

ERZİNCAN HAVZASI'NIN TEKTONİK GELİŞİMİNİN
PALEOMANYETİK VE POTANSİYEL ALAN
VERİLERİ İLE İNCELENMESİ

ZAFER AKPINAR

DOKTORA TEZİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2010

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERZİNCAN HAVZASI'NIN TEKTONİK GELİŞİMİNİN
PALEOMANYETİK VE POTANSİYEL ALAN VERİLERİ İLE
İNCELENMESİ

ZAFER AKPINAR

DOKTORA TEZİ

JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. HALİL GÜRSOY

SİVAS
2010

Bu alışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Erhan ALTUNEL (Başkan)

Prof. Dr. Halil GÜRSOY (ye)

Prof. Dr. Orhan TATAR (ye)

Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ (ye)

Doç. Dr. Funda BİLİM (ye)

ONAY

Bu tez çalışması, 18/06/2010 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri yeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24-09-2008 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xviii

BÖLÜM 1

1.1 Giriş	1
1.1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı	1
1.1.2 Çalışma Yöntemleri	4
1.1.3 Çalışma Alanının Konumu	6
1.1.4 Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi	7
1.1.5 Önceki Çalışmalar	7
1.2 İnceleme Alanının Stratigrafisi	17
1.2.1 Tersiyer Öncesi Kaya Birimleri	17
1.2.2 Tersiyer ve Kuvaterner Yaşlı Kaya Birimleri	20

BÖLÜM 2 YAPISAL JEOLJİ

2.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu	25
2.2 Faylar	28
2.2.1 Doğrultu Atımlı Faylar	29
2.2.2 Normal faylar	45
2.2.3 Bindirme Fayları	50
2.3 İnceleme Alanının Depremselliği	51

BÖLÜM 3 PALEOMANYETİZMA

3.1 Paleomanyetizma Örneklemesinin Kapsamı	58
3.2 Laboratuvar Yöntemleri	62
3.3 Laboratuvar Çalışmaları	64
3.4 Paleomanyetik Sonuçlar	65
3.5 Çalışma Alanındaki Volkanik Kayaçların Jeokronolojisi	76
3.5.1 Örnekleme ve Örnek Hazırlama Yöntemi	77
3.5.2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Yaşlandırma Sonuçları	77

BÖLÜM 4 KAYAÇ MANYETİZMASI VE MANYETİK DUYARLILIK ANZİOTROPİSİ ÇALIŞMALARI

4.1 Kayaç Manyetizması Çalışmaları	85
4.2 Erzincan Havzası Volkanik Kayaçları AMS Doku Çalışması	93

BÖLÜM 5
ERZİNCAN HAVZASINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN JEOFİZİK (GRAVİTE VE
MANYETİK) ÇALIŞMALARI

5.1 Gravite Kavramı ve Newton Yasaları	112
5.2 Erzincan Havzası Gravite Verileri ve Tektonik Anlamı	113
5.3 Manyetik Kuvvet Kavramı ve Coulomb Yasası	119
5.3.1 Manyetik Alan Şiddeti	120
5.3.2 Manyetik Moment	120
5.3.3 Proton Manyetometresi	121
5.3.4 Yarı Sonsuz Yatay Levha (Fay Anomalisine Yaklaşım)	123
5.4 Erzincan Havzası'na Ait Manyetik Anomali Verileri	126

BÖLÜM 6
TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1 Erzincan Havzasının Yapısı ve Evrimi	135
6.2 Sonuçlar ve Öneriler	159

