onaylamışlardı. Bu depremin artçı şokları 4 aya kadar devam etmiştir.

1275 M: **Azerbaycan**: bir tarihi kaynağa göre Azerbaycan'da deprem oldu. Bu depremin detayları belli değil.

1304 M: **Serab, Karadağ**: Ambaraseys'e (1982) göre büyüklüğü  $M=6.7$  tahmin edilen bir deprem Serab ve onun dağlık bölgelerini yerle bir etti. Tarihi kaynaklar bu depremi çok detaylı olarak anlatmaktalar. Bu depremin artçı şokları aylar sonra devam etti.

1305 M: (16 Nisan): **Azerbaycan**: tarihi kaynaklarına göre şiddetli bir deprem Azerbaycanı sarsıttı. Kaynaklar bu depremin çok ciddi olmadığından bahis yazdılar.

1308 M: **Zengezor**: Berberian (1977) Shmit'ten nakl ederken Aras nehri kuzeyinde bir depremin olmasını kayd etmiştir. Bu depremin detaylarından habersiziz.

1314 M: **Tebriz**: Tebizde şiddeti bilinmeyen bir depremle sarsıldı.

1319 M: **Makü**: karaeyni bölgesi: Büyüklüğü  $M=5.3$  derece tahmin edilen bir deprem Makü bölgesini salladı. Bu depremde yaklaşık 75 kişi öldü. Büyüklüğü hakkında farklı bilim insanları farklı rakamlar önermişler.

1320 M: **Kars**: Büyüklüğü  $M=5.9$  olan deprem kars bölgesini salladı. Yüzlerce insanın helak olmasına sebep olan bu deprem 100 km mesafeden hissedilmiştir.

1345 M: **Malazgirt**: Malazgirt'te olan fakat Azerbaycan'da da hissedilen bir depremin Azerbaycan'ın batı bölgeleri ve Anadolu'nu doğusunu salladı.

1406 M (29 Kasım ): **Zengezor**: Ambaraseys'e (1982) göre bir deprem bölgeyi salladı. Fazla bilgi elde bulunmuyor.

1436 M: **Azerbaycan**: bir deprem Azerbaycanı salladı. Bu depremin detaylarından habersiziz.

1441 M: **Tebriz**: tarihi kaynaklarına göre Tebriz sallandı. üst merkezi Van ola bilir.

1459 M: **Tebriz**: Tebriz’de deprem oldu. Bu depremler Tebriz’de ki etraf dağlarda heylana sebep oldu.

1503 M: **Güneydoğu Anadolu**: büyüklüğü yaklaşık  $M= 6.9$  derece olan bir deprem güneydoğu Anadolu’yu salladı. Bu deprem Salmas; Tebriz ve Musula kadar hissoldu. Hissedilen bölge radyalı yaklaşık 450 km tahmin edilmektedir.

1527 M: **Musul**: Berberian'ın raporuna göre Tebriz’deki depremde kırk bin kişi öldü. Bu deprem başka kaynaklarda görülmemektedir.

1550 M: **Tebriz**: üst merkezi 36.8 kuzey ve 46 doğu tahmin edilen bir deprem Tebriz ve onun etraf kentlerini yerle bir etti. Bu depremin artçı şokları 6 güne kadar devam ediyordu.

1567 M: **Karadağ**: üst merkezi 39 kuzey ve 47.2 doğu tahmin edilen bir deprem karadağ ve onun etraf kentlerini yerle bir etti. Tarihi kaynaklar taştan yapılmış kalelerin viran olmasından bahis etmişler.

1572 M: **Tebriz**: Eprikian ve Ajemian raporlarına göre Tebriz’de deprem oldu. Bu depremlerin detaylı bilgilerden habersiziz.

1593 M: **Serab**: Büyüklüğü  $M= 6.1$  olan ve 18 km’ye kadar hissedilen bir deprem Serab ve etraf bölgelerini yerle bir etti.

1621 (21 Mayıs) M: **Miyana**: şiddeti  $I= V$ ; MMI mıkıyasında olan bir deprem Miyana bölgesini yerle bir etti (Ambersyes 1982).

1622 M: **Makü**: Makü bölgesinde deprem oldu (Ambersyes 1982).

1633 M: **Tebriz**: Tebriz’de deprem oldu.

1640 M: **Tebriz: tarihi** kaynaklara göre Tebriz sallandı.

1641M: **Tebriz**: 5 Şubatta Tebriz’de bir deprem oldu ve bu kenti yerle bir etti. Büyüklüğü  $M = 6.8$  tahmin edilen bu deprem 200 km uzaklığa kadar hissedildi ve heyelan ve sıvılaşma olayları da bu depremde rapor oldu. Altı aya kadar bu depremin artçı şokları hissedildi. Bu depremde yaklaşık 10 bin kişi öldü.

1648 M (13 Mart): **Van**: Büyüklüğü  $M= 6.5$  olan ve 300 km’ye kadar hissedilen bir deprem van ve etraf bölgelerine hayli hasar verdi (Ambersyes 1982). Bu depremde yaklaşık 4000 kişi öldü. Artçı şoklar 3 aya kadar devam etti.

1649 M: **Tebriz**: Tebriz sallandı (Berberian 1976).

1650 M: **Tebriz**: Tebriz sallandı.

1657 M: **Tebriz: Tebriz** sallandı.

1659 M: **Kara kilise**: Makü kenti güneyinde bir deprem oldu. Bu depremin detaylarından habersiziz.

1664 M: **Tebriz**: şiddetli deprem Tebriz surlarını yıktı. Büyüklüğü  $M= 6.5$  tahmin edilen bu depremin üst merkezi 38.1 kuzey ve 46.3 doğu olarak tespit edilmektedir.

1668 M (7 Haziran): **Tebriz**: Büyüklüğü  $M= 6.5$  tahmin edilen bir deprem Tebrizi titertti. Bu depremi birkaç tarihi bilgiler o sıradan Senioddole (1298 H ) onaylamaktadır.

1669 M (4 Haziran): **İrevan**: Büyüklüğü yaklaşık  $M=6.2$  derece olan bir deprem İrevan kenti ve etraf bölgelerine hasar verdi. 1228 kişi öldü ve deprem 200 km'ye kadar hissedildi. Bu depremde sivilaşma ve heyelan raporları bulunmaktadır. Yerde oluşan fay ve kırıklıklardan gaz ve su puskururdu. Artçı şoklar 3 aya kadar devam etti. Berberian (1977) Shmit'ten akl ederek bu depremin üst merkezi 40.40 kuzeyi ve 44.50 doğu olarak tespit etmiş.

1696 M (16 Nisan): **Çaldıran, Makü**: büyüklüğü yaklaşık  $M = 6.2$  kaydedilen bir deprem Makü bölgesini yerle bir etti. Makü suru yıkıldı ve 200 km'e kadar hissedildi. Artçı şoklar uzun zaman bölgede hissedildi. bu depremin üst merkezi 39.1 kuzeyi ve 43.9 doğu olarak tespit edilmiştir.

1715 M (8 Mart): **Van'ın güneydoğusu**: büyüklüğü yaklaşık  $M = 6.6$  kaydedilen bir deprem Vanın güneydoğusu ve etraf bölgesini yerle bir etti. Bu depremin hissedilen mesafe 320 km olarak tespit edilmektedir. Van kentinde sadece bir ev yıkıldı ama karahisara çoklu hasarlar verdi. Berberian (1981) bu depremi kotur fayıyla ilgilendirmektedir. Bu fay Türkiye sınırından başlayıp van yakınlıklarına kadar devam etmektedir.

1716 M (23 Ocak): **Aras nehrin kuzeyi, İrevan'ın güneyi**: büyüklüğü yaklaşık  $M = 6.6$  kaydedilen bir deprem Aras nehri kuzeyi, İrevan'ın güneyi yerle bir etti. Ambersyes (1982) bu depremin üst merkezini 40.2 kuzey ve 44.5 doğu olarak tespit etmektedir. Bu depremin hasarlarından bilgimiz yoktur.

1717 M (12 Mart): **Karadağ - Tebriz**: büyüklüğü yaklaşık  $M = 5.9$  kaydedilen bir deprem karadağ - Tebriz bölgesini salladı.

1721 M (26 Nisan): **Tebriz – Bostanava**: Tarihteki Tebriz'in en büyük depremidir. Bu deprem sonucu bu kentin 3/4 kısmı yerle bir oldu. Depremde 60 bin kişiye kadar öldü. Bu deprem 700 km'ye kadar hissedildi yollar kapandı. Bu depremin artçı şokları aylarca devam etti. Çeşitli tarihçiler ve turistler bu depremle olan hatıralarını yazdılar.

1727 M (18 Kasım): **Tebriz**: Bu depremde Tebriz kenti hasar gördü ve yaklaşık 17 bin kişi öldü. Berberian (1977) bu depremin üst merkezini 38 kuzey ve 26.5 doğu olarak tespit etmiştir.

1755 M: **Tebriz**: kuşkulu bir deprem raporu Wilson seyahetnamesinde bulunuyor.

1774 M: Tebriz: Tebriz’de az şiddetli bir deprem oldu.

1780 M: **Tebriz**: büyüklüğü yaklaşık  $M = 7.7$  kaydedilen bir deprem Tebriz kentini yerle bir edip 400 kenti viran etti. Deprem 300 km liğine kadar hissedildi. Bazı pınarlar kurudu bazıları yeniden çağladı. Sıvılaşma olayları görüldü. Çeşitli tarihi kaynaklar detaylı olarak bu deprem hakkında konuştular.

1783 M (13 Ocak): **Ağrı dağı bölgesi**: Ağrı dağı bölgesinde depremler hissedildi.

1786 M (18 Kasım): **Merend**: Bu deprem Merendin güneydoğusu bölgesini yerle bir etti. Büyüklüğü yaklaşık  $M= 6.3$  olan bu deprem Tebriz kentine de hasar verdi. Bu deprem Erzuruma kadar hissedildi. Ölenlerin sayısı dörtbin kişiye kadar kaydedilmektedir.

1787 M: **Tebriz**: Berberian (1975) raporuna göre bu sene Tebriz’de deprem oldu.

1791 M: **Tebriz**: Berberian (1975) raporuna göre bu sene Tebriz’de deprem oldu.

1803 M: **Tebriz**: bu deprem sadece Juber seyahetnamesinde bulunmaktadır.

1808 M (11 Haziran): **Tesuc** : büyüklüğü yaklaşık  $M= 6$  dan fazla tahmin edilen bir deprem Tesuc kentini yerle bir etti. Bu deprem 120 km uzaklığa kadar hissedildi.

1808 M (Haziran): **Hoy**: Hoy’da deprem oldu.

1812 M: **Culfa**: bu sene Culfa kentinde deprem evlere ve yollara hasa verdi ve heyelanlara sebep oldu.

1812 M (14 Mayıs): **Tebriz**: Tebriz’de deprem oldu.

1819 M (29 Ocak): **Tebriz –Tesuc**: Tebriz –Tesuc bölgesinde deprem oldu.

1820 M (Haziran): **Tebriz**: Tebriz bölgesinde deprem oldu.

1823 M (Aralık): **Tebriz**: Tebriz bölgesinde deprem oldu.

1828 M (14–16 Ağoustus): **Karabağ**: karabağ bölgesinde deprem oldu.

1829 M (29 Nisan ): **Hoy**: Hoy bölgesinde deprem oldu.

1831 M: **Tebriz**: **Tebriz** bölgesinde deprem oldu.

1832 (8 Aralık): **Astara**: Astara bölgesinde deprem oldu.

1834 M: **Kars’ın Doğusu**: Bu deprem Tebriz’de de hissedildi.

1837 M (7 Mayıs): **Salmas**: Salmas’ın şekeryazı bölgesinde deprem oldu. Bu deprem Tebriz’de bile hissedildi.

1840 M (22 Ocak): **Astara**: Astrada deprem oldu.

1840 M (2 Haziran): **Makü- Ağrıdağ**: Büyüklüğü yaklaşık  $M= 7.2$  tahmin edilen deprem Makü ve Ağrıdağ bölgesini yerle bir etti. Sıvılaşma olayı da görüldü. Tiflis, Tebriz ve van kentlerinde şiddetle hissedildi.8 aya kadar artçı şoklar devam etti.

1843 M: (18 Nisan): **Hoy**: Büyüklüğü yaklaşık  $M=5.9$  drecede olan deprem Hoy'a hasar verdi ve yaklaşık 1000 kişi öldü. Bu deprem 19 km'ye kadar hissedildi.

1843 den 1857 ye kadar her sene **Tebriz**'de deprem oldu. Bu depremler Rus bilim insanı khanikov tarafından kaydedildi.

1846 M (22 Ocak): **Erdebil**: Erdebil'de deprem oldu.

1857 M: **Tesuc**: Tesuc'da deprem oldu. Ve kentte hayli hasara sebep oldu.

1859 M: **Şamahı**: Şamahı kenti yerle bir oldu.

1862 M (30 Aralık): **Erdebil- Hir**: bir deprem Erdebilin Hir bölgesini yerle bir etti.500 kişi öldü. 5–6 güne kadar yer sallandı.

1870 M (26 Ocak): **Tebriz**: Tebriz'de iki kere deprem oldu.

1872 M: **Azerbaycan: Gence** ve İrevan kentlerinde deprem oldu.

1874 M (28 Haziran): **Tebriz**: Tebriz –Miyana istikametinde deprem oldu.

1879 M (22 Mart): **Miyana**: Miyana'nın kuzeyi ve Serab'ın doğusu: deprem Germri bölgesini yerle bir etti. 1000 kişiden fazla insan öldü. Onlar kadar köy tahrip oldu.

1880 M (4 Haziran): **Gerus bölgesi**: Gerus bölgesinde deprem oldu ve birkaç köy tahrip oldu. Zencan'a kadar bu deprem hissedildi.

1883 M (3 Mayıs): **Tebriz**: Tebriz'de deprem oldu.

1894 M (9 Mayıs): **Tebriz**: Tebriz'de ki deprem hiç hasar vermedi.

1895 M (18 Aralık): **Halhal**: Halhal bölgesi yerle bir oldu.

1896 M (4 Ocak): **Halhal**: Halhal bölgesinde yerleşen Süngür çayı vadisi yerle bir oldu.  
14 Ocaka kadar depremlerin sürekli devam etti.

1896 M:(5 Ocak ): **Hoy**: Hoyda deprem oldu. Yalnız Hoy Hasara uğramadı.

1900M (24 Şubat): **Hoy**: Hoy kentinin güneyinde yerleşen köyler deprem de hasar gördü. Salmas ve ordubadda bu deprem hissedildi.

## 2.10 Azerbaycan'ın Çağdaş Büyük Depremleri ( 1900- 2006)

1902 M (13 Şubat): **Şamahı: büyüklüğü**  $M= 6.0$  olan deprem şamahı'ya ahasar verdi.

1924 M (19 Şubat):**Karadağ**: büyüklüğü  $M= 6.0$  olan deprem şamahı'ya hasar verdi.

1930 M (6 Nisan): **Salmas**: büyüklüğü  $M= 5.5$  olan deprem Salmas'a hasar verdi.

1930 M (7 Nisan): **Salmas**: büyüklüğü  $M= 7.2$  olan deprem Salmsı yerle bir etti.

1931 M (27 Nisan): **Zengezor**: büyüklüğü  $M= 6.5$  olan deprem Zengezora hasar verdi.

1965 M (10 Şubat): **Bostanava- Tebriz**: büyüklüğü  $M= 5.1$  olan deprem Bostanava-Tebriz bölgelerine hasar verdi.

1966 M (20 Mart): **Makü**: büyüklüğü  $M= 6$  dan fazla olan deprem bölgeye hasar verdi.

1968 M (29 Nisan): **Makü**: büyüklüğü  $M= 5.3$  olan deprem Mkar bölgesine hasar verdi.

1970 M (14 Mart): **Hoy**: büyüklüğü  $M= 5.3$  olan deprem bölgeye hasar verdi.

1970 M (4 Ekim): **Pesve**: büyüklüğü  $M= 5.5$  olan deprem bölgeye hasar verdi.

1976 M (24 Kasım): **Çaldıra**: büyüklüğü  $M= 5.5$  olan deprem bölgeye hasar verdi.

1990 M: **Tarım**: büyüklüğü  $M= 7.0$  olan deprem Zencan, Reşt ve Mencil bölgelerine hasar verdi. Yüzlerce köyü yerle bir etti.

1996 M (28 Şuabat): **Edebil**: büyüklüğü  $M= 5.5$  olan deprem bölgeye hasar verdi.

## 2.11 Doğu Anadolu Aletsel Depremleri

Çizelge 2.2 Doğu Anadolu Depremleri

| Sıra | yer                  | Tarih      | Enlem | boylam | derinlik | Ms  | Io   | ölü   |
|------|----------------------|------------|-------|--------|----------|-----|------|-------|
| 1    | Malazgirt            | 28.04.1903 | 39.10 | 42.50  |          | 6.7 | IX   | 2626  |
| 2    | Bingöl               | 15.12.1934 | 38.45 | 40.55  |          | 4.9 |      | 12    |
| 3    | Kars                 | 23.3.1936  | 39.00 | 42.00  | 30       | 4.5 |      |       |
| 4    | Tercan               | 21.11.1939 | 39.82 | 39.71  | 80       | 5.9 |      | 43    |
| 5    | Erzincan             | 26.12.1939 | 39.80 | 39.51  | 20       | 7.9 | X-XI | 32962 |
| 6    | Van-Erciş            | 10.9.1941  | 39.45 | 43.32  | 20       | 5.9 | VIII | 194   |
| 7    | Erzincan             | 12.11.1941 | 39.74 | 39.43  | 70       | 5.9 |      | 15    |
| 8    | Bitlis               | 26.02.1960 | 38.49 | 41.52  | 40       | 4   |      |       |
| 9    | Siirt                | 24.3.1964  | 37.95 | 42.00  |          | 4   |      |       |
| 10   | Bingöl               | 22.5.1971  | 38.45 | 40.52  | 3        | 6.7 | VIII | 878   |
| 11   | Çaldıran             | 24.11.1976 | 39.12 | 44.16  | 10       | 7.2 | IX   | 4     |
| 12   | Muş-<br>Bulanık      | 27.3.1982  | 39.23 | 41.90  | 38       | 5.2 |      |       |
| 13   | Erzincan-<br>Tünceli | 13.3.1992  | 39.68 | 39.56  | 27       | 6.8 | VIII | 653   |
| 14   | Çemişgezek           | 4.12.1905  | 39.00 | 39.00  | 30       | 6.8 |      |       |
| 15   | Pasinler             | 13.9.1924  | 39.96 | 41.94  | 10       | 6.9 |      | 310   |
| 16   | Kars                 | 22.10.1926 | 40.94 | 43.88  | 10       | 5.7 | VIII | 355   |
| 17   | Van                  | 20.11.1945 | 36.63 | 43.33  | 10       | 5.8 |      |       |
| 18   | Iğdır                | 4.9.1962   | 39.96 | 44.13  | 40       | 5.3 |      | 1     |
| 19   | Sarıkamyş            | 22.3.1972  | 40.40 | 42.20  | 2        | 4.7 |      |       |
| 20   | Kars-susuz           | 26.3..1975 | 40.95 | 42.96  | 25       | 5.1 | VI   | 2     |
| 21   | Adahan               | 3.4.1976   | 41.20 | 42.60  |          | 5   |      | 4     |
| 22   | Erzurum-<br>Kars     | 30.10.1983 | 42.20 | 42.10  | 16       | 6.8 | VIII | 4     |
| 23   | Erzurum-<br>Balkaya  | 18.9.1984  | 40.90 | 42.24  | 10       | 5.9 |      | 1155  |
| 24   | Kars-Akyaka          | 7.12.1899  | 40.96 | 44.16  | 5        | 6.9 |      | 4     |

### 3. MATERYALLER VE YÖNTEMLER

İnceleme bölgesinin sismik riski ve karşılaştırması için bu çalışmadaki sismolojik verilerin ve fayların üretebilecek enerjilerin büyük bir kısmı İran Jeoloji örgütü, İran deprem araştırma merkezi, International Seismological Center (ISC) ve Boğaziçi üniversitesi Kandilli Rasathanesi (IK) katalogları ve verileri kullanılmıştır. Bu verilere internet üzerinden ve yayımlanmış kataloglardan tarama yöntemiyle ulaşılmıştır.