YARARLANILAN KAYNAKLAR	163
------------------------	-----

ÖZGEÇMİŞ	178
----------	-----

EKLER

EK 1 Çalışma Alanının Jeoloji Haritası	
--	--

ÖZET

ERZİNCAN HAVZASI'NIN TEKTONİK GELİŞİMİNİN PALEOMANYETİK VE POTANSİYEL ALAN VERİLERİ İLE İNCELENMESİ

Zafer AKPINAR

Doktora Tezi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Halil GÜRSOY

2010, 177 sayfa

Türkiye'deki en aktif doğrultu atımlı fay zonu olan KAFZ üzerinde gelişmiş genç çökel havzalarından birisi olan Erzincan Havzası'nın özellikle kuzey kenarı üzerinde KAFZ ile yakından ilişkili Kuvaterner yaşlı volkanik çıkış merkezlerinin yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında, onaltı tanesi kuzeyde ve biri güneyde (Molla Tepe) yüzeyleyen volkanik çıkış merkezlerindeki lavlardan paleomanyetik amaçlı örneklemeler yapılmıştır. Paleomanyetik örnekleme çalışmalarına paralel olarak, aynı zamanda bu kayaçların jeokronolojik yaşlarını saptamak amacıyla da örnek alınmıştır. Gruplandırılmış 13 ayrı koniden elde edilen deklinasyon ve inklinasyon değerleri incelendiğinde, rotasyon değerlerinin 10 ayrı konide yaklaşık 12° ile 195° arasında değişen saat yönünde bir rotasyona uğradığı; Çakrak Tepe, Yassı Tepe ve Boz Tepe konilerinin ise sırasıyla 13°, 21° ve 18° ile saatin tersi yönünde rotasyonuna uğradığı görülmektedir. Erzincan Havzası'nda 43 ayrı istasyondan alınan örneklerin paleomanyetizma sonuçları incelendiğinde, örneklerin tümünün pozitif inklinasyon değeri sunduğu dolayısıyla normal bir polarite içerdiği görülmektedir. Bu bulgu, Erzincan Havzası'ndaki genç volkanik kayaçların tümünün Bruhnes evresinde oluştuğunu göstermekte, dolayısıyla bu volkanizmanın yaşının 780 000 yıldan daha genç olması gerektiğini ifade etmektedir.

Bunun yanısıra Erzincan Havzası'ndan jeokronolojik yaşlandırma amacıyla alınan 13 örnekten $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş verisi elde edilmiştir. Bu yaş verileri incelendiğinde 6 tanesinin paleomanyetizma verileri ile uyumlu olduğu, diğer 7 yaşlandırma sonucunun ise bu verilerle uyumlu olmadığı ve hata aralığının oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir.

Erzincan Havzası'nda yeralan genç volkanik kayalarda yapılan manyetik duyarlılık anizotropisi (AMS) çalışmaları da havzada yeralan volkan konilerindeki lavların akıntı yönleri ile ilgili dikkate değer sonuçlar vermiştir. Konilerdeki akıntı yönlerinin genellikle KKB yada GGD'ya doğru geliştiği gözlenmektedir. Bu akıntı yönü, konileri sınırlayan doğrultu atımlı fayların genel uzanımı ile uyumlu olup, bu volkan konilerinin fay kontrollü geliştiğine dair önemli veri sunmaktadır.

Havzanın kenar kısımlarında genç çökeller içerisinde, yüzeyde jeomorfolojik ve morfolojik belirtisi gözlenmeyen fayların olup olmadığını araştırmak amacıyla KD-GB ve K-G gidişli hatlar boyunca bazı noktalarda manyetik profiller boyunca sürekli ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlerde dar bir aralık içerisinde manyetik anomalilerde 50 ile 2500 nT arasında değişen ani sapmalar görülmüştür. Bu noktalar bir doğru ile birleştirildiği takdirde, havzanın genel geometrisine uygun bir gidişe sahip, yüzeyde morfolojik belirti sunmayan gömülü fayların var olabileceğine işaret etmektedir. Manyetik profillerde saptanan değişimlerden başka, Erzincan Havzası'nın Bouguer Anomali Haritasından havzanın GD ucuna ait KD-GB gidişli gravite modelleri üzerinde dayk şeklinde keskin bir morfoloji gösteren bir dizi yapı saptanmıştır. Bu yapılar, yüzeyde gözlenen volkan konilerinin bulunduğu hat boyunca genişliği 0.2-2.35 km arasında değişen bir kırık zonunu işaret etmektedir.

Erzincan Havzası'nın güney kenarı, kuzey kenarının aksine daha düzensiz bir geometriye sahip ve genelde K50°-80°B uzanımlı KKD ya eğimli normal faylarla sınırlıdır. Bu durum, güncel görünümü ile her iki kenarı sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemiyle tam olarak denetlenen tipik bir çek-ayır havzanın genel geometrisine uymamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Erzincan Havzası, doğrultu atımlı fay, paleomanyetizma, kayaç manyetizması, volkanizma, Kuzey Anadolu Fay Zonu.

ABSTRACT

INVESTIGATING OF THE TECTONIC EVOLUTION OF THE ERZİNCAN BASIN WITH PALEOMAGNETIC AND POTENTIAL FIELD DATA

Zafer AKPINAR

PhD Thesis, Department of Geological Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Halil GÜRSOY

2010, 177 pages

Erzincan Basin is one of the most important Quaternary basins developed along the eastern part of the North Anatolian Fault Zone. A number of Quaternary volcanic domes are associated with strike-slip faulting on the northern margin of the Erzincan Basin. Paleomagnetic sampling was carried out within these volcanic domes, sixteen of which is located in the north, one is located in the south (Molla Hill). In the meantime with the paleomagnetic sampling, geochronological sampling studies were also conducted within these domes. These volcanic cones are then grouped according to their geographical position and paleomagnetic data. When paleomagnetic declination and inclination values are studied within 13 grouped cones, it is clear that 10 cones show clockwise rotations with an amount of 12° and 195° . Although, Çakrak Hill, Yassı Hill and Boz Hill cones show anticlockwise rotations with an amount of 13° , 21° and 18° respectively. All paleomagnetic samples collected from Erzincan Basin show positive inclination values which means the normal polarity. This finding indicates that all volcanic domes located within Erzincan Basin formed during Brunhes chron indicating the age of volcanism is younger than 780.000 ka.