En küçük Kareler Yönteminin kullanıldığı Risk Analizi çalışmasında, Magnitud-Frekans ilişkileri gösterir lineer eğriler Curve-Expert hazır programı kullanarak çizdirilmiştir.

#### 3.1 Deprem Riski Analizi

Etkin deprem kuşakları üzerinde kurulmayı planlanan yapıların depreme dayanıklı olarak projelendirilmesi için ((Deprem Risk Analizi)) çalışmasının yapılması gerekmektedir.

##### 3.1.1 Gutenberg- Richter ölçeği

Depremlerin oluş sayıları magnitudün fonksiyonu olarak incelendiğinde genellikle doğrusal bir ilişki olduğu görülür. Magnitud-frekans ilişkisi olarak tanımlanan bu doğrusal ilişki Gutenberg-Richter (1954) tarafından

$$\text{Log}N=a-bM$$

Olarak getirilmiş olup deprem oluşumunun fiziği ile doğrudan ilişkisi olması sebebiyle depremselliğin belirlenmesi çalışmalarında oldukça önemli bir yere sahiptir.

Buradan  $N$  birikimli deprem sayısını,  $M$  magnitudü göstermektedir.  $a$  ve  $b$  ise sabit katsayılardır.  $a$  katsayısı incelenen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem

süresindeki deprem etkinliğine bağlı olarak değişir. **b** katsayısı ise sismotektonik parametredir ve incelenen bölgenin tektonik özelliklerine bağlı değişir. **b** değerindeki değişimler sismotektonik bölgelendirme depremlerin önceden belirlenmesi çalışmalarında kullanılmaktadır. Weeks tarafından kayaçlar üzerinde yapılmış çalışmalar, **b** katsayısının değerinde depremlerden önce azalma kaydedildiğini göstermiştir.

İncelene alan için elde edilen magnitud-frekans bağıntısından faydalanarak gelecekte beklenen deprem oluşumları ve bu depremlerin yapabileceği can ve mal kayıplarını tahmin edilebilir. Bu tahminde depremlerin normal ve yınsal frekanslardan saptanan bağıntılardan yararlanır.

Yığınasal frekansların kullanılması halinde

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

Magnitüd-frekans bağıntısı

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

Şeklinde yazılabilir.

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

Ve

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

Formülü yerine kullanarak belirli yıllar için sismik tehlike değerleri hesaplanabilir. Bunların dönüş periyotları ise

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

Bağıntısından hesaplanabilir.

### 3.2 Fayların Ürettiği Büyüklüğü Hesaplanma Yöntemleri

Fayların kırılmasından oluşan dalga büyüklüğü farklı kişilerden farklı denklemler önerildi:

Ambersyes ve Melvil Ortadoğuya genel olarak bu denklemi önermiştir:

$$\text{Log } L = 0,7 (M_s) - 3,24$$

Bu denklemde L kilometre olarak fayın yarı kırılma uzunluğudur.

1978 de Mohacereşcei başka denklem önerdi:

$$M_s = \text{Log} (L/2) + 5.4$$

$$\text{Log} (L/2) = M_s - 5.4$$

1985 de Novruzi başka denklemler önerdi:

$$M_s = 1.259 - 1.244 \text{ Log} (L)$$

Bu denklemde L metre olarak fayın yarı kırılma uzunluğudur. Biz bu tezde Ambersyes ve Melvil tarafından ileri sürülen denklemi kullandık.

## 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

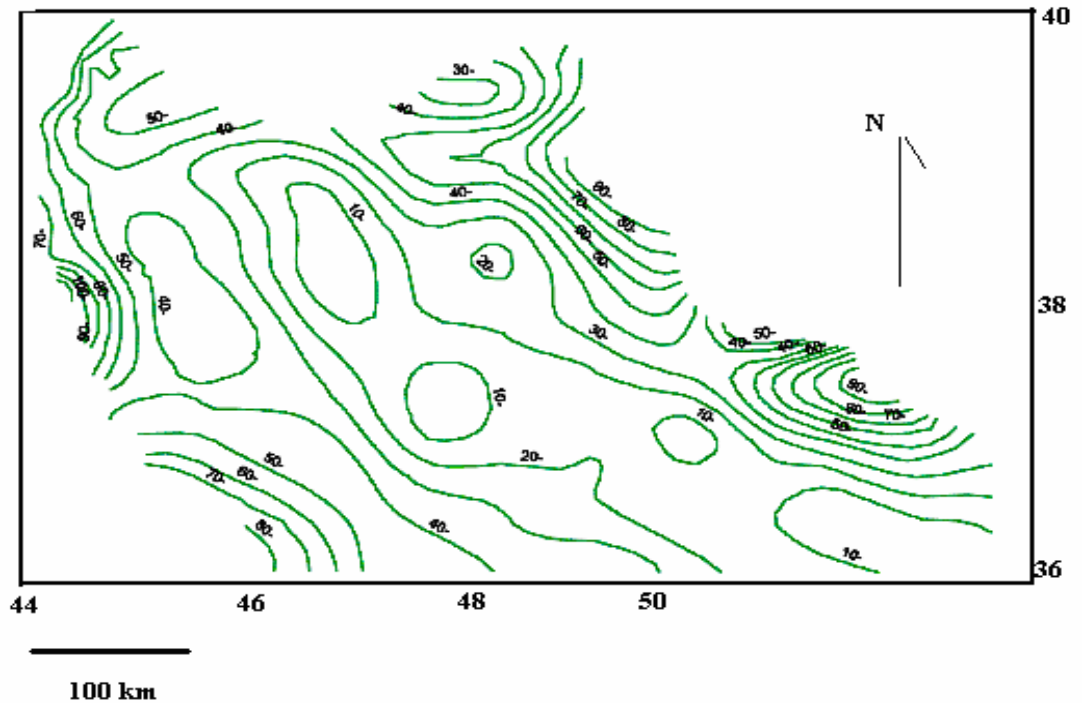
Azerbaycan ve Doğu Anadolu bölgelerinde yaptığımız yeni araştırmalar aşağıdaki konu başlıklarını içermektedir:

- 1- Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk problemi
- 2- Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da deprem derinlikleri
- 3- Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkileri
- 4- Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da fayların deprem üretim kapasitesi

### 4.1 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da Kabuk Kalınlığı

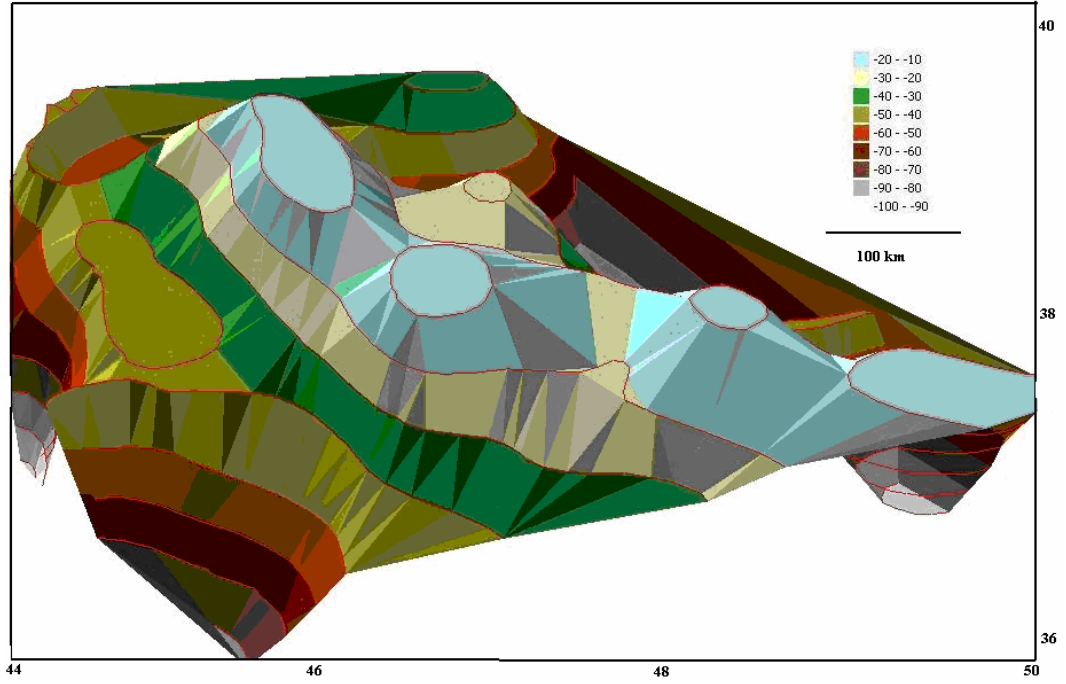
#### 4. 1. 1 Azerbaycan'da kabuk kalınlığı

##### 4. 1. 1. 1 Azerbaycan'da Gravite yöntemiyle kabuk araştırması



Şekil 4.1 Azerbaycan'da gravite yöntemiyle kabuk incelenmesi

Şekil 4.1 de Azerbaycan'da gravite yöntemiyle Kabuk kontürlerini çizilmiştir. Doğudan Azerbaycan'ın ortasına kadar yer kabuğu incelmekte bu nedenle anomaliler yükselmektedir. Orta Azerbaycandan Doğuya gittikçe yüksek Talış ve Alborz dağlarına varana kadar kabuk kalınlığı artmaktadır.

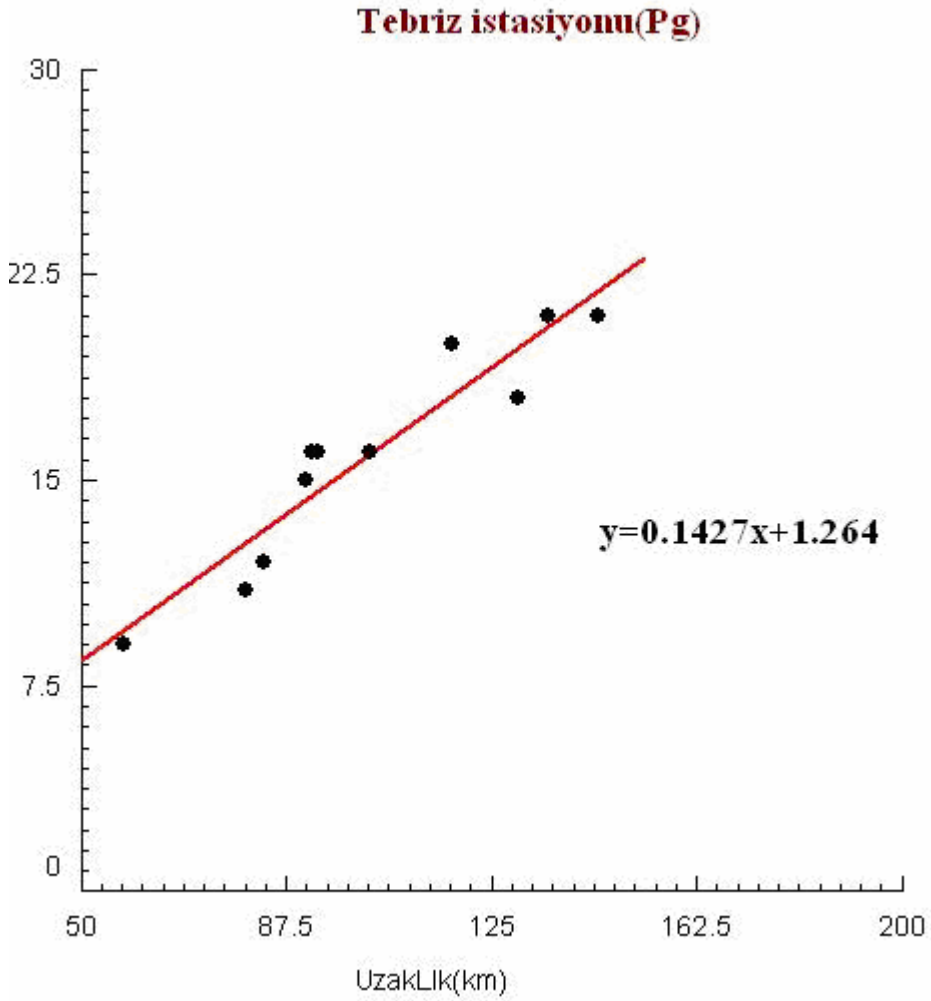


Şekil 4.2 Azerbaycan'da gravite yöntemiyle kabuk kalınlığı

Şekil 4.2 de Azerbaycan'da gravite yöntemiyle Kabuk kalınlığını incelenmiştir. Doğudan Azerbaycan'ın ortasına kadar yer kabuğu incelmekte bu nedenle anomaliler yükselmektedir. Orta Azerbaycandan Doğuya taraf gittikçe yüksek Talış ve Alborz dağlarına varana kadar kabuk kalınlığı atmaktadır.

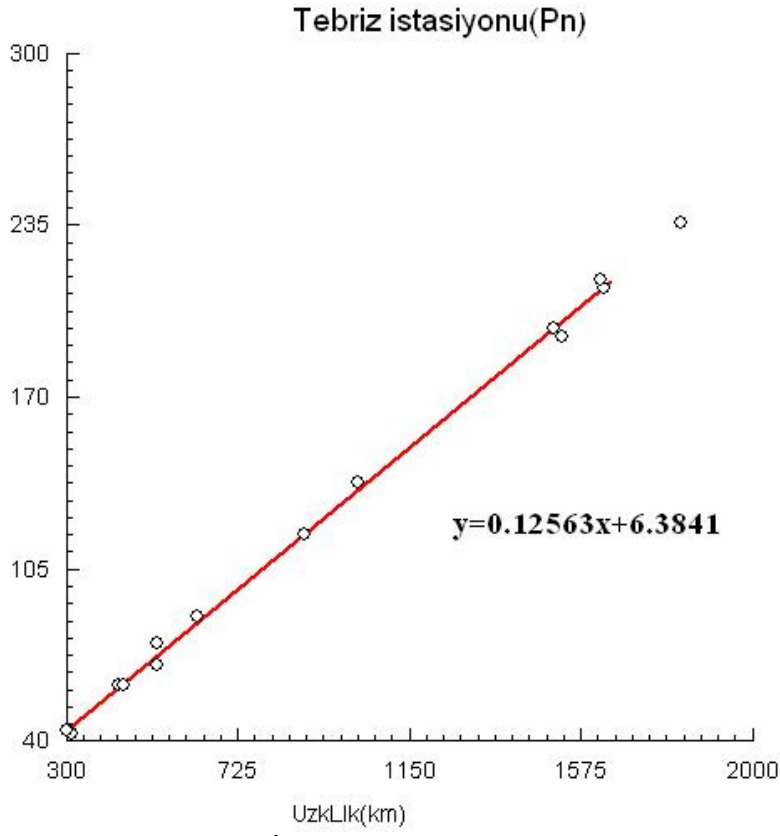
Orta Azerbaycan'daki Urmiye gölü çukur bir ortamda bulunmaktadır. Ayrıca orta Azerbaycan'da bulunan Kuzey Tebriz Fay Zonunun Azerbaycan'ı tektonik ve yapısal olarak ikiye böldüğünü açıkça görülür.

#### 4. 1. 1. 2 Azerbaycan'da sismoloji yöntemiyle kabuk araştırması



Şekil 4.3 Tebriz istasyonunun da kaydedilen Pg uzaklık-zaman ilişkisi

Yukarıdaki bağıntıyı kullanarak Pg hızı 6.25 km/s, kabuk kalınlığı da 30.34 km olarak hesaplanmıştır.

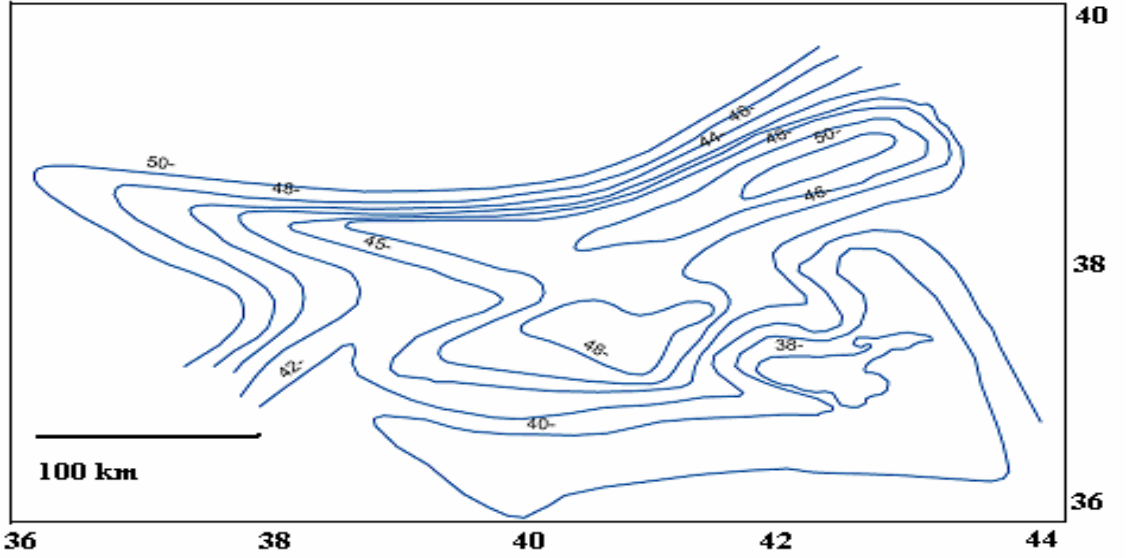


Şekil 4.4 Tebriz İstasyonunda kaydedilen olan Pn Uzaklık-Zaman İlişkisi

Yukarıdaki bağıntıyı kullanarak Pn hızını 5.67 km/s, kabuk kalınlığı ise 30.34 km olarak hesaplanmıştır.

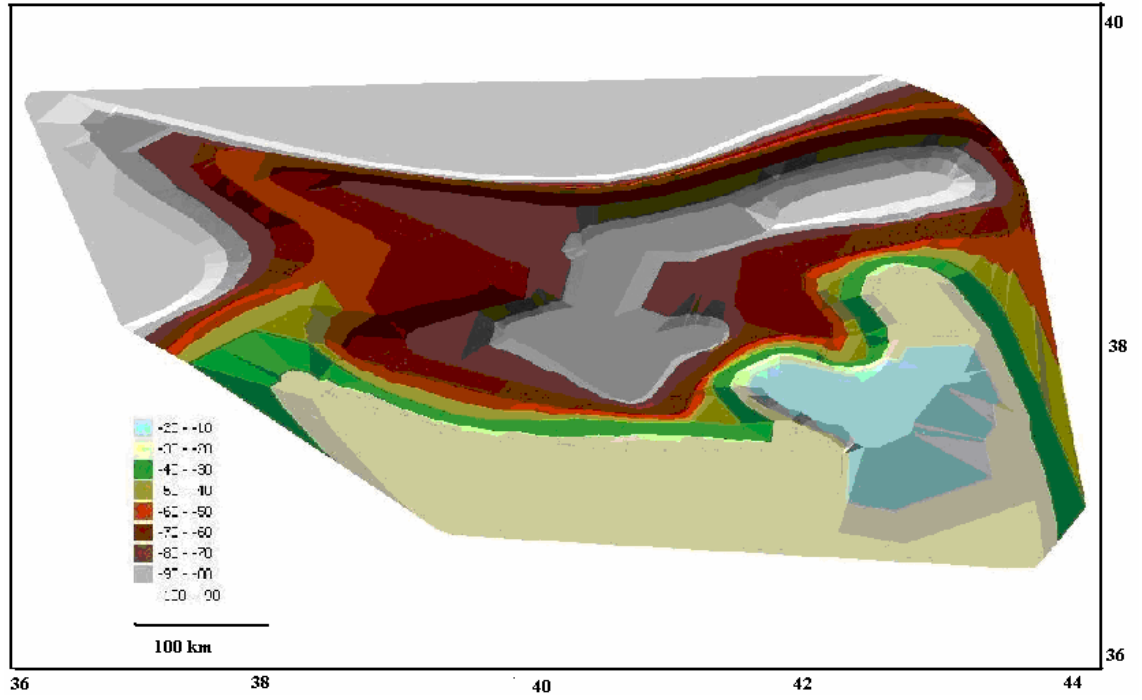
#### 4.1.2 Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı

##### 4.1.2.1 Doğu Anadolu'da gravite yöntemiyle kabuk araştırması



Şekil 4.5 Doğu Anadolu'da gravite yöntemiyle incelenen kabuk kontörleri

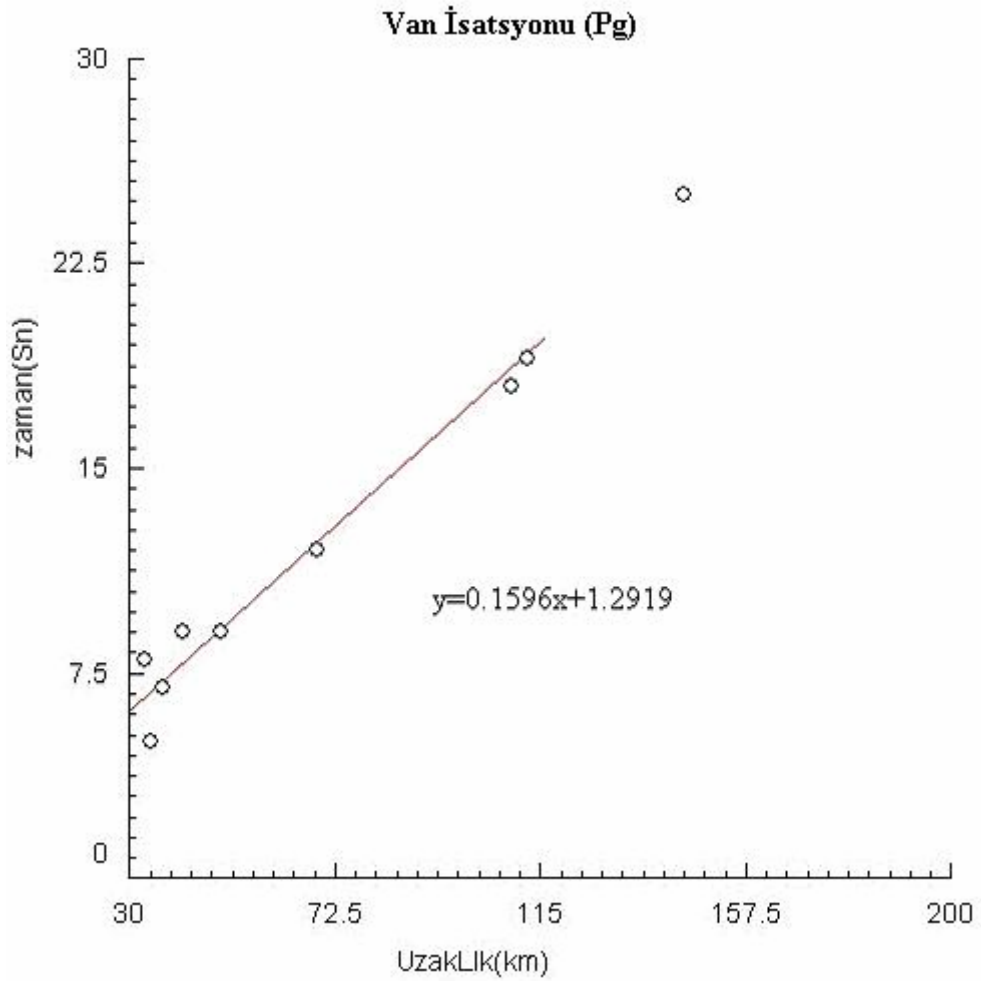
Şekil 4.5 Doğu Anadolu'da Gravite Yöntemiyle incelenen Kabuk Kontörlerini göstermektedir. Bu şekil incelediğinde doğudan batıya ve kuzeybatıya doğru kabuk kalınlıklarının arttığı açıkça görülmektedir. Kabuk kalınlıkları 30 km civarından başlayıp 50 km lere kadar kalınlaşmaktadır.



Şekil 4.6 Doğu Anadolu'da gravite yöntemiyle incelenen kabuk kalınlığı

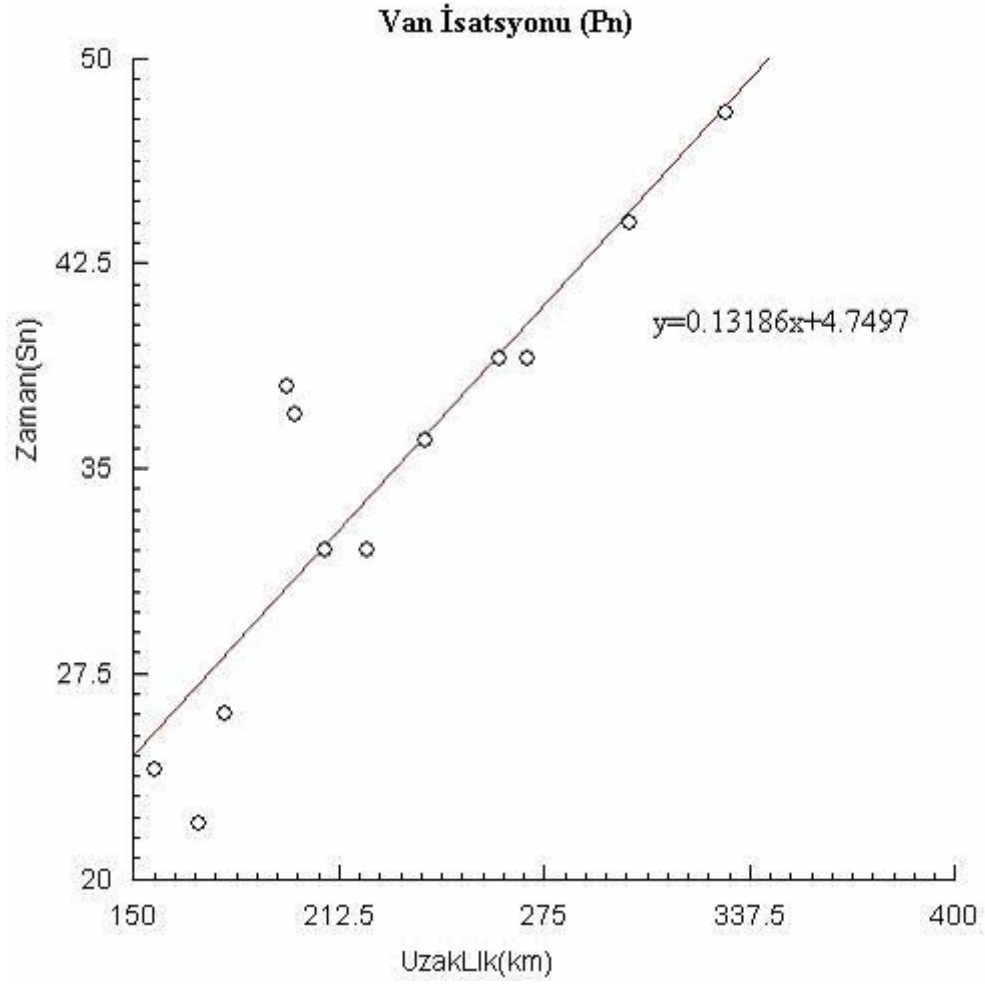
Şekil 4.6 Doğu Anadolu'da Gravite Yöntemiyle incelenen kabuk kalınlığını göstermektedir. Van gölü havzası en düşük kabuk kalınlığına Batı ise en kalın kabuk kalınlığına sahiptir. Bu şekili incelediğimizde doğudan batı ve kuzeybatıya doğru kabuk kalınlıklarının arttığı açıkça görünmektedir. Kabuk kalınlıkları 30 km civarından başlayıp 50 km lere kadar kalınlaşmaktadır.

#### 4.1.2.2 Doğu Anadolu'da sismoloji yöntemiyle kabuk araştırması



Şekil 4.7 Van istasyonunda kaydedilen Pg uzaklık- zaman ilişkileri

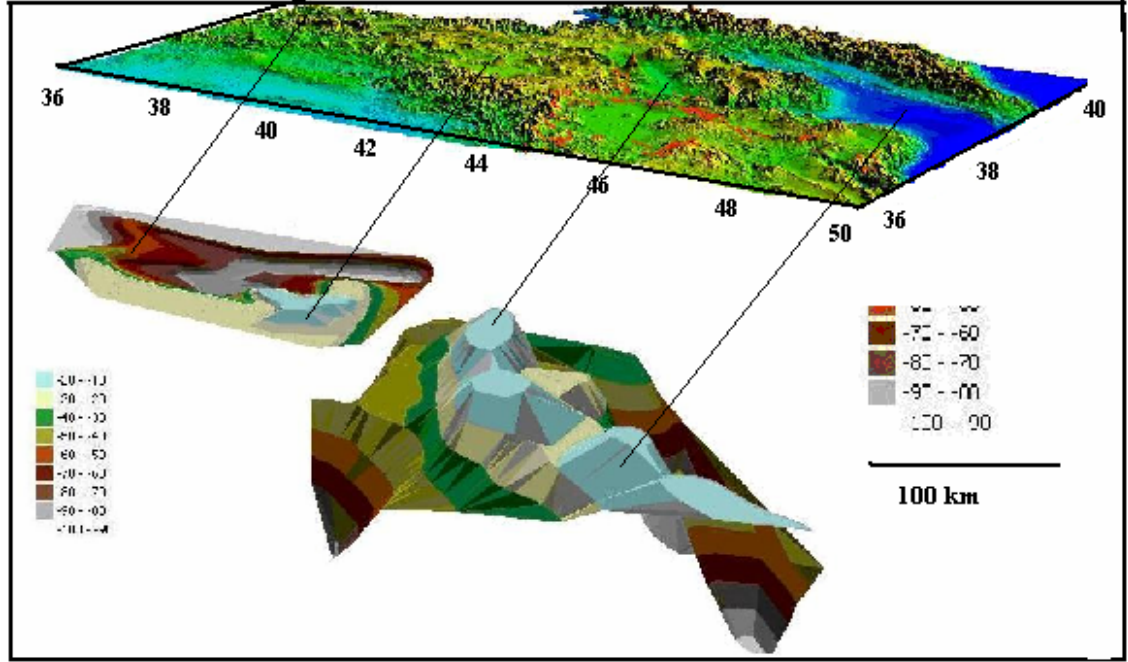
Yukarıdaki bağıntıdan  $P_g$  hızı 7.08 km/s, kabuk kalınlığı ise 25.38 km olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8 Van istasyonunda kaydedilen P<sub>g</sub> uzaklık- zaman ilişkisi

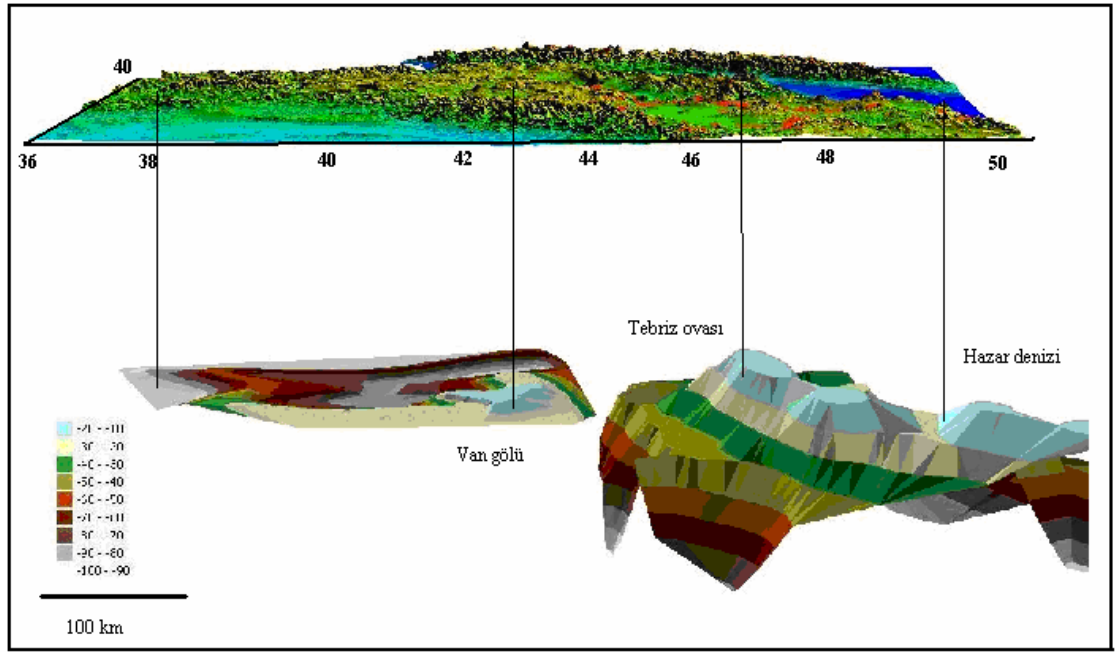
Yukarıdaki bağıntıdan P<sub>n</sub> hızı 6.73 km/s, kabuk kalınlığı ise 25.38 km olarak hesaplanmıştır.

#### 4.1.3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk kalınlığı mukayesesi



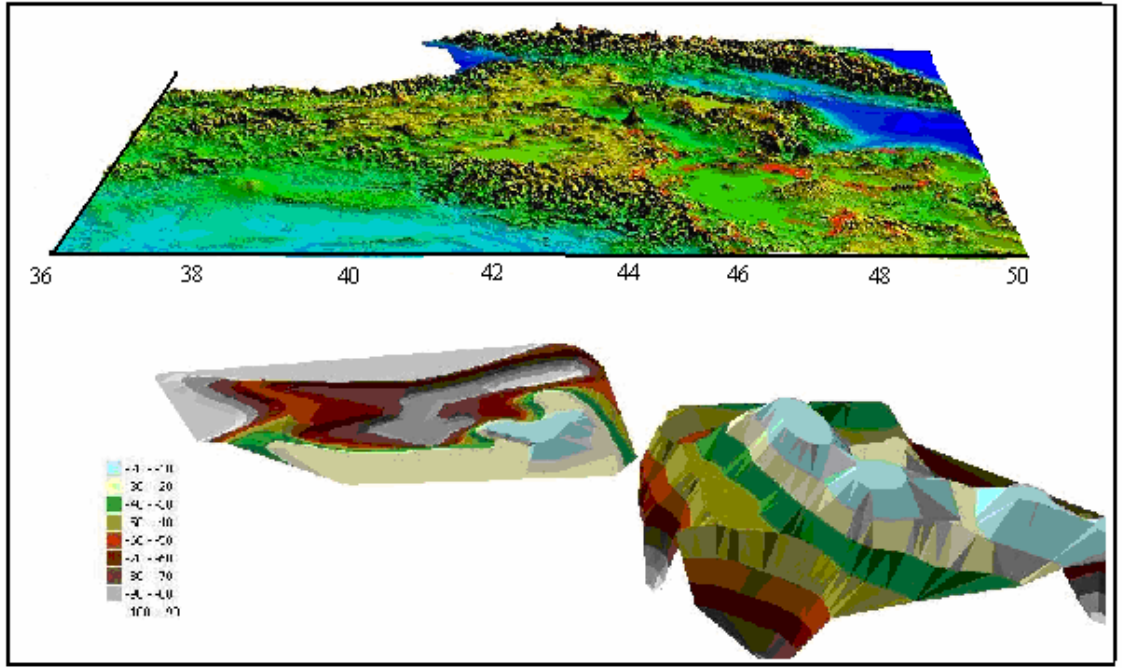
Şekil 4.9 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarının karşılaştırılması

Şekil 4.9 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarını karşılaştırmalı olarak göstermektedir. Azerbaycan bölgesinde ( sağ taraf) kuzey Tebriz Fay zone en düşük kabuk kalınlığına sahipken doğuda ise sadece KAF ve DAF zonlarının bitişmesinin düşük kabuk kalınlığına sahiptir.



Şekil 4.10 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarının karşılaştırılması

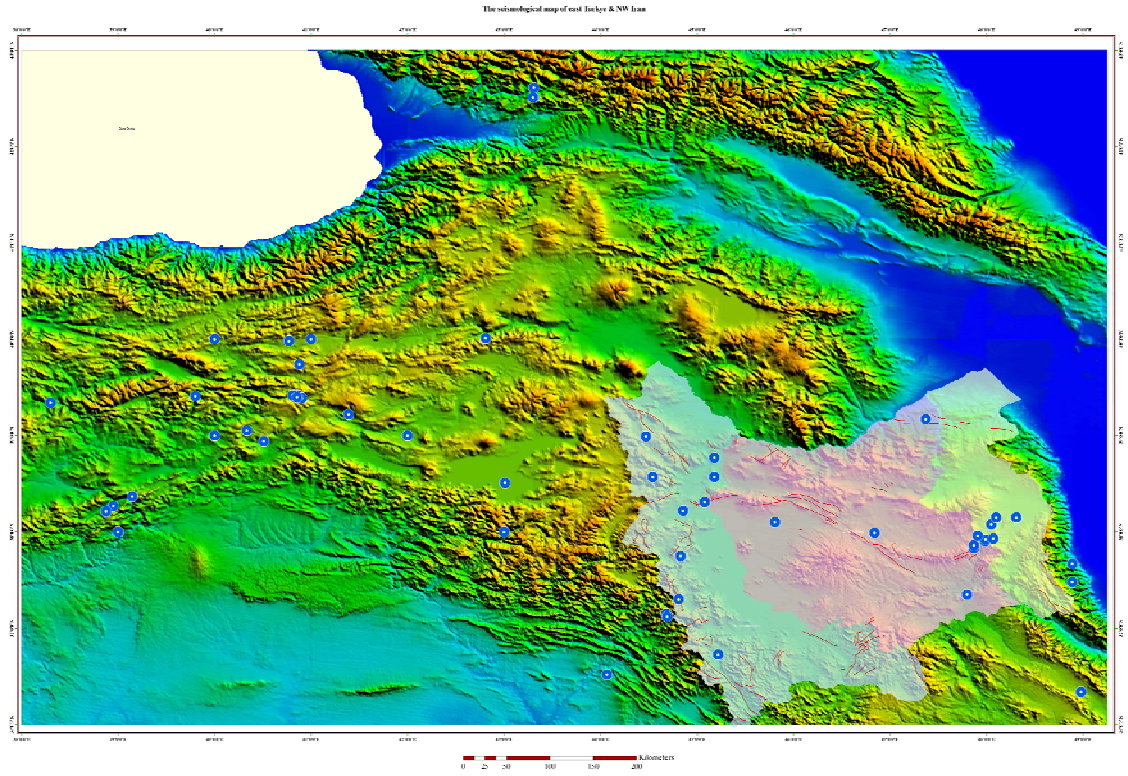
Şekil 4.10 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarının karşılaştırılmasının başka bir açıdan göstermektedir. Azerbaycan bölgesinde (sağ taraf) kuzey Tebriz Fay zonu en düşük kabuk kalınlığına sahipken doğuda ise sadece KAF ve DAF zonlarının sınırı yerleri düşük kabuk kalınlığına sahiptir.