On the other hand, geochronological studies within 13 samples resulted in different radiometric ages. 6 of the total samples indicate meaningful results and consistent with the paleomagnetic data. But, the remaining has large error limits and are not compatible with the paleomagnetic data.

AMS (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) studies were also carried out within Quaternary volcanic rocks in the Erzincan Basin. AMS studies showed

important data for the direction of lava flows. Flow directions are mostly NNW or SSE and consistent with the direction of the strike-slip faults bounding the volcanic cones in the northern margin of the basin.

In the younger deposits on the margins of Erzincan Basin performed continuous measurements along magnetic profiles oriented NE-SW and N-S for determining buried faults do not show morphological indications on surface. In the magnetic anomalies performed along these profile observed sudden deviations between 50 and 2500 nT in a narrow range. When the points observing sudden deviations combined with a line indicate that possible buried faults do not show morphological indications on surface and corresponding with general geometry of basin. In addition deviations determined in the magnetic profiles, on the gravity models trending NE-SW direction in SE part of the basin, a sequence of dyke like structures show a sharp morphology was determined from Bouguer Anomaly Map of Erzincan Basin. These structures indicate a rupture zone differ from 0.2 to 2.35 km along volcanic cones observed on the surface.

Southern margin of Erzincan Basin has got a different geometry apart from its northern margin and bounded with normal faults, N50°-80°W trending and slipping NNE. Current state of Erzincan Basin does not resemble a typical pull-apart basin geometry bounded both of margins with dextral strike-slip fault system.

KEYWORDS: Erzincan Basin, strike-slip fault, paleomagnetism, rock magnetism, volcanism, North Anatolian Fault Zone.

TEŞEKKÜR

C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı doktora programı kapsamında hazırlanan bu doktora tezi, Prof. Dr. Halil GÜRSOY danışmanlığında gerçekleştirilmiştir. Danışmanım Prof. Dr. Halil GÜRSOY'a tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren Prof. Dr. Orhan TATAR ve Doç. Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ'a, laboratuvar çalışmaları ve verilerin yorumlanması aşamasında yardımcı olan Dr. John D.A. PIPER'a ve yine laboratuvar çalışmaları sırasında yardımcı olan Liverpool Üniversitesi Jeomanyetizma Laboratuvarı personeline,

Paleomanyetik amaçlı arazi çalışmaları sırasındaki yardımlarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT'a, jeofizik arazi çalışmaları ve verilerin değerlendirilmesi aşamalarına yardımcı olan jeofizik mühendisi Sinan KOŞAROĞLU'na,

Arazi çalışmaları sırasında yardımcı olan stajyer arkadaşlarım, Metin Geyik'e, Seda Yaman'a, Yavuz Töre'ye, Burak Aşıcı'ya ve Çağdaş Bektaş'a,