Şekil 4.11 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarının karşılaştırılması

Şekil 4.11 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'ya ait kabuk kalınlıklarının karşılaştırılması başka bir açıdan göstermektedir. Azerbaycan bölgesinde (sağ taraf) Kuzey Tebriz Fay zonu en düşük kabuk kalınlığına sahipken doğuda ise sadece KAF ve DAF zonlarının sınırı düşük kabuk kalınlığında sahiptir. Ayrıca Azerbaycan ve Doğu Anadolu'nun sınır bölgelerindeki verilerin bazen tahmini olması, iki tarafın bilgilerinin okunamamasına neden olmuştur.

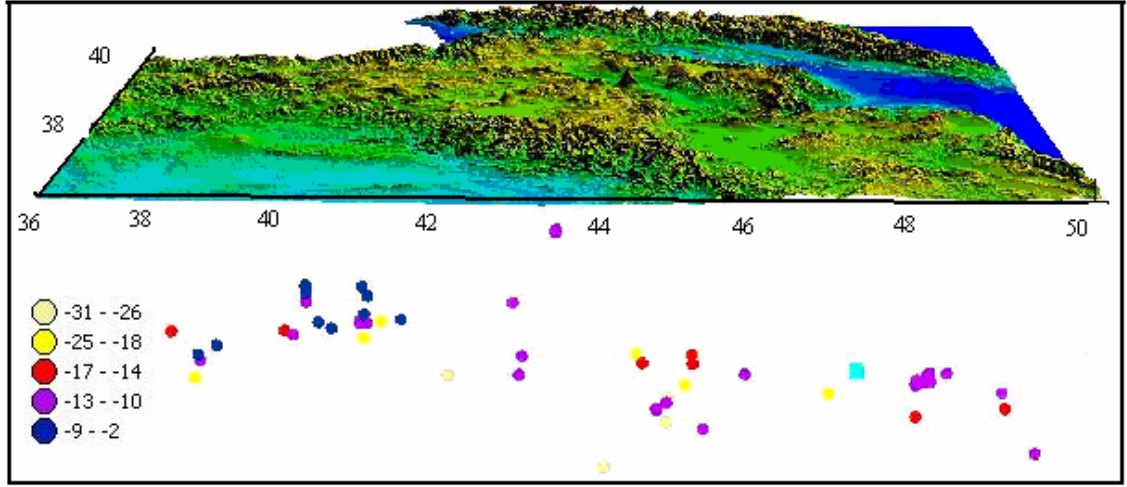
## 4.2 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da deprem derinliği araştırılması



Şekil 4.12 Azerbaycan ve Doğu Anadolu bölgeleri

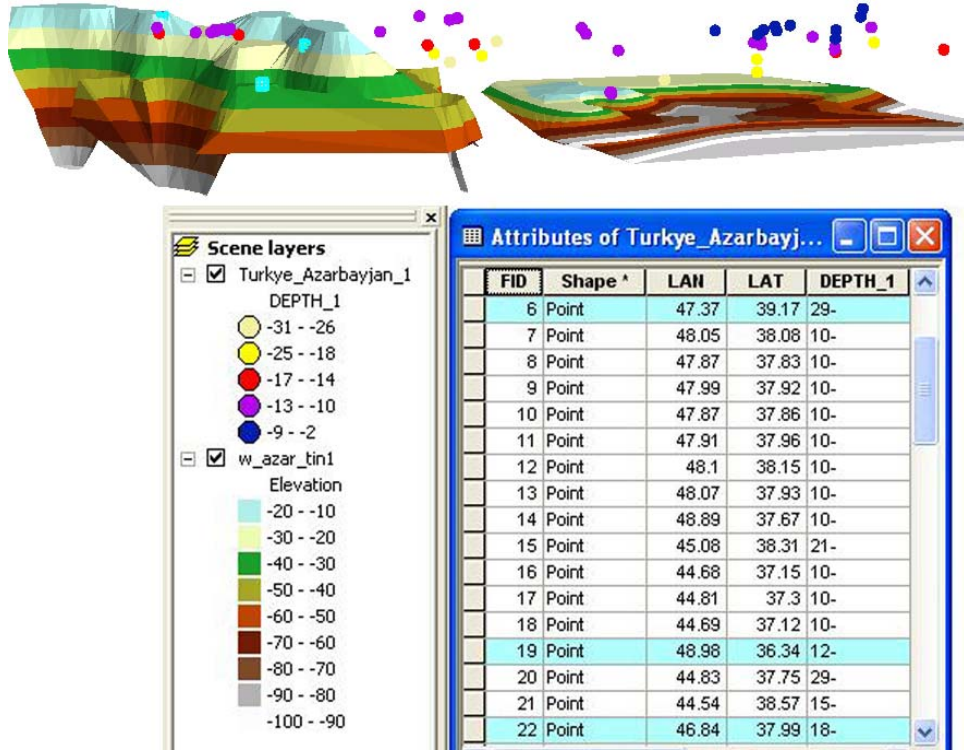
Şekil 4.12 Azerbaycan ve Doğu Anadolu Bölgelerini topografyasını göstermektedir. İran'ın kuzey batısı (Azerbaycan) özellikle başka renkle gösterilmiştir.

#### 4.2.1 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-deprem derinliği araştırması



Şekil 4.13 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-deprem derinliğinin incelenmesi

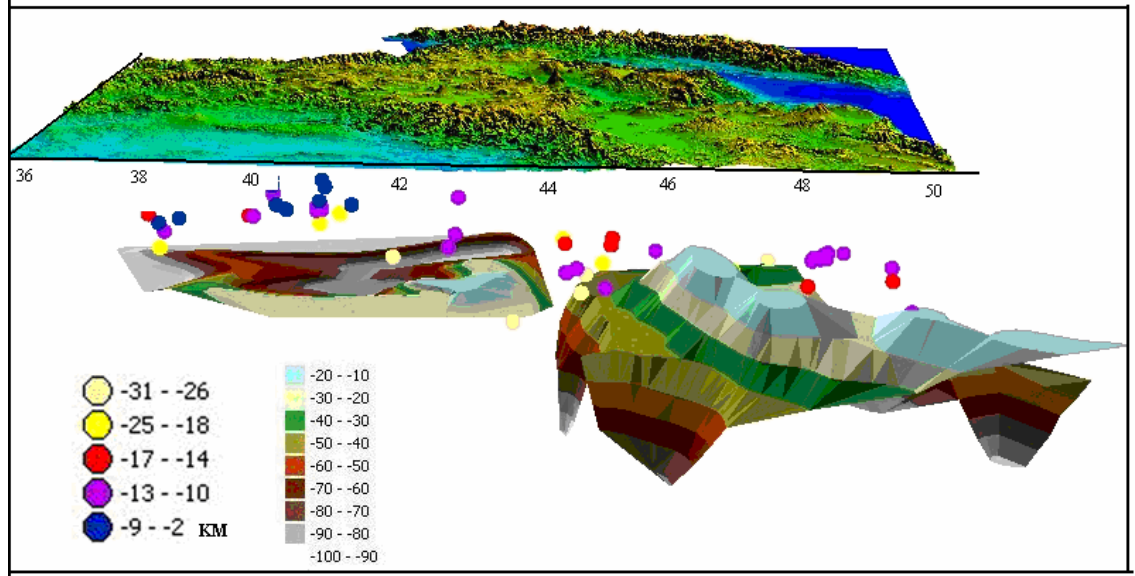
Şekil 4.13 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'daki topografya-deprem derinliğini ilişkisini göstermektedir. Depremlerin magnitüdü 4.5 dan fazladır. Azerbaycan bölgesinde depremlerin genellikle 10–13 km olarak görüldüğü halde, Doğu Anadolu'da bu sayı daha düşük, yani 2–9 km ler arasındadır. Yani Doğu Anadolu depremleri daha sık ölçütlerde yaşanmaktadır.



Şekil 4.14 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'daki kabuk -deprem derinliğinin İncelenmesi ve karşılaştırılması

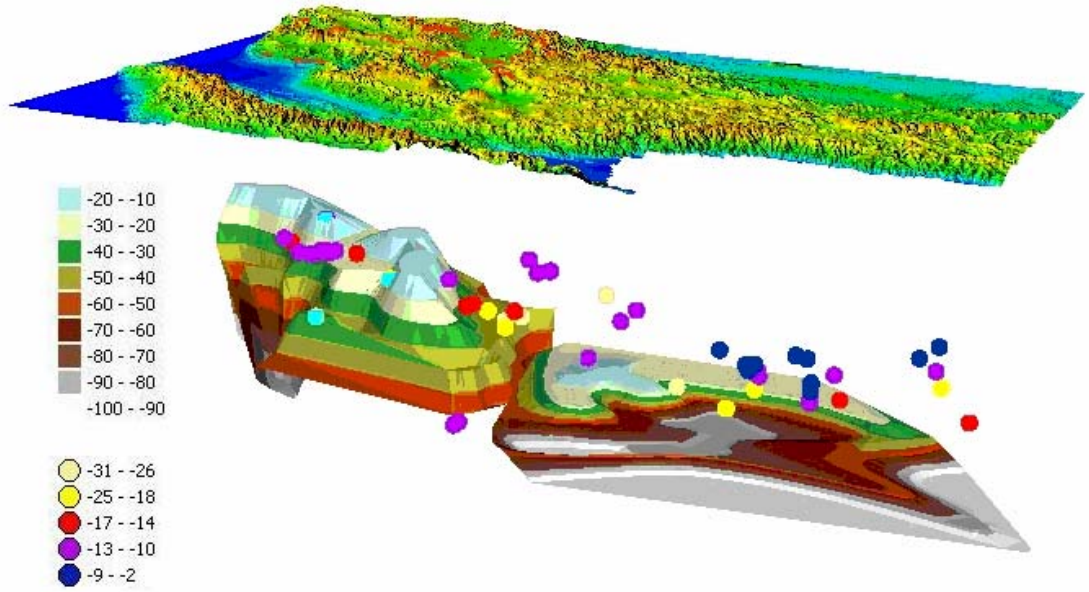
Şekil 4.14 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'daki topografya-deprem derinliğini başka bir açıdan ve sayısal olarak göstermektedir. Azerbaycan bölgesinde depremlerin genellikle 10–13 km olarak görüldüğü halde, Doğu Anadolu'da bu sayı daha düşük yani 2–9 km ler civarındadır. Yani Doğu Anadolu depremleri daha sığ ölçütlerde yaşanmaktadır. Azerbaycan bölgesinde sığda bulunan ve magnitudü büyük olan hiç bir depreme rastlanmamıştır.

### 4.3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkisi



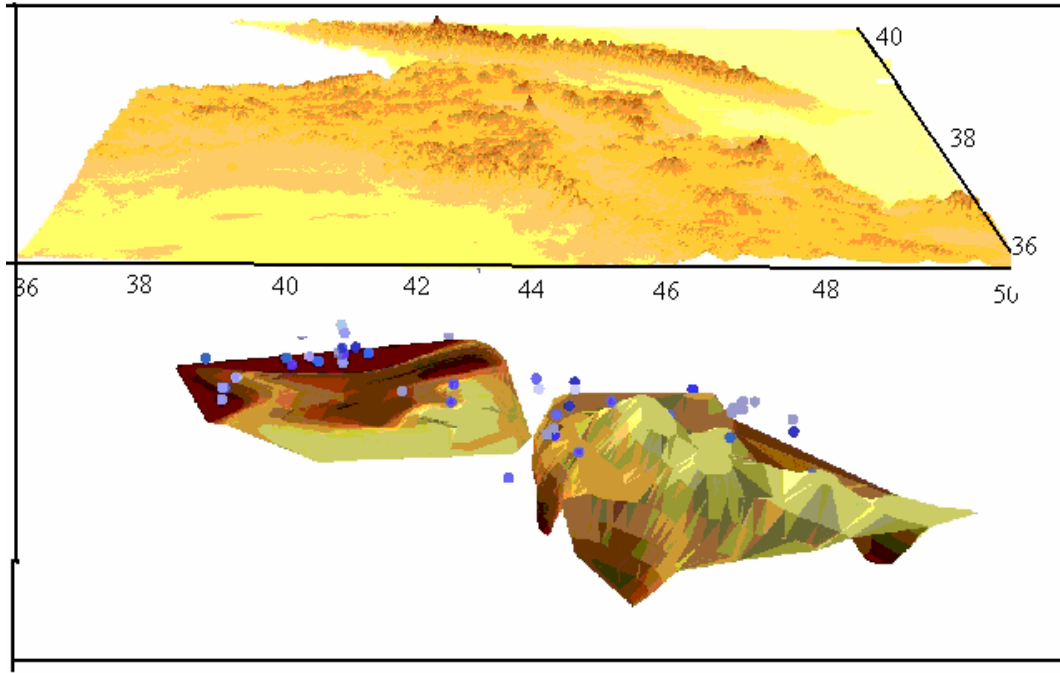
Şekil 4.15 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkisi

Şekil 4.15 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkisini göstermektedir. Depremlerin magnitüdü 4.5 dan fazladır. Azerbaycan bölgesinde depremlerin genellikle 10–13 km olarak görüldüğü halde Doğu Anadolu'da bu sayı daha düşük yani 2–9 km ler civarındadır. Yani Doğu Anadolu depremleri daha sık ölçütlerde yaşanmaktadır. Ayrıca Azerbaycan bölgesinde (sağ taraf) Kuzey Tebriz Fay zonu en düşük kabuk kalınlığına sahipken doğuda ise sadece KAF ve DAF zonlarının sınırı düşük kabuk kalınlığına sahiptir. Ayrıca Azerbaycan ve Doğu Anadolu sınır bölgelerinde verilerin bazen tahmini olması, iki tarafın bilgilerinin okunamamasına neden olmuştur.



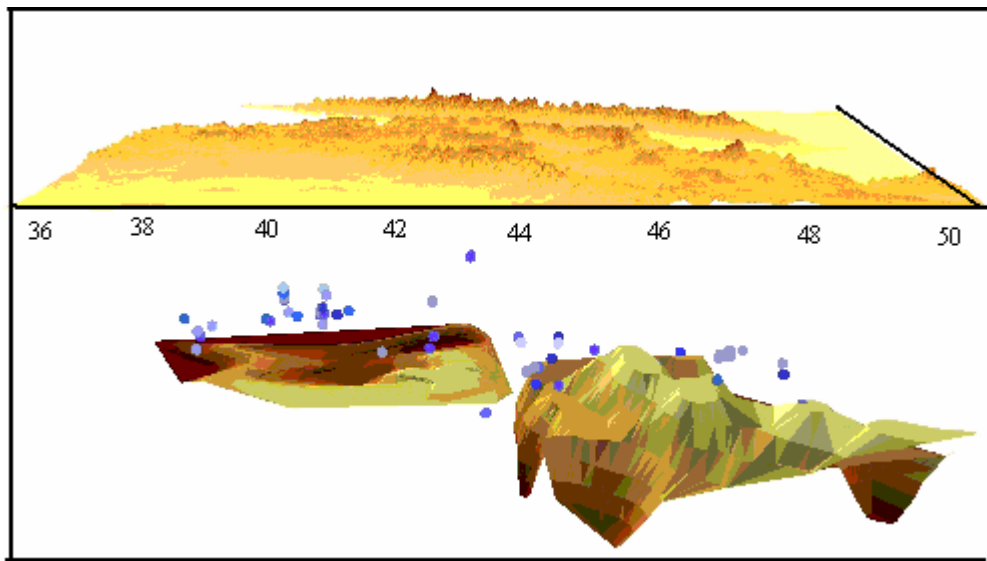
Şekil 4.16 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkisi

Şekil 4.16. Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da topografya-derinlik ve kabuk ilişkisini başka bir açıdan göstermektedir. Depremlerin magnitudü 4.5 dan fazladır. Azerbaycan bölgesinde depremlerin derinliği genellikle 10-13 km olarak görüldüğü halde Doğu Anadolu'da bu sayı daha düşük yani 2-9 km rakamlarına düşmektedir. Yani Doğu Anadolu depremleri daha sığ ölçütlerde yaşanmaktadır. Ayrıca Azerbaycan bölgesinde (sağ taraf) Kuzey Tebriz Fay zonu en düşük kabuk kalınlığına sahipken doğuda ise sadece KAF ve DAF zonlarının sınırları düşük kabuk kalınlığında sahiptir. Ayrıca Azerbaycan ve Doğu Anadolu sınır bölgelerinde verilerin bazen tahmini olması iki tarafın bilgilerinin okunamamasına neden olmuştur.



Şekil 4.17 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk- derinlik ilişkileri

Şekil 4.17. Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk-derinlik ilişkilerini göstermektedir. Kuzey Tebriz Fay zonunda olan depremlerin uzantısını KAF zonunda açıkça görmekteyiz. Depremlerin Doğudan başlayıp yaklaşık aynı derinliklerde sıralanması her iki büyük fayın ilişkisini göstermektedir.



Şekil 4.18 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk- derinlik ilişkileri

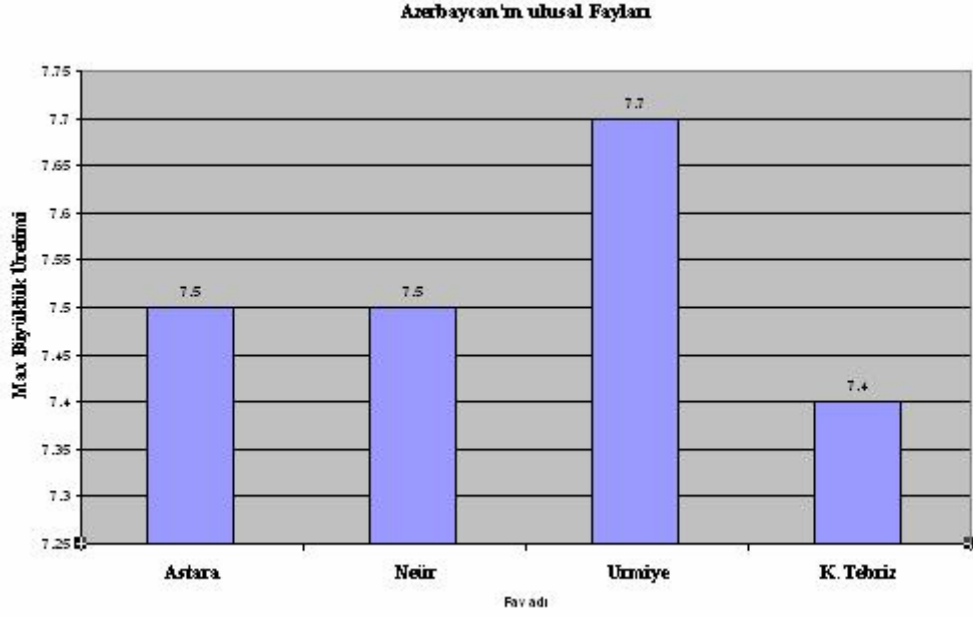
Şekil 4.18. Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da kabuk-derinlik ilişkilerini bir başka açıdan göstermektedir. Kuzey Tebriz Fay zonunda olan depremlerin uzantısını KAF zonunda açıkça görmekteyiz. Depremlerin doğudan başlayıp yaklaşık aynı derinliklerle sıralanması her iki büyük fayın ilişkisini göstermektedir.