Ayrıca tez çalışması boyunca maddi destek sağlayan TÜBİTAK ve CÜBAP'a teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İnceleme alanının yer bulduru haritası.	3
Şekil 1.2 Erzincan Havzası ve çevresindeki tektonik bloklar ve bu blokların hareket yönünü gösterir şekil (Barka ve Gülen, 1989; Barka ve Eyidoğan, 1993 ve Kaypak ve Eyidoğan 2002 den sadeleştirilmiştir).	4
Şekil 1.3 Sarıkaya Köyü kuzeyinde, Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı birimlerin (Kömür Formasyonu) kireçtaşı seviyelerinin yakından görünümü.	21
Şekil 1.4 Çatalarmut GB'sında, Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu'nun yakın plan görünümü.	22
Şekil 1.5 Havza dolgusunu oluşturan gevşek çimentolu alüvyon yelpazesinin yakın plan görünümü, Üzümlü GB'sı.	24
Şekil 1.6 Başpınar (K.Köşünker) yelpazesi.	24
Şekil 2.1 Yalnızbağ kuzeyinde, KAFZ'ın S2 segmentinin panoramik görünümü.	31
Şekil 2.2 Yalnızbağ kuzeyinde Erzincan-Gümüşhane yolu üzerindeki yol yarmasında 1939 Erzincan Depreminde oluşan yüzey kırığı.	32
Şekil 2.3 Erzincan Havzası güneydoğusunda Avcılar (AFS), Karakaya-Bayırbağ (KBFS) fay setlerini gösteren jeolojik harita.	33
Şekil 2.4 Erzincan Havzası kuzey kenarında Avcılar-Karakaya arasındaki S1, S2 segmentleri ile Pınarlıkaya-Kalolar (PKF), Avcılar (AFS1, ve 4) ve Karakaya-Bayırbağ (KBFS1 ve 2) faylarının panoramik görünümü	34
Şekil 2.5 Erzincan Havzası kuzey kenarındaki Pişkidağ-Üzümlü arasındaki S1 ve S2 segmentleri ile Pınarlıkaya-Kalolar (PKF) ve Karakaya-Bayırbağ (KBFS1) faylarının genel görünümü.	35
Şekil 2.6 Geyikli Köyü kuzeyi, havzanın kuzey kenarında Üzümlü-Çakırman Fay seti üzerinde gözlenen sağ yanal ötelenme.	37
Şekil 2.7 Erzincan Havzası kuzey kesiminde Üzümlü-Çakırman arasındaki Üzümlü-Çakırman fay setini (ÜÇFS) gösteren jeolojik harita.	37
Şekil 2.8 Erzincan şehir merkezi KD sundaki Başpınar (BF) ve Geçit (GF) faylarını gösteren jeolojik harita.	38
Şekil 2.9 Başpınar Fayının (BF) genel görünümü.	38
Şekil 2.10 Dereyurt Köyü'nden geçen Dereyurt fay setinin (DFS1) genel görünümü.	39
Şekil 2.11 Erzincan Havzası'nın KB kenarının jeolojik haritası.	40
Şekil 2.12 Davarlı KB ucundaki Çardaklı fay setinin (ÇFS1 ve 2) panoramik görünümü.	42
Şekil 2.13 Oğulcuk köyü kuzeybatısında, Yaylabası fay setine ait faylardan birisinin (YFS2) Caniklerbağı mevkiinin güneydoğusundaki bir yamaç molozu birikintisi içerisinde açılan yarmadaki yakın plan görünümü.	43
Şekil 2.14 Erzincan Havzası güneybatı kenarının jeolojik haritası.	44
Şekil 2.15 Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu içerisinde gözlenen İkinci fayına ait düzlemler.	45
Şekil 2.16 Erzincan Havzası'nın GD keiminde, Doğanpınar-Erdene arasında Salkımözü fayı (SF) ve Avcılar fay setinin (AFS2 ve 5) panoramik görünümü.	47
Şekil 2.17 Erzincan havzası GD kesiminin jeolojik haritası.	48
Şekil 2.18 Çağlayan fayının (ÇF) Sal Dağı güneyinde, Kanlıkavak Tepe ile Tatlısu Köyü arasındaki panoramik görünümü.	49

Şekil 2.19 Erzincan Havzası güney kenarındaki, Gölpınar-Pınarönü fayının (GPF) genel görünümü.	50
Şekil 2.20 Ekmekli Köyü güneyinde, Küçükkızıl Tepe'nin güneydoğu kesimindeki kanal yarmasında gözlenen Ekmekli fayına (EKF) ait düzlem.	50
Şekil 2.21 Çalışma alanında 1939, 1983, 1992 ve 2009 yıllarında meydana gelen depremlerin odak çözümleri (Barka ve Gülen, 1989; Barka ve Eyidoğan, 1993; www.deprem.gov.tr).	55
Şekil 2.22 Erzincan havzası ve yakın çevresinde 1900-2005 yılları arasındaki Magnitüdü 3 den büyük depremlerin odaklarının dağılımı (veriler www.koeri.boun.edu.tr sitesinden temin edilmiştir).	55
Şekil 2.23 Erzincan Havzası ve yakın çevresinde 1900-2005 yılları arasındaki Magnitüdü 3 den büyük depremlerin a) Boylam-Derinlik, b) Enlem-Derinlik dağılımlarını gösterir grafikler.	56
Şekil 3.1 Arazi çalışmaları sırasında örnekleme (a), güneş ve manyetik pusula ile kayıt alımı (b) Liverpool Üniversitesi paleomanyetizma laboratuvarı taş kesme sistemi (c) a.f. manyetik temizleme işleminin yapıldığı cihazlardan (d) görünümler.	59
Şekil 3.2 Bir karot örneğinin kartezyen koordinat sistemine göre yönelimi (Butler, 1992).	59
Şekil 3.3 Erzincan Havzasındaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki paleomanyetik örnekleme sonuçlarına göre her bir istasyon için elde edilen rotasyon paraşütleri.	66
Şekil 3.4 Erzincan havzasındaki volkanik kayalardan elde edilen termal demanyetizasyon (TH) işlemlerine ait bazı örnekler.	67
Şekil 3.5 Erzincan havzasındaki volkanik kayalardan elde edilen alternatif alan (a.f.) demanyetizasyon işlemlerine ait bazı seçilmiş örnekler.	68
Şekil 3.6 Erzincan Havzasından elde edilen ve Tablo 3.2 de verilen her bir örnekleme istasyonuna ait paleomanyetik mıknatıslanma sonuçlarının grup ortalama değerleri.	70
Şekil 3.7 Erzincan Havzasında yüzeyleyen gruplandırılmış genç volkan konilerine ait grup ortalama paleomanyetik değerlerinin kontur dağılımını gösterir diyagram.	74
Şekil 3.8 Erzincan Havzasındaki volkanik kayalara ait ortalama manyetik deklinasyon yönleri ile jeokronolojik yaşlara göre elde edilen diyagram. (Tablo 3.2 ve 3.3'e bakınız). Tablo 3.3'de verilen koni numaraları kullanılmıştır.	74
Şekil 3.9 Erzincan Havzasındaki gruplandırılmış volkan konilerine ait grup ortalama rotasyon paraşütlerini gösterir harita.	75
Şekil 3.10 Erzincan Havzasında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalara ait çıkış merkezlerinden daha önceki çalışmalarda ve bu çalışmada elde edilen jeokronolojik yaş (bin yıl, ka) değerlerini gösterir harita.	84
Şekil 4.1 Erzincan Havzasındaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğin manyetik özelliklerini gösterir diyagramlar.	86
Şekil 4.2 Erzincan Havzasındaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar.	87
Şekil 4.3 Erzincan Havzasındaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar.	88

Şekil 4.4 Erzincan Havzasındaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar.	89
Şekil 4.5 Erzincan Havzasındaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar.	90
Şekil 4.6 Manyetik duyarlılık anizotropisi üç eksenli ($k_1 > k_2 > k_3$) bir elipsoidle ifade edilir (Lanza ve Meloni, 2006).	95
Şekil 4.7 (a) Erzincan Havzasındaki lav akıntılarının elipsoid AMS özelliklerini ve anizotropi derecesinin yoğunluk dağılımını gösteren diyagram. (b) Foliasyon-lineasyon diyagramı; eğimli kesik çizgi düzlemsel (oblate) ve çizgisel (prolate) fabriği birbirinden ayırmaktadır. (c) Düzeltilmiş anizotropi derecesi-şekil parametresi diyagramı (Jelinek 1981); yatay eksen düzlemsel (oblate) ve çizgisel (prolate) dokuyu birbirinden ayırmaktadır.	96
Şekil 4.8 Erzincan Havzası'ndaki volkan konilerine ait lavların akıntı yönlerini gösteren harita. Oklar akış yönlerini göstermekte olup, bu akış yönleri volkanik konilerin topografik konumu ve her bir istasyona ait kontur dağılımlarından saptanmıştır.	99
Şekil 4.9 Molla Tepe konisindeki 763 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	100
Şekil 4.10 Pelitli Tepe konisindeki 768 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	100
Şekil 4.11 Ağıl Tepe- konisindeki 769 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	101
Şekil 4.12 Ağıl Tepe konisinin güney yamacından alınan 770 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	101
Şekil 4.13 Ağıl Tepe Konisinin GB yamacından alınan 771 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	102
Şekil 4.14 Boz Tepe konisindeki 772 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	102
Şekil 4.15 Taşlı Tepe konisindeki 773 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	103
Şekil 4.16 Köy Tepe Konisindeki 775 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	103
Şekil 4.17 Köy Tepe konisinin KD'sundan alınan 777 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	104

Şekil 4.18 Köy Tepe Konisinin KD'sundan alınan 778 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	104
Şekil 4.19 Pulur Tepe Konisindeki 817 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	105
Şekil 4.20 Altın Tepe konisindeki 820 nolu örneğin AMS doku verilerini gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Bu örnekten elde edilen fabrik verileri, akıntı yönü ile ilgili belli bir yönlenebilirliği göstermemektedir.	105
Şekil 4.21 Çakrak Tepe konisindeki 826 nolu örneğin AMS doku verilerini gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Bu örnekten elde edilen fabrik verileri, akıntı yönü ile ilgili belli bir yönlenebilirliği göstermemektedir.	106
Şekil 4.22 Çakrak Tepe konisindeki 827 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	106
Şekil 4.23 Koliğınburnu Tepe'deki 764 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	107
Şekil 4.24 Yassı Tepe konisindeki 783 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	107
Şekil 4.25 Yassı Tepe konisi batısındaki 784 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	108
Şekil 4.26 İraduh Tepe konisindeki 787 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	108
Şekil 4.27 Alikotaşı Tepe konisindeki 778 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	109
Şekil 4.28 Alikotaşı Tepe konisindeki 789 nolu örneğin elde edilen AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	109
Şekil 4.29 Alikotaşı Tepekonisindeki 790 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	110
Şekil 4.30 Ilıca Tepe'den alınan 813 nolu örnekten elde edilen AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur dağılımı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.	110
Şekil 5.1 Erzincan Havzası ve çevresinin Bouguer anomali haritası. Kontur aralığı 5 mGal (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f' ve g-g'); gravite kesit güzergahları).	113