#### 4.4 Azerbaycan Fayların üretebileceği Büyüklükler

##### 4.4.1 Azerbaycan'ın önemli faylarının büyüklük çizelgesi

Çizelge 4.1 Azerbaycan'ın önemli faylarının büyüklük çizelgesi

| Sıra no | Fay adı   | Fay uzunluğu (km) | Görünen fay uzunluğu (km) | Max büyüklük | Max şiddet |
|---------|-----------|-------------------|---------------------------|--------------|------------|
| 1       | K. Tebriz | 180               | 100                       | 7,4          | 9,7        |
| 2       | Pesve     | 180               | 80                        | 7,3          | 9,6        |
| 3       | Salmas    | 40                | 38                        | 7,0          | 9,1        |
| 4       | Tesuc     | 57                | 53                        | 7,1          | 9,3        |
| 5       | K.mişov   | 45                | 42                        | 7,0          | 9,2        |
| 6       | G.mişov   | 23                | 23                        | 6,8          | 8,8        |
| 7       | K. salmas | 17                | 17                        | 6,6          | 8,5        |
| 8       | Şerefkane | 50                | 44                        | 7,0          | 9,2        |
| 9       | Sofyan    | 53                | 48                        | 7,0          | 9,3        |
| 10      | üşneviye  | 20                | 20                        | 6,7          | 8,7        |
| 11      | Urmiye    | 75                | 63                        | 7,2          | 9,4        |
| 12      | Moğan     | 130               | 100                       | 7.4          | 9.7        |
| 13      | Zencan    | 120               | 100                       | 7.4          | 9.7        |
| 14      | İpek      | 120               | 100                       | 7.4          | 9.7        |
| 15      | Herzevil  | 180               | 80                        | 7,3          | 9,6        |



Şekil 4.19 Azerbaycan faylarının maksimum üretebileceği büyüklükler

Şekil 4.19 ve çizelge 4.1 verileri Azerbaycan faylarının maksimum üretebileceği büyüklüklerini büyüklüklerini göstermektedir. Büyük riske sahip olan bu bölge en az dört büyük fayla tehdit edilmektedir.

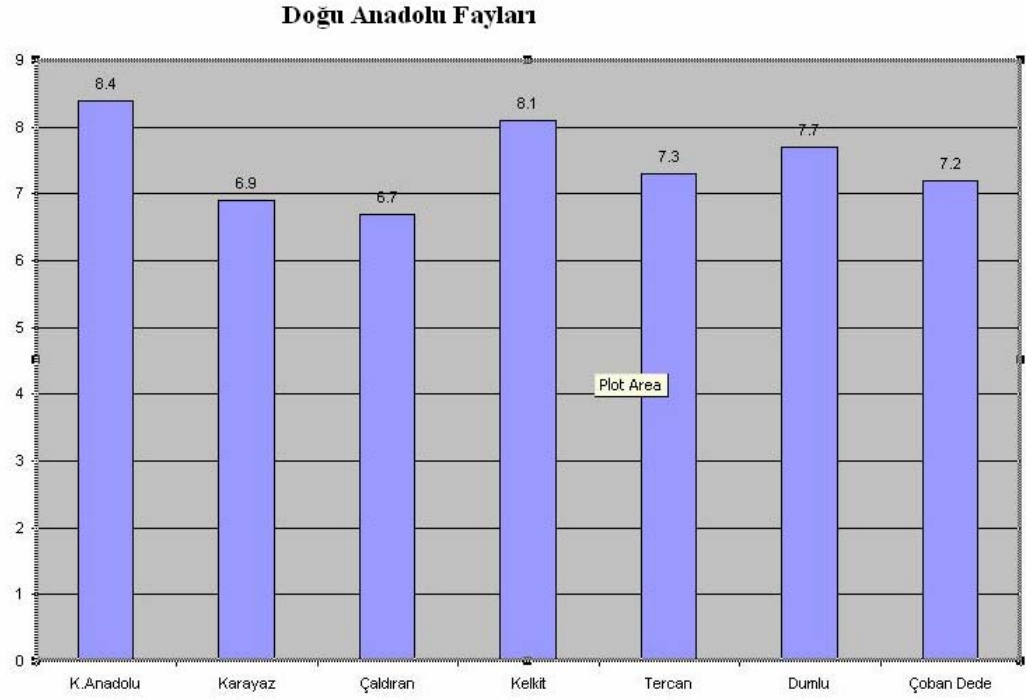
#### 4. 4. 2 Doğu Anadolu'nun önemli faylarının büyüklük çizelgesi

Çizelge 4.2 Doğu Anadolu'nun önemli faylarının büyüklük çizelgesi

| Sıra No | Fay adı       | Fay uzunluğu (km) | Görünen fay (km) | Max büyüklük | Max şiddet |
|---------|---------------|-------------------|------------------|--------------|------------|
| 1       | Kuzey Anadolu | 1300              | 1000             | 8.4          | xii        |
| 2       | KB-GD         | 300               | 300              | 7.7          | xii        |
| 3       | Karlıova      | 80                | 80               | 6.9          | x          |
| 4       | Çaldıran      | 60                | 60               | 6.7          | x          |
| 5       | Erzurum       | 600               | 550              | 8.1          | xii        |
| 6       | Tercan        | 150               | 150              | 7.3          | xi         |
| 7       | Dumlu         | 350               | 300              | 7.7          | xii        |
| 8       | Ovacık        | 130               | 120              | 7.2          | xi         |

Çizelge 4.2 Doğu Anadolu'nun büyük faylarının Max üretebilecek magnitüdlerini göstermektedir.

#### 4. 4. 3 Doğu Anadolu Fayları



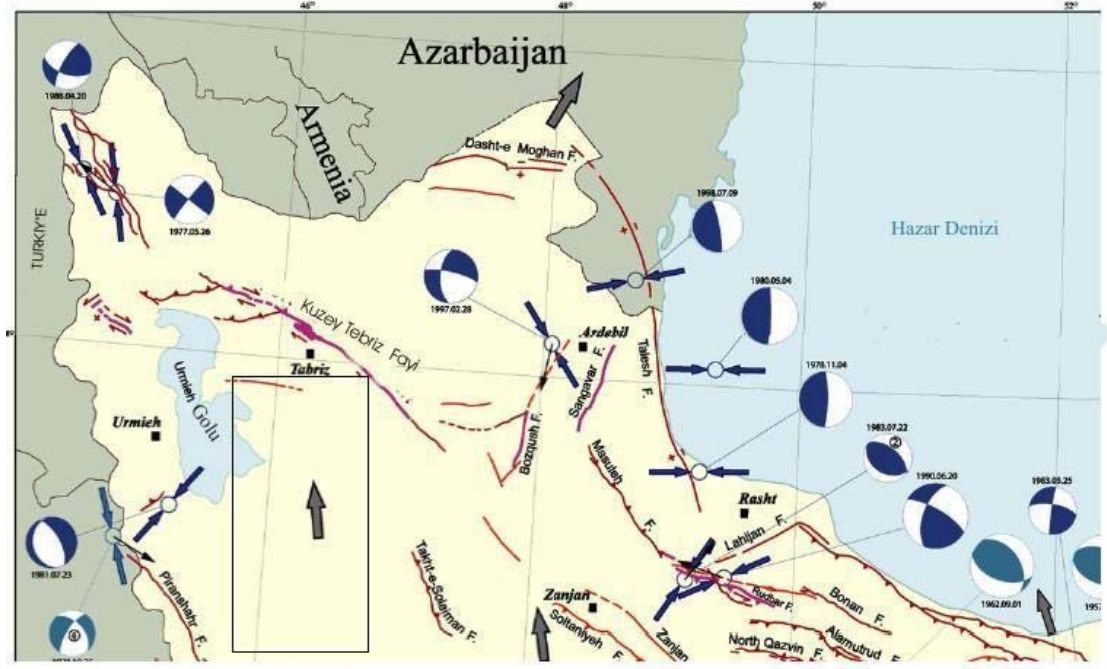
Şekil 4.20. Doğu Anadolu'nun büyük faylarının maksimum üretebileceği büyüklük

Çizelge 4.2 ve şekil 4.20 Doğu Anadolu'nun büyük faylarının Max magnitüdlerini göstermektedir. Bu bölge en azı 7 büyük fayın etkisindedir.

## 4. 5 Depremsellik İncelenmesi

### 4. 5. 1 Azerbaycan depremsellik incelemesi

#### 4. 5. 1. 1 Orta Azerbaycan'ın depremselliği

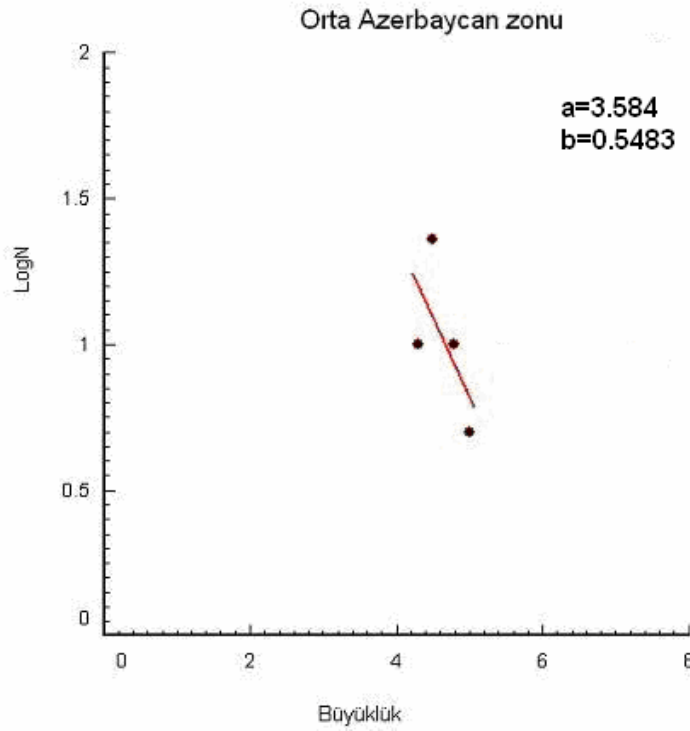


Şekil 4.21 Orta Azerbaycan Zonu

### Orta Azerbaycan

Çizelge 4.3 Orta Azerbaycan'da 0.2 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.5  | 10                    | 1              |
| 4.5-4.8  | 23                    | 1.36           |
| 4.8-5.0  | 10                    | 1              |
| 5.0-5.3  | 5                     | 0.7            |
| 5.3-5.5  | 0                     |                |
| 5.5-5.8  | 8                     | 0.90           |
| 5.8-6.0  | 1                     |                |
| 6.0-6.3  | 0                     |                |
| 6.3-6.5  | 0                     |                |
| 6.5-6.8  | 0                     |                |
| 6.8-7.0  | 0                     |                |
| 7.0-7.3  | 0                     |                |



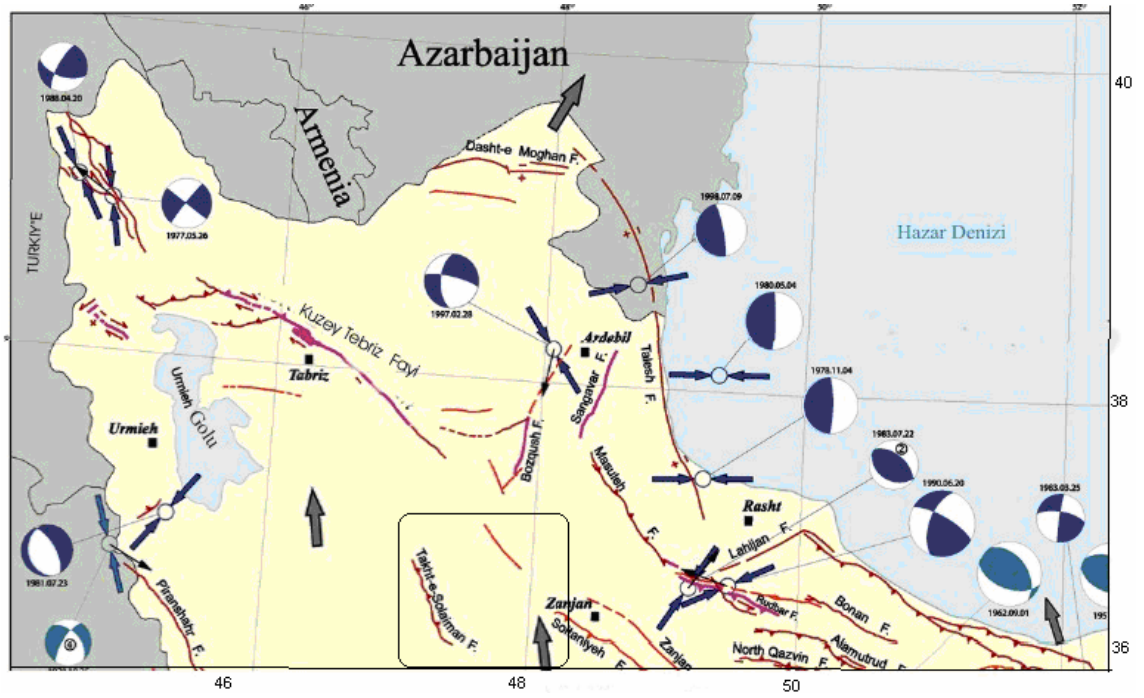
Şekil 4.22 Orta Azerbaycan Zonunda M-LogN ilişkileri

Şekil 4.22 Orta Azerbaycan zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a=3.584$  ve  $b=0.5483$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4 Orta Azerbaycan zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş<br>Periyodu (Q) |
|-----|---------|-----------------------|
| 5   | 0,12055 | 10                    |
| 5,5 | 0,06042 | 30                    |
| 6   | 0,03028 | 75                    |
| 6,5 | 0,01518 | 220                   |
| 7   | 0,00761 | 600                   |
| 7,5 | 0,00381 | 1800                  |

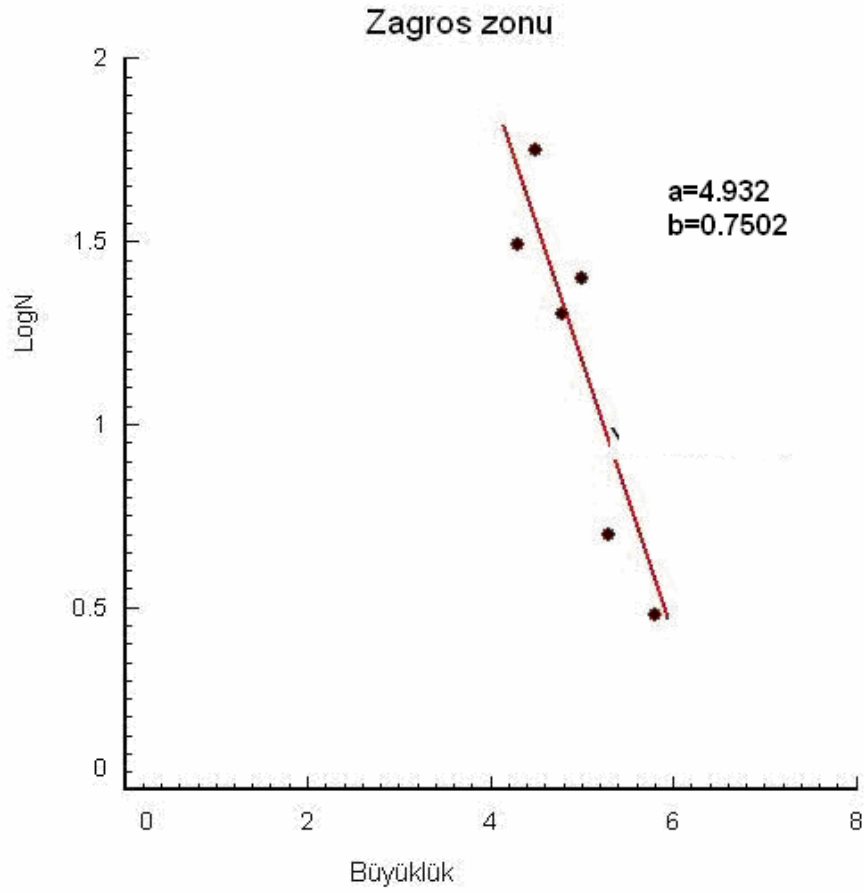
#### 4.5.1.2 Zagros Zonu



Şekil 4.23 Zagros zonu

Çizelge 4.5 Zagros zonunda 0.2 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.5  | 31                    | 1.49           |
| 4.5-4.8  | 56                    | 1.75           |
| 4.8-5.0  | 20                    | 1.30           |
| 5.0-5.3  | 25                    | 1.40           |
| 5.3-5.5  | 5                     | 0.7            |
| 5.5-5.8  | 10                    | 1              |
| 5.8-6.0  | 3                     | 0.48           |
| 6.0-6.3  | 1                     | 0              |
| 6.3-6.5  | 0                     |                |
| 6.5-6.8  | 2                     | 0.30           |
| 6.8-7.0  | 1                     | 0              |
| 7.0-7.3  | 0                     |                |
| 7.3-7.5  | 1                     | 0              |
| 7.5-7.8  | 0                     |                |
| 7.8-8.0  | 0                     |                |



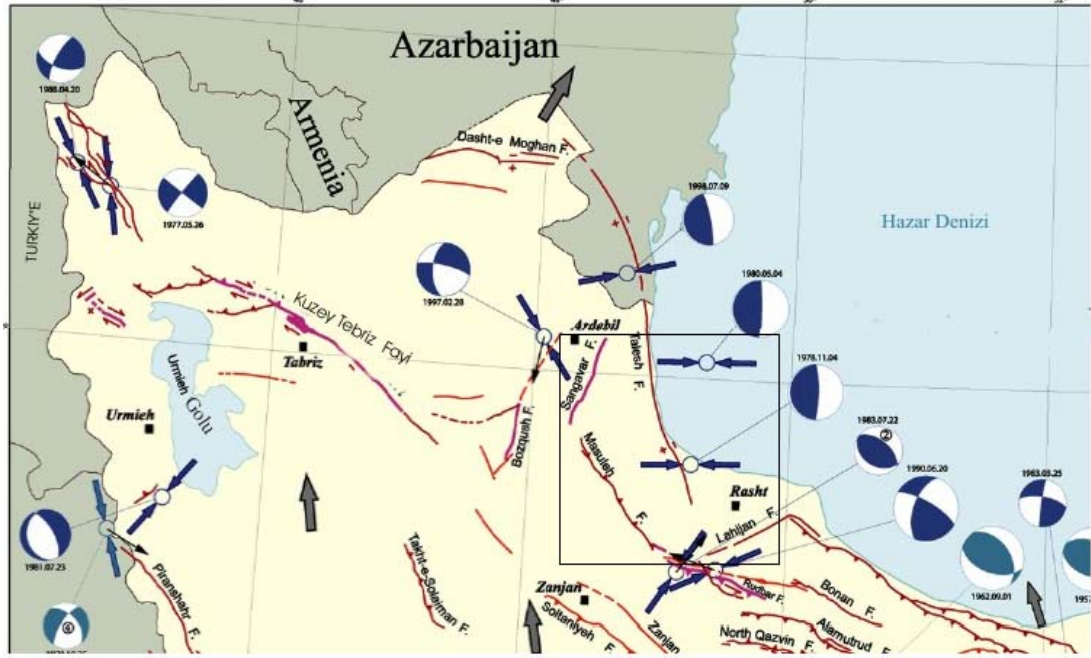
Şekil 4.24 Zagros Zonunda M-LogN ilişkileri ve eğrisi

Şekil 4.24 Zagros zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a= 4.932$  ve  $b= 0.7502$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.6 Zagros zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş Periyodu (Q) |
|-----|---------|--------------------|
| 5   | 0,12055 | 6                  |
| 5,5 | 0,06042 | 20                 |
| 6   | 0,03028 | 50                 |
| 6,5 | 0,01518 | 150                |
| 7   | 0,00761 | 400                |
| 7,5 | 0,00381 | 1300               |

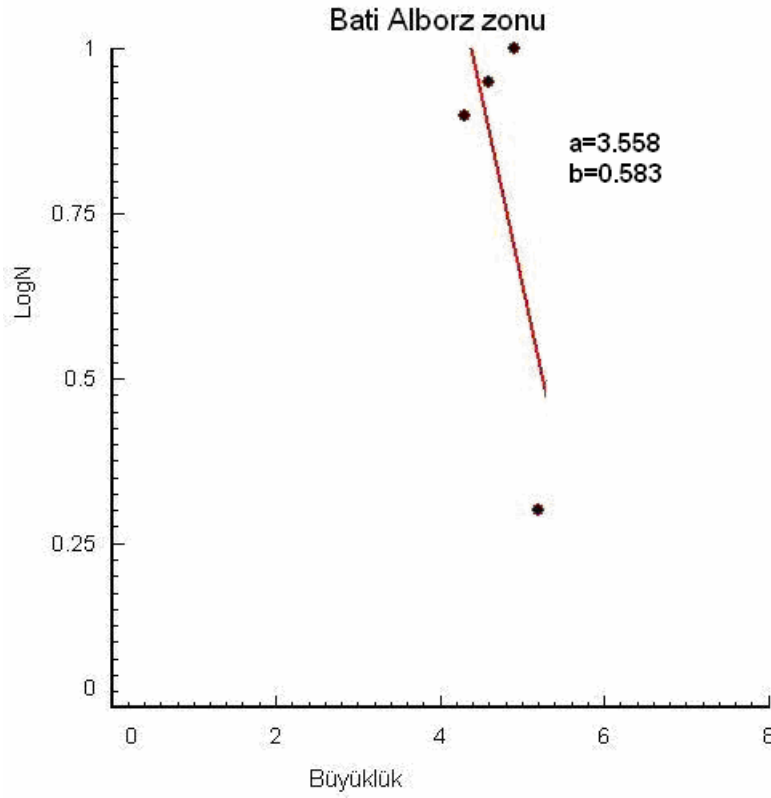
#### 4.5.1.3 Batı Alborz zonu



Şekil 4.25 Batı Azerbaycan zonu

Çizelge 4.7 Batı Azerbaycan'da 0.3 birim Magnitüd aralıklı deprem Sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.6  | 8                     | 0.9294         |
| 4.6-4.9  | 9                     | 1.1584         |
| 4.9-5.2  | 10                    | 0.9823         |
| 5.2-5.5  | 2                     |                |
| 5.5-5.8  | 0                     | 1.5378         |
| 5.8-6.1  | 1                     |                |
| 6.1-6.4  | 1                     | 1.9085         |
| 6.4-6.7  | 0                     |                |
| 6.7-7.0  | 0                     | 2.1710         |
| 7.0-7.3  | 0                     |                |
| 7.3-7.6  | 0                     | 2.5676         |



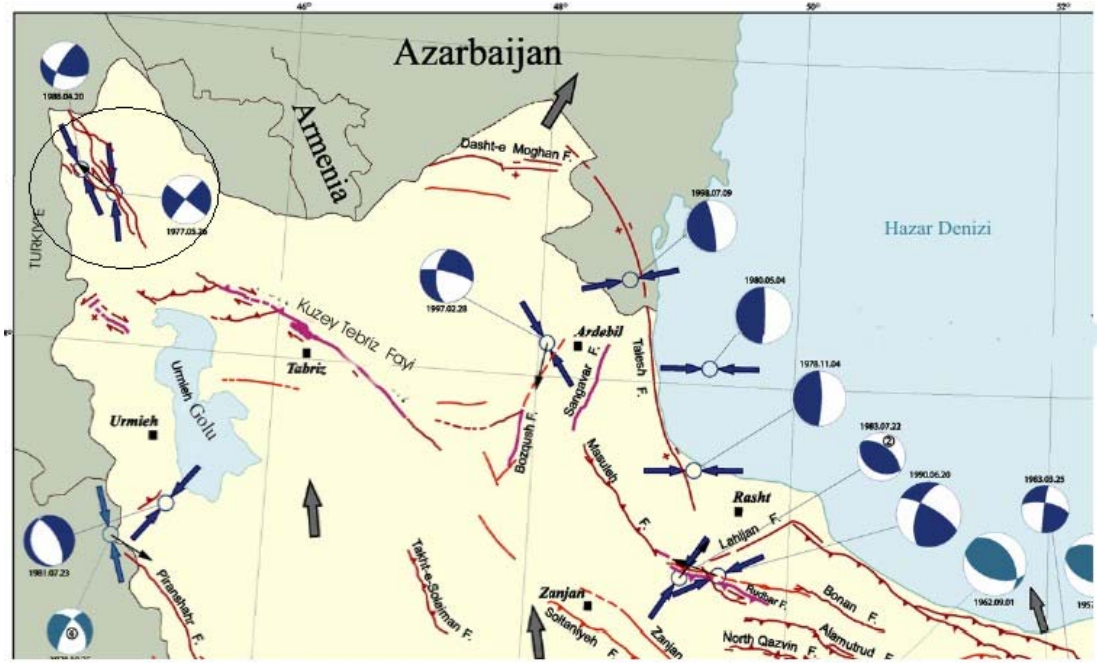
Şekil 4.26 Batı Azerbaycan zonunda M-LogN ilişkileri

Şekil 4.26. Batı Azerbaycan zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a=3.558$  ve  $b=0.583$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.8 Batı Azerbaycan zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş Periyodu (Q) |
|-----|---------|--------------------|
| 5   | 0,12055 | 22                 |
| 5,5 | 0,06042 | 45                 |
| 6   | 0,03028 | 80                 |
| 6,5 | 0,01518 | 175                |
| 7   | 0,00761 | 300                |
| 7,5 | 0,00381 | 600                |

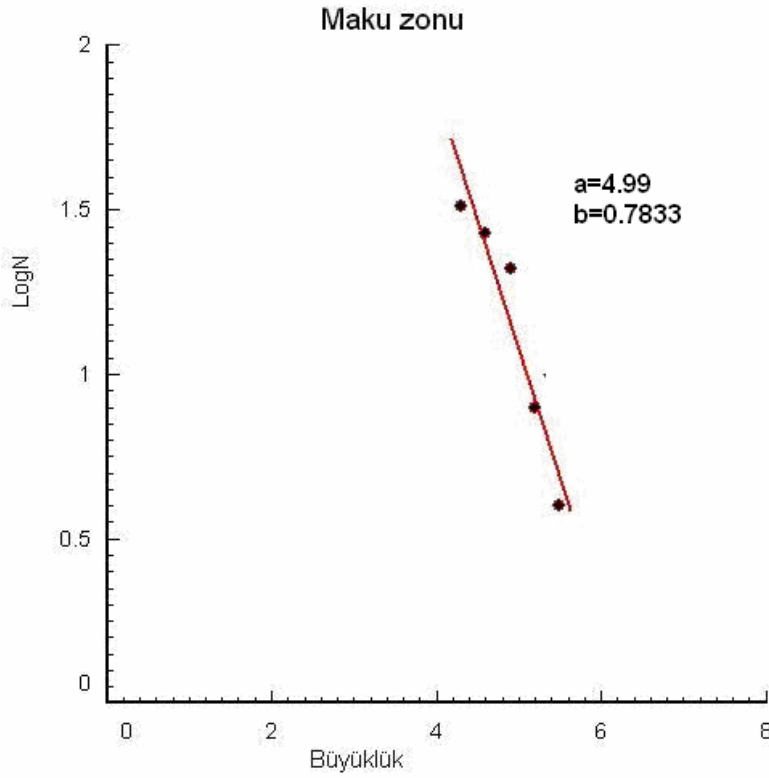
#### 4.5.1.4 Maku Zonu



Şekil 4.27 Makı zonu

Çizelge 4.9 Makı zonunda 0.3 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.6  | 33                    | 1.51           |
| 4.6-4.9  | 27                    | 1.43           |
| 4.9-5.2  | 21                    | 1.32           |
| 5.2-5.5  | 8                     | 0.90           |
| 5.5-5.8  | 4                     | 0.60           |
| 5.8-6.1  | 1                     | 0              |
| 6.1-6.4  | 1                     | 0              |
| 6.4-6.7  | 0                     |                |
| 6.7-7.0  | 3                     | 0.48           |
| 7.0-7.3  | 0                     |                |
| 7.3-7.6  | 0                     |                |



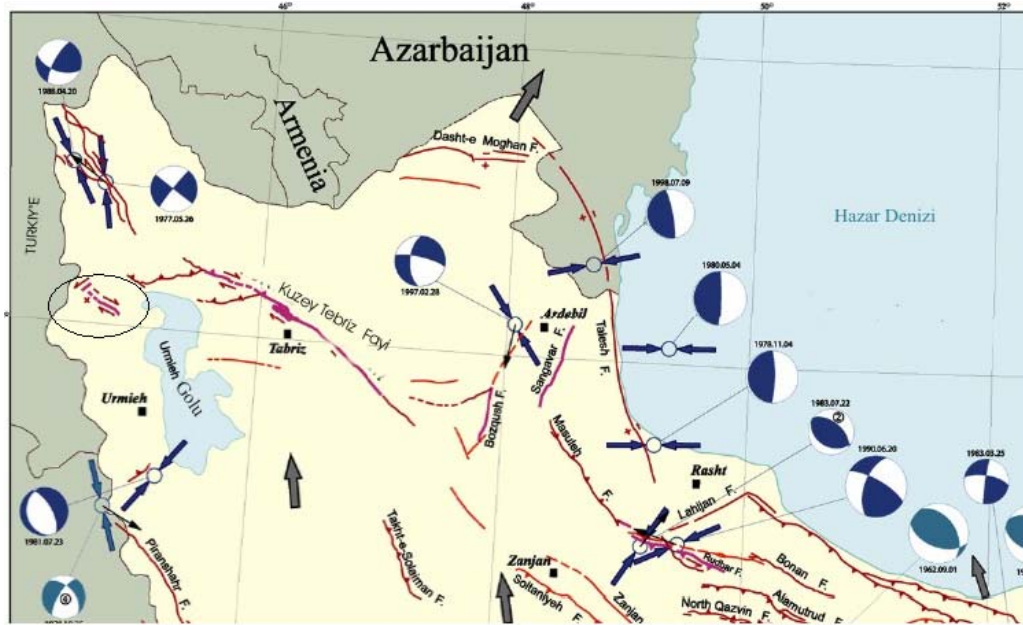
Şekil 4.28 Makı zonunda M-LogN ilişkileri

Şekil 4.28. Batı Azerbaycan zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a=4.99$  ve  $b= 0.7833$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.10 Maku zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş<br>Periyodu<br>(Q) |
|-----|---------|--------------------------|
| 5   | 0,12055 | 5                        |
| 5,5 | 0,06042 | 20                       |
| 6   | 0,03028 | 75                       |
| 6,5 | 0,01518 | 350                      |
| 7   | 0,00761 | 1500                     |

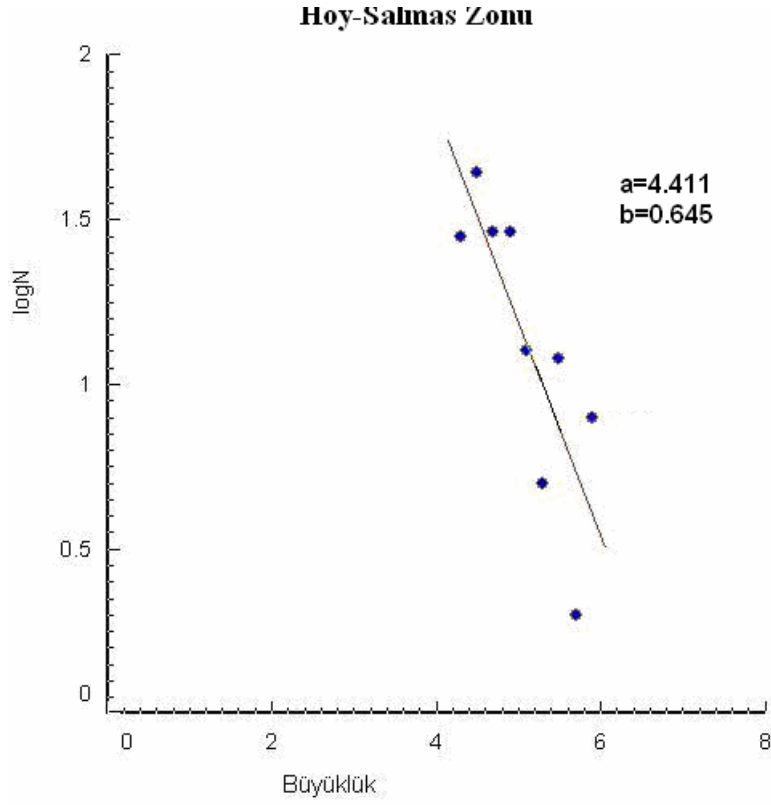
#### 4.5.1.5 Hoy- Salmas Zonu



Şekil 4.29 Hoy-Salmas zonu

Çizelge 4.11 Hoy –Salmas Zonunda 0.2 birim magnitud aralıklı deprem sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.5  | 28                    | 1.45           |
| 4.5-4.7  | 44                    | 1.64           |
| 4.7-4.9  | 29                    | 1.46           |
| 4.9-5.1  | 29                    | 1.46           |
| 5.1-5.3  | 13                    | 1.1            |
| 5.3-5.5  | 5                     | 0.7            |
| 5.5-5.7  | 12                    | 1.08           |
| 5.7-5.9  | 2                     | 0.30           |
| 5.9-6.1  | 8                     | 0.90           |
| 6.1-6.3  | 1                     | 0              |
| 6.3-6.5  | 0                     |                |
| 6.5-6.7  | 0                     |                |
| 6.7-6.9  | 2                     | 0.30           |
| 6.9-7.1  | 1                     | 0              |
| 7.1-7.3  | 1                     | 0              |
| 7.3-7.5  | 2                     | 0.30           |



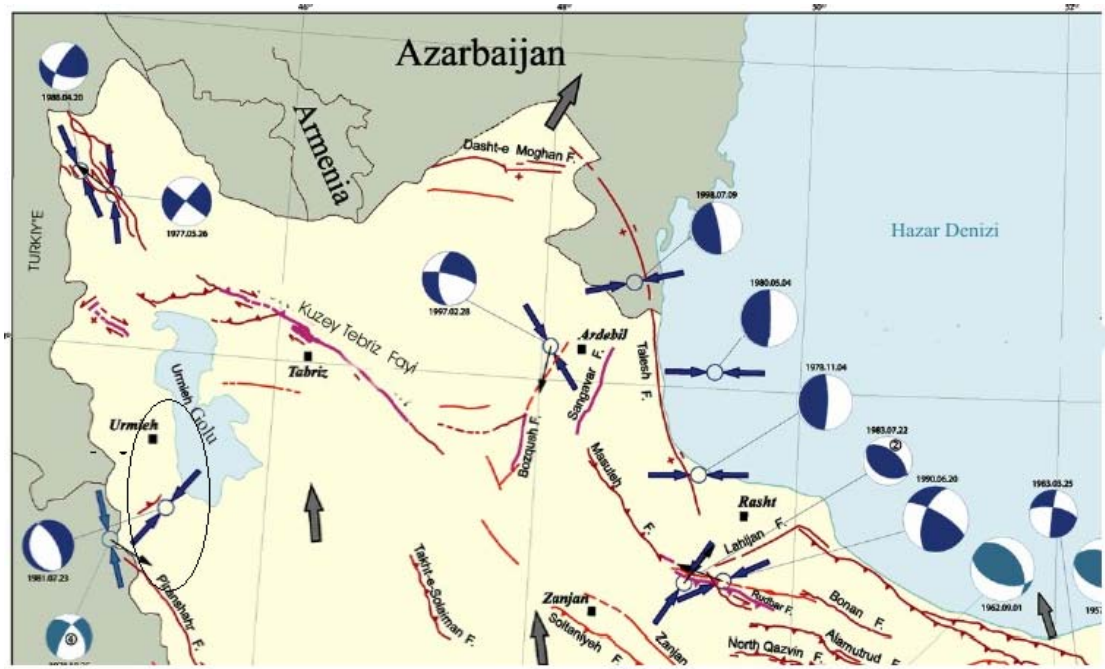
Şekil 4.30 Hoy zonunu M-LogN ilişkileri

Şekil 4.30 Hoy zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a= 4.411$  ve  $b = 0.645$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.12 Hoy-Salinas zonunda 0.5 birim magnitüd aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş<br>Periyodu (Q) |
|-----|---------|-----------------------|
| 5   | 0,12055 | 22                    |
| 5,5 | 0,06042 | 50                    |
| 6   | 0,03028 | 100                   |
| 6,5 | 0,01518 | 200                   |
| 7   | 0,00761 | 450                   |
| 7,5 | 0,00381 | 1000                  |

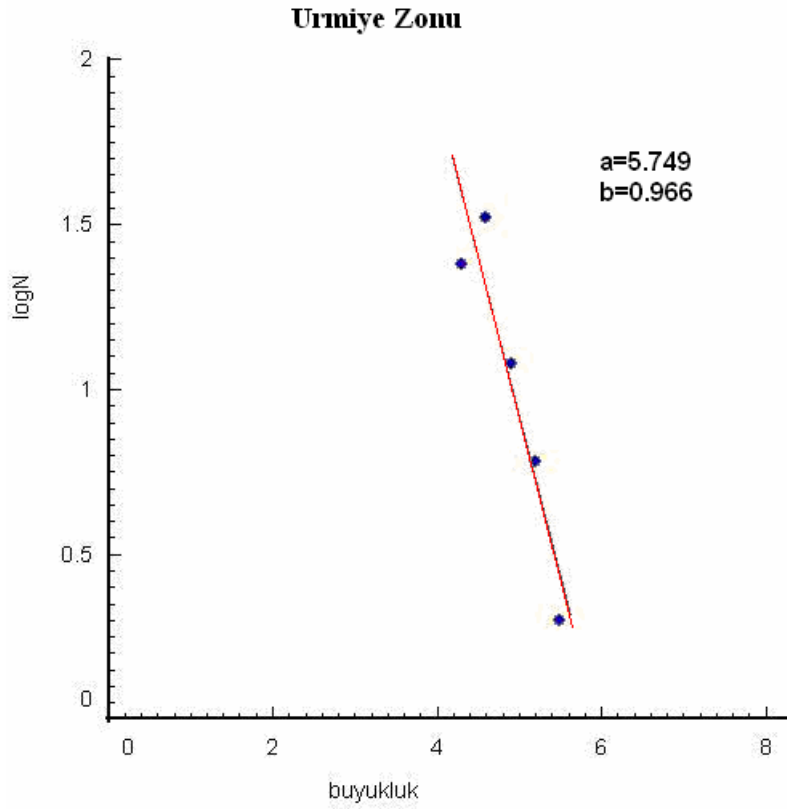
#### 4.5.1.6 Urmiye zonu



Şekil 4.31 Urmiye zonu

Çizelge 4.13 Urmiye zonunda 0.3 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| Büyüklik | Aletsel deprem sayısı | Log (Sayı/yıl) |
|----------|-----------------------|----------------|
| 4.3-4.6  | 24                    | 1.38           |
| 4.6-4.9  | 33                    | 1.52           |
| 4.9-5.2  | 12                    | 1.08           |
| 5.2-5.5  | 6                     | 0.78           |
| 5.5-5.8  | 7                     | 0              |
| 5.8-6.1  | 2                     | 30             |
| 6.1-6.4  | 0                     |                |
| 6.4-6.7  | 0                     |                |
| 6.7-7.0  | 1                     | 0              |
| 7.0-7.3  | 1                     | 0              |
| 7.3-7.6  | 0                     |                |