Şekil 5.2 Erzincan Havzası ve çevresinin gravite anomalilerinin yatay gradyanının en büyük yerleri.	115
Şekil 5.3 Erzincan Havzasındaki maksima lokasyonlarından üretilen çizgisellikler.	116
Şekil 5.4 Erzincan Havzası'nın Bouguer anomali haritasından (Şekil 5.1) alınan havzanın doğusuna ait gravite modelleri.	118
Şekil 5.5 Büyüklüğü $M=(2L)P$ olarak tanımlanan manyetik momentin yönü "-P" kutbundan "+P" kutbuna doğrudur.	121
Şekil 5.6 Algılayıcının bir kısmı ve algılayıcı içindeki bir protonun topaç hareketi ile fiziksel büyüklükler (Telford vd., 1990; Sanver ve İşseven, 2007).	122
Şekil 5.7 Yarı sonsuz yatay levha modeline ait model parametreleri ve F ve Z anomalileri (Telford vd., 1990).	124
Şekil 5.8 Düşey fay (a) ve normal ve ters faylara (b) ilişkin modeller ve (Z) ve (F) anomali eğrileri (Telford vd., 1990).	126
Şekil 5.9 Manyetik profil güzergahlarının yerlerini gösteren jeolojik harita ve bu profillerden en iyi sonuç gözlenen 15 ve 16 nolu profillere ait grafikler.	128
Şekil 5.10 Erzincan havzasının güneyinden ölçülen manyetik anomali profillerine ait kesitler.	129
Şekil 5.11 Havzanın doğu ucundan alınan Profil 2 ve Profil 1'e ait manyetik anomali kesitleri.	130
Şekil 5.12 Erzincan havzasının kuzeyinden ölçülen manyetik anomali profillerine ait kesitler.	131
Şekil 5.13 Erzincan Havzası'nda ölçülen manyetik anomali profillerinden elde edilen çizgisellikler.	132
Şekil 5.14 Erzincan Havzası'na ait yüzey jeolojisi, gravite ve manyetik verilerle saptanan çizgisellik haritası.	134
Şekil 6.1 Gevşeten bükümlü tipik doğrultu atımlı bir fay zonu üzerinde gelişen çek-ayır havza tipleri (Mann, 2007, Şekil 1-b den düzenlenmiştir).	136
Şekil 6.2 Genişlemeli bir çek-ayır havzanın gelişim evrelerini gösteren deneysel benzeşim modeli (Wu vd., 2009).	137
Şekil 6.3 Erzincan Havzası'nın tektonik evriminin aşamaları. (Barka ve Gülen, 1989).	138
Şekil 6.4 Erzincan Havzası'nın tektonik evriminin yorumlanması (Chorowicz vd., 1999).	138
Şekil 6.5 Sağ yanal ABC fayı ve sol yanal DEF fayı kesişmezler, fakat AD normal fay segmenti tarafından ayrılırlar. A ve D noktaları konverjana göre yatay olarak hareket etmezler. BC ve EF fayları, deforme olmayan blokları sınırlayan ve üniform atım oranlarının olduğu transform faylar olarak farzedilirler. Atım oranı, BA ve ED boyunca sıfıra yaklaşır ve buda ABED taralı alanında yaygın bir deformasyon gerektirir. (Westaway ve Arger, 2001).	139
Şekil 6.6 Erzincan Havzası Temiz (2004) tarafından önerilen tektonik model.	139
Şekil 6.7 Büyük Çakırman köyü yakınında piroklastik kayalarda açılan taşocağında gözlenen sağ yanal doğrultu atımlı fay.	140

Şekil 6.8 a) Erzincan Havzasının ana neotektonik yapıları ve b) Rahe vd. (1998) nin asimetric çek-ayır havza modeli ile karşılaştırma.	142
Şekil 6.9 Erzincan Havzası'ndaki volkanik konilerin yaşlarına ve alansal büyüklüklerine göre grupsal dağılım haritası.	143
Şekil 6.10 Havza güneyinde Gölpınar-Pınarönü köyleri arasındaki Gölpınar- Pınarönü Fayının (GPF) normal faylanma morfolojisi.	148
Şekil 6.11 Molla tepe konisindeki pümis ocağında gözlenen normal faylar.	149
Şekil 6.12 Tatlısu Köyü kuzeyindeki alüvyon yelpazesini kesen Çağlayan Fayının (ÇF) Google Earth görüntüsü üzerindeki görünümü.	149
Şekil 6.13 Bir doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde farklı konumdaki alanların farklı rotasyona uğramış bloklarının harita görünüşleri (Woodcock ve Schubert, 1994).	152
Şekil 6.14 Erzincan havzasında gelişen paleomanyetik rotasyonların oluşumunu açıklayan model. 1992 depreminin artçı sarsıntılarında bazılarının merkez üslerinin havza içerisindeki yayılımları ve bunlara ait odak mekanizmaları çözümleri (artçı sarsıntı odak mekanizması çözümleri Fuenzalida vd., 1997'den alınmıştır).	153
Şekil 6.15 Erzincan havzası gelişimi için önerilen model.	156
Şekil 6.16 Erzincan havzasının morfolojik yapısı içerisinde eski ve yeni alüvyon yelpazelerinin dağılımı (E: Eski, Y: Yeni).	158