Şekil 4.32 Urmiye zonunun M-Log N ilişkileri

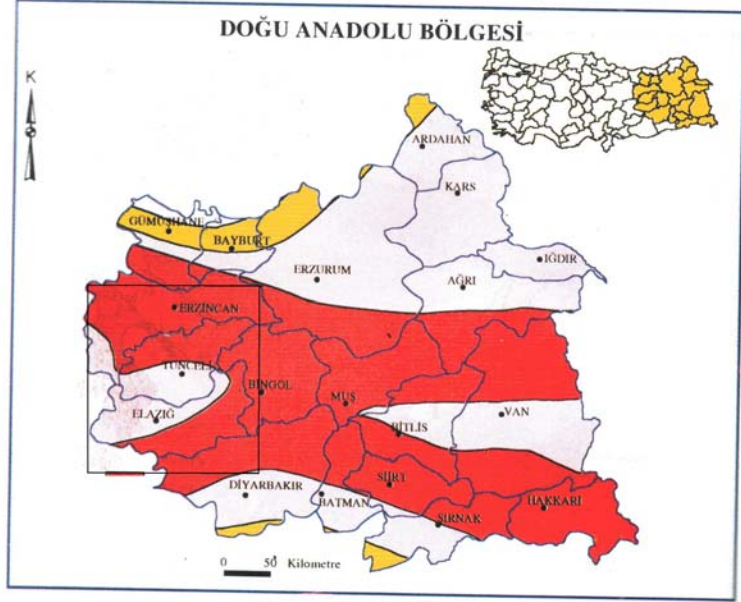
Şekil 4.32 Urmiye zonunda M-LogN ilişkisini göstermektedir. Bu eğriden  $a=5.749$  ve  $b= 0.966$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.14 Urmiye zonunda 0.5 birim magnitud aralıklı dönüş periyotları

| M   | N (M )  | Dönüş<br>Periyodu (Q) |
|-----|---------|-----------------------|
| 5   | 0,12055 | 15                    |
| 5,5 | 0,06042 | 40                    |
| 6   | 0,03028 | 125                   |
| 6,5 | 0,01518 | 350                   |
| 7   | 0,00761 | 1000                  |
| 7,5 | 0,00381 | 2300                  |

## 4.5.2 Doğu Anadolu'da İncelemeler

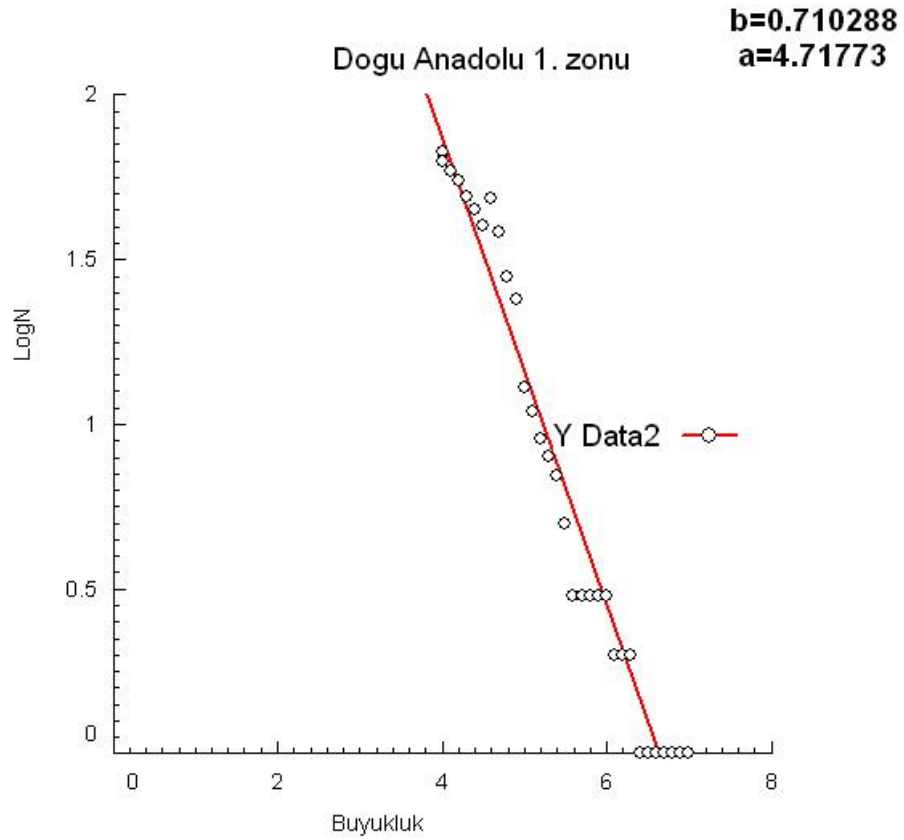
### 4.5.2.1 Doğu Anadolu'nun Batı Bölgesi



Şekil 4.33 Doğu Anadolu'nun doğu zonu

Çizelge 4.15 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.1 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| M   | TopN | LogN  |
|-----|------|-------|
| 4,0 | 67   | 1,826 |
| 4,1 | 63   | 1,799 |
| 4,2 | 59   | 1,771 |
| 4,3 | 55   | 1,740 |
| 4,4 | 49   | 1,690 |
| 4,5 | 45   | 1,653 |
| 4,6 | 40   | 1,602 |
| 4,7 | 37   | 1,568 |
| 4,8 | 30   | 1,477 |
| 4,9 | 24   | 1,380 |
| 5,0 | 13   | 1,114 |
| 5,1 | 11   | 1,041 |
| 5,2 | 9    | 0,954 |
| 5,3 | 8    | 0,903 |
| 5,4 | 7    | 0,845 |
| 5,5 | 5    | 0,699 |
| 5,6 | 3    | 0,477 |
| 5,7 | 3    | 0,477 |
| 5,8 | 3    | 0,477 |



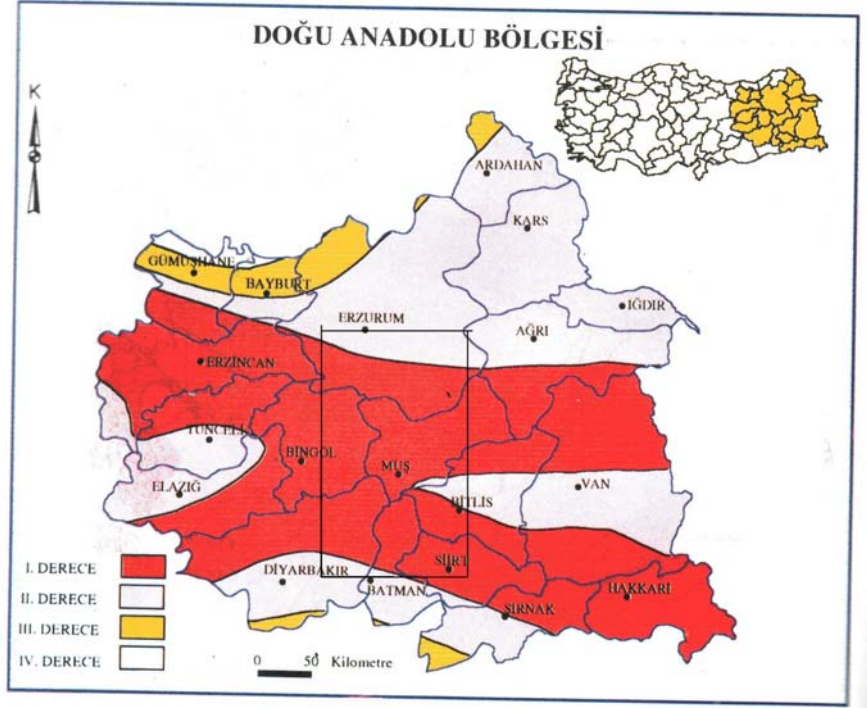
Şekil 4.33 Doğu Anadolu'nun batı zonunda M-Log ilişkileri

Çizelge 4.13 deki değerler kullanarak M-LogN eğrisinden  $a = 4.71$  ve  $b = 0.71$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.16 Doğu Anadolu'nun doğu zonunun dönüş periyot

| M   | N (M )  | Dönüş<br>Periyodu<br>(Q) |
|-----|---------|--------------------------|
| 5   | 0,12055 | 8,3                      |
| 5,5 | 0,06042 | 16,6                     |
| 6   | 0,03028 | 33,0                     |
| 6,5 | 0,01518 | 65,9                     |
| 7   | 0,00761 | 131,5                    |
| 7,5 | 0,00381 | 262,3                    |

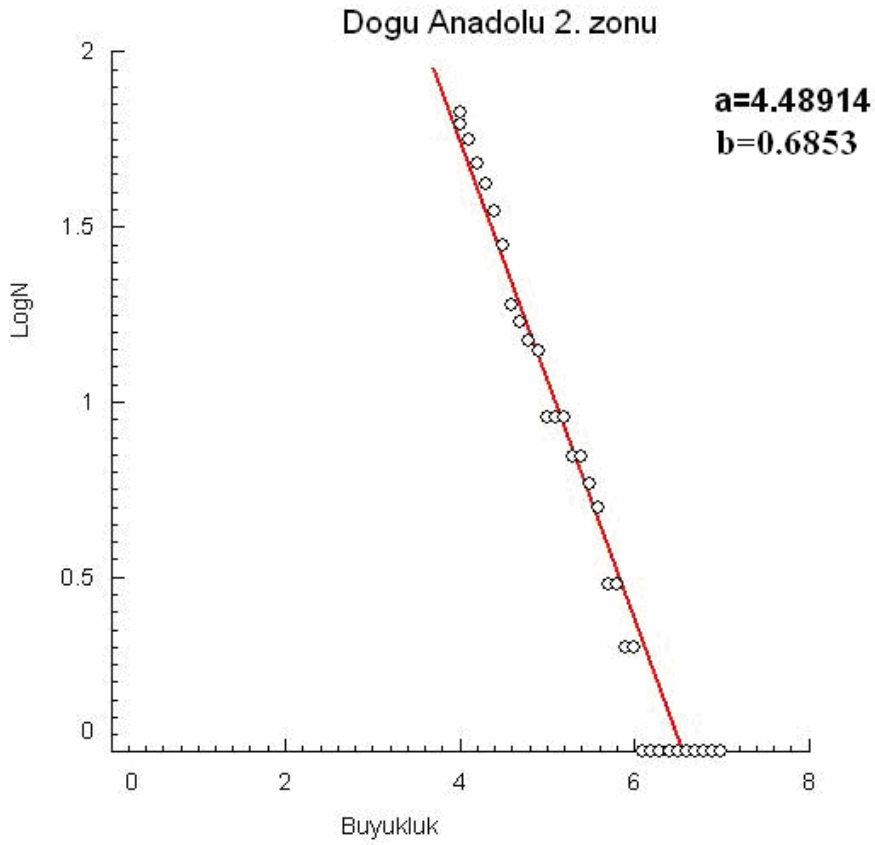
#### 4.5.2.3 Doğu Anadolu’nu orta zon



Şekil 4.34 Doğu Anadolu’nun orta zon

Çizelge 4.17 Doğu Anadolu’nun orta Zonu 0.1 birim Magnitüd Aralıklı Deprem Sayısı

| M   | TopN | LogN  |
|-----|------|-------|
| 4,0 | 67   | 1,826 |
| 4,1 | 62   | 1,792 |
| 4,2 | 56   | 1,748 |
| 4,3 | 48   | 1,681 |
| 4,4 | 42   | 1,623 |
| 4,5 | 35   | 1,544 |
| 4,6 | 28   | 1,447 |
| 4,7 | 19   | 1,279 |
| 4,8 | 17   | 1,230 |
| 4,9 | 15   | 1,176 |
| 5,0 | 14   | 1,146 |
| 5,1 | 9    | 0,954 |
| 5,2 | 9    | 0,954 |
| 5,3 | 9    | 0,954 |
| 5,4 | 7    | 0,845 |
| 5,5 | 7    | 0,845 |
| 5,6 | 6    | 0,778 |
| 5,7 | 5    | 0,699 |
| 5,8 | 3    | 0,477 |
| 5,9 | 2    | 0,301 |
| 6,0 | 2    | 0,301 |



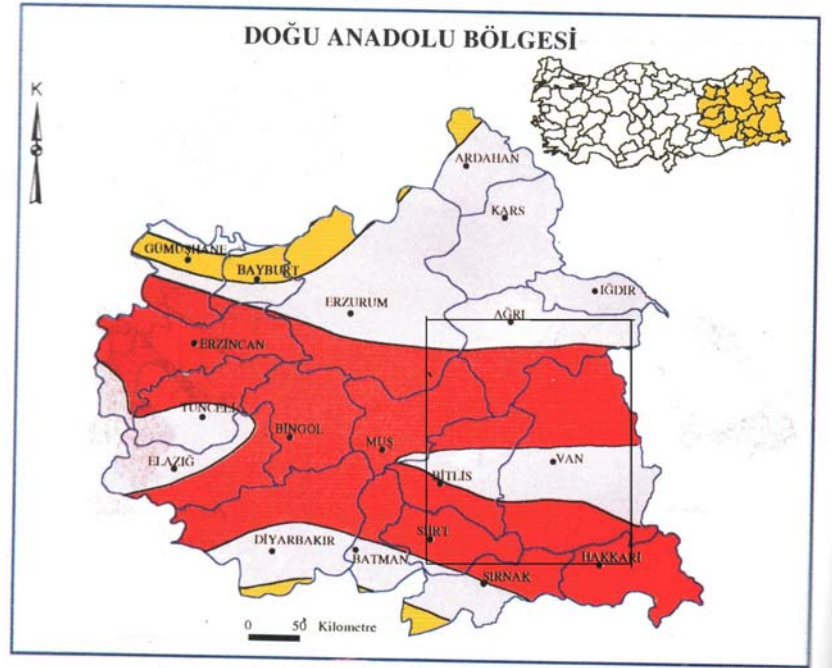
Şekil 4.35 Doğu Anadolu'nun orta zonunun M-LogN ilişkileri

Çizelge 4.15 deki değerler kullanarak M-LogN eğrisinden  $a= 4.4891$  ve  $b= 0.6853$  bulunmuştur.

Çizelge 4.18 Doğu Anadolu'nun Batı Zonu 0.5 birim Magnitüd Aralıklı periyodu

| M   | N (M)   | Dönüş Periyodu |
|-----|---------|----------------|
| 5   | 0,08222 | 12,2           |
| 5.5 | 0,03467 | 28,8           |
| 6   | 0,01462 | 68,4           |
| 6.5 | 0,00617 | 162,2          |
| 7   | 0,00260 | 348,6          |
| 7.5 | 0,00110 | 912,0          |

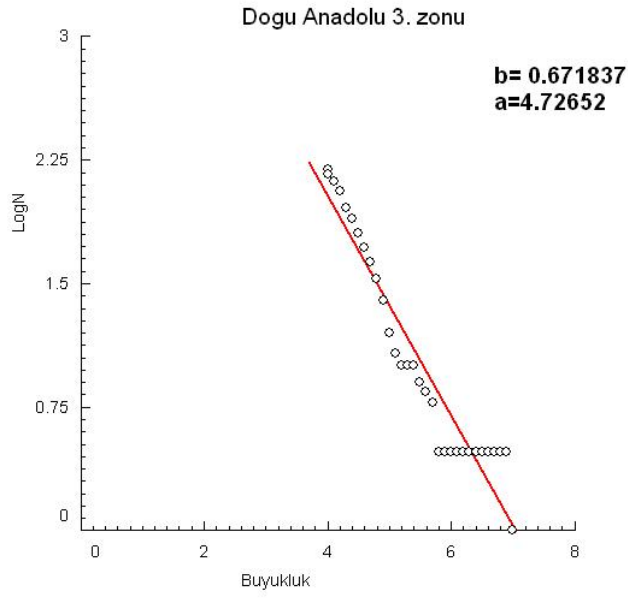
#### 4.5.2.4 Doğu Anadolu'nun Doğu Zonu



Şekil 4.36 Doğu Anadolu'nun Doğu zonu

Çizelge 4.19 Doğu Anadolu'nun Doğu Zonu 0.1 birim magnitüd aralıklı deprem sayısı

| M<br>( Magnitüd) | TopN | LogN  |
|------------------|------|-------|
| 4,0              | 156  | 2,193 |
| 4,1              | 147  | 2,167 |
| 4,2              | 133  | 2,124 |
| 4,3              | 115  | 2,061 |
| 4,4              | 91   | 1,959 |
| 4,5              | 78   | 1,892 |
| 4,6              | 64   | 1,806 |
| 4,7              | 52   | 1,716 |
| 4,8              | 43   | 1,633 |
| 4,9              | 34   | 1,531 |
| 5,0              | 25   | 1,398 |
| 5,1              | 16   | 1,204 |
| 5,2              | 12   | 1,079 |
| 5,3              | 10   | 1,000 |
| 5,4              | 10   | 1,000 |
| 5,5              | 10   | 1,000 |
| 5,6              | 8    | 0,903 |
| 5,7              | 7    | 0,845 |
| 5,8              | 6    | 0,778 |
| 5,9              | 3    | 0,477 |
| 6,0              | 3    | 0,477 |