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1 Erzincan bölgesindeki tarihsel depremlerin listesi (Barka vd., 1987; Guidoboni ve Traina, 1995).	52
Tablo 3.1 Erzincan Havzası'nda paleomanyetik ölçümler için alınan örneklere ait temel bilgiler.	60
Tablo 3.2 Erzincan Havzasında her bir paleomanyetik örnekleme istasyonundan alınan örneklerden hesaplanan grup ortalama değerleri.	69
Tablo 3.3 Erzincan havzasındaki genç volkan konilerinden elde edilen grup ortalama paleomanyetizma yönleri.	72
Tablo 3.4 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan jeokronolojik amaçlı alınan örneklerin dağılımı.	79
Tablo 3.5 Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik çıkış merkezlerindeki lavlardan önceki çalışmalarda elde edilen jeokronolojik yaşların dağılımı.	81
Tablo 3.6 Erzincan Havzası'ndan bu çalışma kapsamında elde edilen jeokronolojik yaşların dağılımı.	82
Tablo 3.7 Erzincan Havzası'ndan bu çalışma kapsamında elde edilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşlandırmaya ait ayrıntılı verilerinin dağılımı.	83
Tablo 4.1 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan alınan bazı örneklere ait kayaç manyetizması sonuçları.	91
Tablo 4.2 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yapılan VFTB – (Variable Frequency Translation Balance) analizlerine ait sonuçlar.	92
Tablo 4.3 Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan elde edilen k_1 , k_2 ve k_3 eksenlerine ait AMS değerleri.	94

BÖLÜM 1

1.1 Giriş

1.1.1 Çalışmanın Amacı, Önemi ve Kapsamı

İnceleme alanı, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde gelişen KB-GD gidişli, uzunluğu 50 km ve genişliği yaklaşık 15 km olan Erzincan ili ve çevresini içine alan bir çek-ayır havza niteliğindeki (Şengör, 1979a; Aydın ve Nur 1982; Hempton ve Dunne 1984; Barka ve Gülen, 1989) Erzincan Havzası'nı kapsamaktadır (Şekil 1.1). İnceleme alanı ve çevresinde bölgenin genel jeolojisi ve neotektonik özelliklerine yönelik çeşitli araştırmacılar tarafından birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalara önceki çalışmalar bölümünde değinilmiştir. Bu çalışma ile öncelikle inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimleri ve bunlar arasındaki yapısal ilişkilerin 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeolojik haritalaması yapılmıştır. Havza içerisindeki volkanik kaya birimlerinden paleomanyetik analiz ve jeokronolojik yaş tayini için örnekler alınmıştır. Bu çalışmada, genç havza dolgusu çökelleri içerisinde bugün herhangi bir jeomorfolojik ve jeolojik belirtisi saptanamayan, özellikle tarihsel dönemde oluşmuş depremler sonucunda gelişmiş olabilecek gömülü yüzey kırıklarının uzanımlarının manyetik yöntemle saptanması amacıyla, süreksizliklerin tespitine yönelik bazı dar alanlarda manyetik profil ölçüleri yapılmıştır.

Genelde aktif doğrultu atımlı fay zonlarının gevşeten büklüm şeklinde sıçrama yaptığı ve/veya fayların kesiştiği bölgelerde, boyutları birkaç on kilometreye ulaşan genç havzalar oluşabilmektedir. Erzincan Havzası KAFZ üzerinde birbirine paralel uzanan iki ana segmenti arasında gelişen tipik bir romboyidal çek-ayır havza niteliğindedir (Şengör, 1979a; Aydın ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984; Şengör vd., 1985). Erzincan Havzası ve yakın çevresinde, birbiri ile eşlenik geometri oluşturan KAFZ, Kuzeydoğu Anadolu Fayı (KDAF) ve Ovacık Fayı (OF), bu bölgenin en önemli ana tektonik yapılarını oluşturmaktadır (Barka ve Gülen, 1989; Kaypak ve Eyidoğan, 2002) (Şekil 1.2). Erzincan Havzası'nın her iki kenarının da aktif faylarla kontrol edilen romboedrik bir çek-ayır havza olduğunu (Aydın ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984) ve Yedisu, Avcıdağ, Ovacık Fayı ve Kuzeydoğu Anadolu Fayı gibi birkaç fay kolunun etkileşimi sonucunda açıldığını (Barka ve Gülen, 1989; Kaypak ve Eyidoğan, 2005), havzanın açılmasının sadece çek-ayır