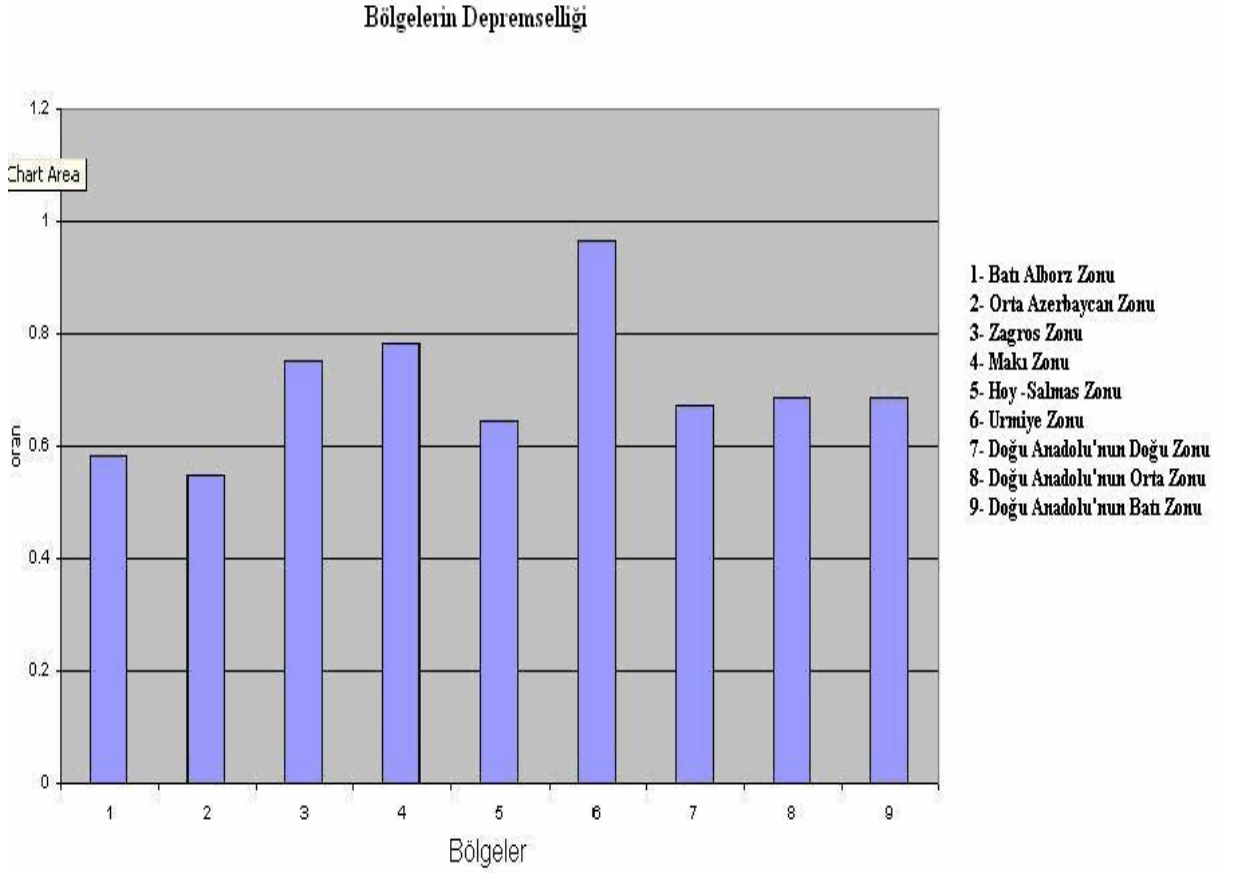
Şekil 4.37 Doğu Anadolu'nun Doğu zonuu M-LogN ilişkileri

Çizelge 4.16 deki değerler kullanarak M-LogN eğrisinden  $a= 4.7265$  ve  $b= 0.6718$  olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.20 Doğu Anadolu'nun Batı zonu 0.5 birim magnitüd aralıklı periyod

| M   | N (M)   | Dönüş Periyodu |
|-----|---------|----------------|
| 5   | 0,18502 | 5,4            |
| 5.5 | 0,08958 | 11,2           |
| 6   | 0,04337 | 23,1           |
| 6.5 | 0,02100 | 47,6           |
| 7   | 0,01017 | 98,4           |
| 7.5 | 0,00492 | 203,1          |

#### 4.5.3 Azerbaycan ve Doğu Anadolu'nun depremselliğinin karşılanması



Şekil 4.38 Azerbaycan ve Doğu Anadolu zonlarının depremsellik karşılaştırması

Şekil 4.34 Azerbaycan ve Doğu Anadolu zonlarının **b** değerleri gösterilmektedir. Bu değerler sırayla batıdan doğuya taraf çizilmiştir. Batı Alborz'dan hareket ederek depremsellik artış göstermektedir. Zagros dağlık bölgede de artış gözükmemektedir. Hiç bir tarihi büyük depreme tanık olmayan Urmiye bölgesi en düşük depremselliği sergilemektedir. Doğu Anadolu'ya gelince depremsellik büyümektedir. Doğu Anadolu'ya gelince depremsellik artmaktadır. En maksimum depremsellik Doğu Anadolu'nun batı yönünde sergilenmektedir. Bu ise KAF ve DAF'ın en tehlikeli bölümleriyle rastgelmektedir.

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada Arabistan ve Turan kıtasal çarpışmasıyla yanısıra Hazar ve başka bölgede bulunan mikrolevhalar çarpışmasıyla Doğu Anadolu ve İran'ın Kuzey batısına (Azerbaycan) kadar geniş bir bölgede meydana gelen faylar ve onlarla ilgili büyük ve küçük depremlerin mekanizması ve deprem riskleri incelenmiş ve İran dâhilinde kurulan ulusal ve uluslar arası deprem sempozyomlarında tartışılmıştır. Doğu Anadolu depremelliği Türkiye tarafında zaman zaman incelenmiş olsa bile bugüne kadar onun depremsellik özellikleri bu bölgeye komşu olan Azerbaycan depremselliği ile tartışılmamış ve bazen uzakdan bu bölgenin sadece kaynak mekanizmaları incelenmiştir.

Bölgenin sismotektonik yapısını etkileyen levhalardan fazla İran tarafının mikrolevhalar tarafından çarpılmasını vurguladık ve bu çarpma nedeni İran tarafında oluşan ulusal fayları Turan değil Hazar mikrolevhası etkisinde olduklarını bulduk. Bu nedenle Azerbaycan mikrolevha konusunu inceledik.

Azerbaycan mikrolevhasını etkileyen levhalar başta olmak üzere Arap levhası ve Türn levhasından etkilenen Güney Hazar mikrolevhası olmuştur. Bu levhaları hareketi nedeniyle bölgede makaslama görünmektedir. Bölgede oluşan depremlerin odak mekanizmasını incelediğimizde bu makaslanma olayı açıkca gözükmemektedir. Azerbaycan yapısının incelenmesi de bu bölgede faylaşma ve büzüşmenin N 125–130 derece istikametinde olduğunu göstermektedir. Arap levhasının basınçlı hareketi bu rakamı doğrulamaktadır. Ayrıca bu dalma batma ve çarpışma olayların başka görsel tanığı ofyolitlerin bulunmasıdır.

İncelediğimiz başka konu ise Doğu Anadolu ve Azerbaycan bölgelerinin yer kabuğunun kalınlığı olmuştur. Çeşitli sismik ve gravite yollarıyla ele gelen bilgiler Azerbaycan'ın yer kabuğunun ortalama 35–38 km olarak göstermektedir. Bu rakam Azerbaycan batısında dağlık bölge olduğu için daha fazladır. Orta Azerbaycan'a gelince özellikle Kuzey Tebrz Fay zonunda yer kabuğu daha da incelmektedir. Orta Azerbaycan

bölgesinden doğuya doğru gittiğimizde bu rakam yine artmaktadır. Doğu Anadolu bölgesine geldiğimizde bu bölgenin kabuk kalınlığı 40-50 km lere kadar artmaktadır.

Azerbaycan ve Doğu Anadolu sismotektonik araştırmalarına gelince bölge faylarını hava fotoğrafları ve saha bilgilerinden tespit edilmiştir. Uzun diri faylar ve yerel fayların sayı bakımından fazla olduğuna göre sadece daha aktif olan fayları incelenmiştir. Bu konuyu hem 2. bölüm hem 4. bölümde detaylı olarak arştırdık. Bu fayların maksimum üretebileceği depremler araştırılmıştır.

Doğu Anadolu sismotektoniğine gelince bu zonda aktif olan faylar ve hareketleri incelenmiştir, sonuçlar ise 2 ve 4. bölümde verilmiştir.

Daha sonra depremsellik açısından önemli olan, deprem katalogları incelenmiş ve yeni eklemeler artırılmıştır. Türkiye kaynaklarında Azerbaycan konusunda hiç bilimsel kaynak olmadığından bu konu Türkiye'de ilk defa değerlendirilmektedir. Milattan öncei 1900 lere kadar incelenen tarihi kaynaklar bize hayli katkıda bulundu. 1900 lardan itibaren aletsel veri sistemine gelişmesi depremçilerin işleri daha da kolaylaştırdı. Doğu Anadolu ve Azerbaycan'la ilgili kataloglar, başka deprem katalogları ve internet sitelerinden derlenmiştir.

Elde edilen sonuçların bir kısmını 4. bölümde verilmiştir. Azerbaycan bölgesi Doğu Anadoluyla komşu olmasına rağmen 3 sismotektonik zondan oluşmaktadır. Azerbayca'nın doğu Anadolu'yla komşu olduğundan Batı Azerbaycan depremsellik açısından aynı mevkiye sahiptir. Bu sonucu çizelgeler, şekiller ve eğrilerden elde edilmiştir.

Azerbaycan ve Doğu Anadolu kabuk kalınlığını incelerken Azerbaycan'ın önemli faylarından sayılan Kuzey Tebriz fayı ve Doğu Anadolu'da bulunan KAF ve DAF ların bulunduğu mevkiilerin kabuklarının ince olduğunu tespit ettik. Her iki bölgede Gravite ve sismolojiyle elde edilen kabuk bilgilerini mukayese ettik. Sonuçların bir az farklı olduğunu tespit ettik. Bu farklılıkları gerek her iki bölgede sismoloji verilerin az olması

gerekse gravite yönteminin mikro düzeyde yanıt vermemesine bağladık. Gelecek araştırmalarımız bu meselenin çözülmesinde yardımcı olacaktır.

Azerbaycan ve Doğu Anadolu'da büyüklükleri 4.5 dan fazla olan depremlerin kordinatlı olarak hem kabuktaki yerini hem de derinlik ölçüsünde verilmiştir. Araştırmalarımız Doğu Anadolu'da depremlerin daha sık olduğunu göstermiştir.

Doğu Anadolu ve Azerbaycan bölgeleri tektonik bakımından aynı koşullara sahip olduklarını bir daha vurgulanmış ve deprem derinliklerinde fay uzantılarını araştırdıkça KAF, DAF ve KTF in bir biriyle ilişkide olduğu tespit edilmiştir.

Her iki bölgede fayların maksimum üretebileceği deprem potansiyelleri hesaplanmıştır. Aktivite açısından her iki bölge çok riskli bir mevkiye sahiptir, ancak KAF'ın tehlikesi, araştırmalarımıza göre, büyük bir tehlikedir. b üzerinden her iki bölgenin depremselliği araştırılmıştır. Doğudan batıya depremsellik artmakta nihayet Orta Azerbaycan bölgesinde maksimum dereceye varmaktadır. Depremsellik, Doğu Anadolu komşuluğunda bulunan Urmiye zonunda minimum ölçüye varmaktadır. Urmiye bölgesinde sismik boşluk tespit edilmiştir. Doğu Anadolu bölgesinde tekrar depremsellik artmaktadır. Tespit ettiğimiz son konu depremselliğin kabuk kalınlığıyla olan ilişkisidir. Orta Azerbaycan ve doğu Anadolu'nun KAF ve DAF'ın sınırında kabuğun ince olduğu ve depremselliğin yüksek olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akdeniz, A. 2003. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin depremselliği kabuk ve üst manto yapısı ve deprem riskinin incelenmesi, A.Ü. F.B bilimler Enstitüsü. Jeofizik Ana bilim dalı, Yüksek lisans tezi.
- Al-lazki, A. 2003. Tomographic Pn velocity and anisotropy structure beneath the antolian platea (eastern Turkey) and the surrounding regions, Geophysical Reaserch letters, Vol.30, No 24, 6-1,2.
- Allen, B. M. 2003. Late Cenozoic deformation in the south Caspian region effects of a rigid basement block within a collision zone.
- Ambraseys, N. N. and Finkel, C. F. 1995. The Seismicity Of Turkey And Adjacent Areas: A Historical Review, 1500- 1800. Muhittin Salih Eren, İstanbul, Turkey.
- Ambraseys, N. and Melvil, C. 1982. A History Of Persian Earhquqkes. Cambridge University Press, U. K.
- Anonim. 1997. Coğrafi Bilgi Sistemi ile Deprem bölgelerinin İncelenmesi. 1997, TC Bayındırlık ve İSKAN Bakanlığı, Afet İşler Genel Müdürlüğü.
- Asudeh, I. 1982. Pn velocities beneath Iran. Earth and Planetary Science Letters. 61(1982)136-142 geophysiclsociety, vol.2, no 4, November 199, p. 139
- Asudeh, I. 1982a. Pn velocities beneath Iran: Earth and Planetary Science Letters, 61, 136 - 142.
- Asudeh, I. 1982b, Seismic structure of Iran from surface and body wave data: Geophysical Journal of R.A.S., 71, 715 - 730.
- Ates, A. Kearey. P. Tufan. S. 1999. New Gravity and magnetic Anomaly maps Of Turkey. Geophys.J . İnt. (1999) 136, 499-502
- Bath, M. 1979. Seismic risk in Turkey-a preliminary approch: Tectonophysics, 54, T9-T16.
- Berberian, M.1976. Bozgush 1879 earthquake, GIS Report No 39.
- Berberian, M. 1976 North Tabriz fault, GIS Report No 39.
- Berberian, M. 1976 Salmas earthquake, GIs Report No 39.
- Berberian, M. 1976 Contribution to the Seism tectonics of Iran (part IV), GIS No 40.

- Berberian, M. Tchalenco. J.S. 1976 Field study and documentation of The 1930 Salmas earthquake, GIS no 49, P 271\_ 342 .
- Berberian, M. 1976 Macroseismic epicenters of destructive and damaging earthquakes in Iran (1900-1976). GIs No 39.
- Berberian, M. 1977, Badavli (W. Maku) earthquake of 1968 April 29 Gs No 40.
- Berberian, M. 1983 The southern caspian A compressional Deperssion floored by a trapped modified oceanic crust. GIS No 40.
- Berberian, M., and Arshadi, S. S. 1976. On The evidence of the youngesy activity of the North Tebriz Fault and The seismity Of Tabriz city. GIS NO 39.
- Bingöl, E. 1989. Türkiye'nin Jeoloji Haritası, 1/2000000, MTA yayını, Ankara
- Brune, N. J. Nafe, J. E. and Oliver, J.E. 1960. A simplified method for the analyses and synthesis of dispersed wave trains: Journal of Geophysical Research, 65, 287-303.
- Bozkurt, E. 2001. Neotectonics of Turkey- a synthesis. Geodinamica Acta, 14, 3-30.
- Chen, C. Y., Chen, W. P. and Molnar, P., 1980, The uppermost ANTO fit to a model with a total crustal thickness: Geophysical Research Letters, 7, 77-80.
- Dehghani, G. A. and Makris, J. 1983. Gravity field and Cnustal Structune of Iran, No 51 GIS.
- Eslami, A. A. 1974. Detecting the thickness of the crust in Shiraz area using hypocenter situated below the crust: Journal of the Earth and Space Physics, 2, 15-18.
- Ghanbari, A. 1989 Tectonics of The Tethyan\_ Himalayan belt in The Iranan area 28Th I. G. Washington. D. C. U. S. A.
- Ghanbari, A. 2001. Paleoseismisity and Neo seismity in The Azerbaigan area I. G. C. Tokoyo; Japan.
- Gutenberg, B. and Richter, C. F. 1954, Seismity of Earh an Related Phonomena, 2nd.Ed princeton Univ. press, Princto, New Jersey.
- Keskin, M. 2003. Mgma generation by slan steepening and breakoff beneath a subduction- accretion comlex: An alternative model for collision- related volcanism in Eastern Anatolia, Yurkey, Geophysival Research Letters, 30, no 24, 9-1, 9-5.
- Koçyiğit, A. 2001. Neotectonic Of east anatolian Plateay (Turkey) and lesser Caucasus implication for transition from thrusting to stike-slip faulting., Geodinamica acta 14, 177-195

- Jackson, J. and Mekenzie, D. 1984. Active Tectonic of Alpian-Himalayan belt between Western Turkey and Pakistan, Geophy. J. R. vol77. 77. pp. 185–264.
- Jackson, J.1999, Seismology and Active Tectonics of İran. Proc.3rd Int. Seis. And Earthuake Eng. (SEE4), Vol.1, pp.3–13.
- Mangines, K. 1998. The crustal structure of southern Caspian region, geophys.Y .I .V. 133. 630-648.
- Örgülü, G., Aktar, M. and Türkeli, N. 2003. Contribution to the seismotectonics of Eastern Turkey from moderate and small size events. Geophysical Research Letters, 30, no 24, Tur 3–1, 3–5.
- Sandvol, E. and Turkelli, N. 2003. Shear Wave splitting in a young continent- continent collision: An example from Eastern Turkey, GEOPHYSİVAL Research Letters, **30**, no 24, Tur 4-1, 4-5.
- Sengor, M. C. 1991. Late paleozoic and Mezozoic Tectonic evolutic of the Middle Eastn tethysidesi, IGCP project 267, Newsletter No.2.
- Sneyder, D. B. M. and Barazangi, M. 1986. Deep crustal structure and flexure of the Arabian plate beneath the Zagros collisional mountain belt as inferred from gravity observations: Tectonics, 5, 361-373
- Spencer, E. W. 1977. Introduction to the Structure of the Earth: McGraw-Hill Kogakushha Ltd, Tokyo.
- Şaroğlu, F. 1985. Doğu Anadolu’da Neotektonik dönemdeki jeoloji evrim ve havza modeli, İstanbul Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü , Doktora tezi
- Şengor, A. M. C. 1979. The North Anatolian Transform Fault. J. Geol. Soc: London, 136, 269–282.
- Şengor, A. M. 1985. Strike- slip Faulting and related basin formation in zones of tectonic escape, NO. 37, Soc, Of Economic Paleontologists and Mineralogist. Tusla, OK, USA, 227–264.
- Şengör, A. M. C. 2003. Doğu Anadolu Litosfer Mekaniğine Yeni bir yaklaşım, İTÜ Avrasya yer bilimi Enstitüsü.
- Tan, O. 2005. Doğu Anadolu ve Kafkasların deprem mekanizması araştırması, Doktora Tezi, İTÜ.
- Taymaz, T. 1997. Doğu Anadolu Bölgesi'nin Aktif Tektoniği: Yıkıcı depremlerin kaynak mekanizması, TÜBİTAK preojesi, Final Raporu, Ocak 1999.
- Turkelli, N. 2003. Seismogenic Zones in Eastern Turkey, Geophysical Reaserch letters, Vol.30, No 24, Turk 2-1,2.

- Wong, H. 1978. Shallow Stucture in Lake Van, İn E. Degens and F. Kutman. Gelogy of Lake Van, M.T. A press, Ankara, Turkey, 20–28.
- Yin, A. and Harrison, M. 1996. The Tectonic Evolution of Asia, cambridge university Pres
- Zamani, A. and Hashemi, N. 2000. A comparision between seismicity, topographic relief, and gravity anomalies of the İranian plateaue, tectonophysics, 327, 25–36.
- Zor, E. and Sandvol, S. 2003. The crustal Structure Of The East Anatolian Plateau Turkey from receiver functions, Geophysical R.L., 30, 7-1,7-5

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tohid Malekzade  
Doğum Yeri: Salmas, Batı Azerbaycan, İran  
Doğum Tarihi: 1973  
Medeni Hali: Evli  
Yabancı Dili: İngilizce, Farsça, Arapça

### Eğitim Durumu

Lise : Emirkebir Lisesi 1990  
Lisans : Urmiye üniversitesi 1994  
Yüksek Lisans : Tahran Azad üniversitesi 1998

### Çalıştığı Kurum:

Salmas, Urmiye Azad üniversiteleri 2003