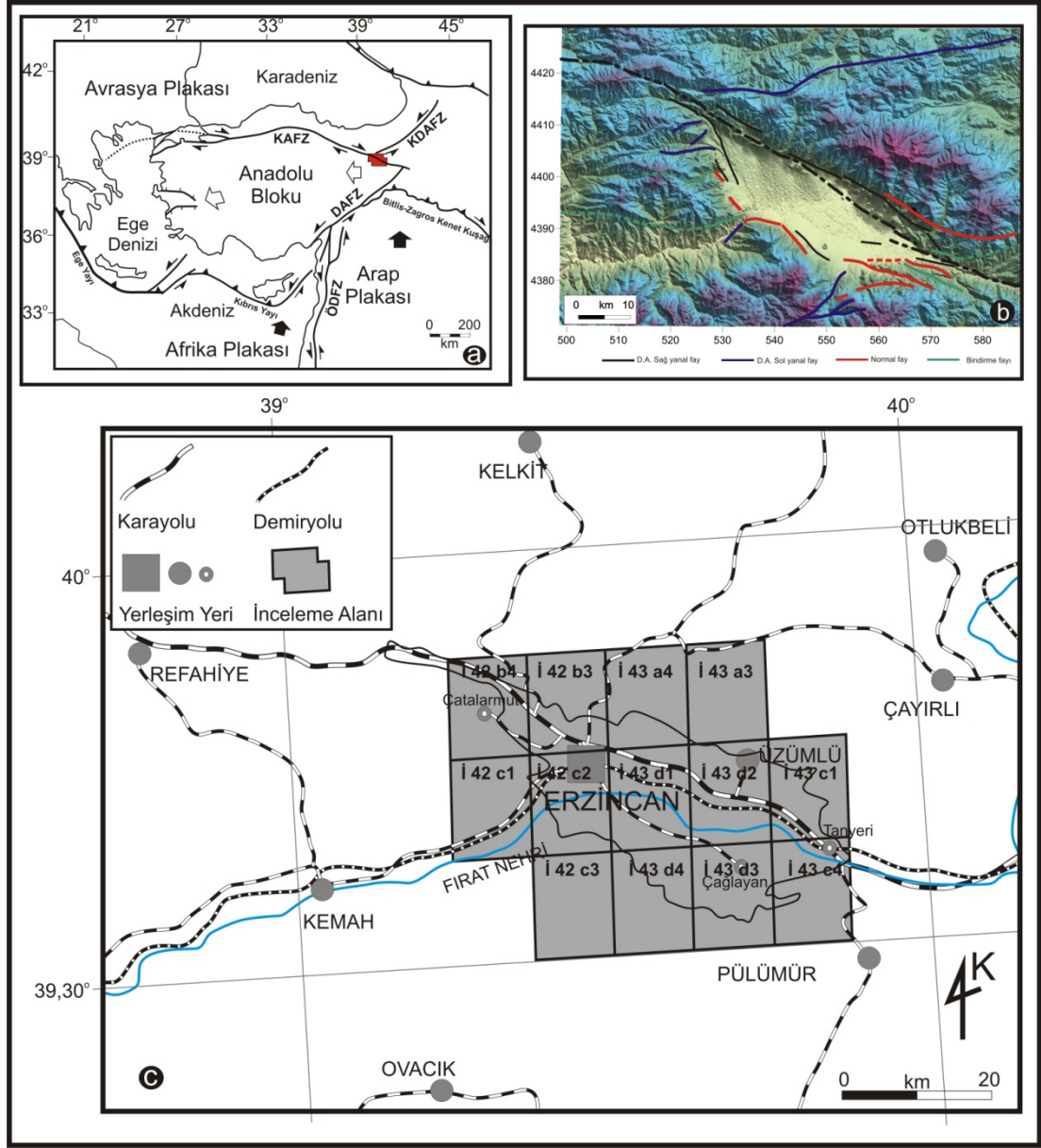
mekanizması ile değil, aynı zamanda Sivas Havzası boyunca gelişen geç Miyosen yaşlı güney güneydoğu-kuzey kuzeybatı yönlü bindirmelerle ilişkili bir yanal yükselme ile de denetlendiğini (Temiz, 2004) ve havza açılımının iki aşamada geliştiğini, ilk aşamada Ovacık Fayı boyunca sol yanal bir blok hareketiyle birlikte saat yönünde bir rotasyon sonucunda, ikinci aşamada ise KAFZ boyunca sağ yanal bir blok hareketi sonucunda meydana geldiğini (Chorowicz vd., 1999) öne süren görüşler vardır.

Erzincan Havzası'nın özellikle kuzey kenarı üzerindeki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik çıkış merkezlerinin KAFZ ile yakından ilintili olduğu bilinmektedir (Ketin, 1969; Baş, 1979; Hempton ve Linneman, 1984, Adıyaman vd., 1998; Karslı, 2006). Bölgenin kabuksal deformasyonun paleomanyetik yöntemlerle analizi için en uygun kayaç türü olan bu volkanik kayaçların tektonik gelişiminin paleomanyetik yöntemlerle analizi hedeflenmiştir.

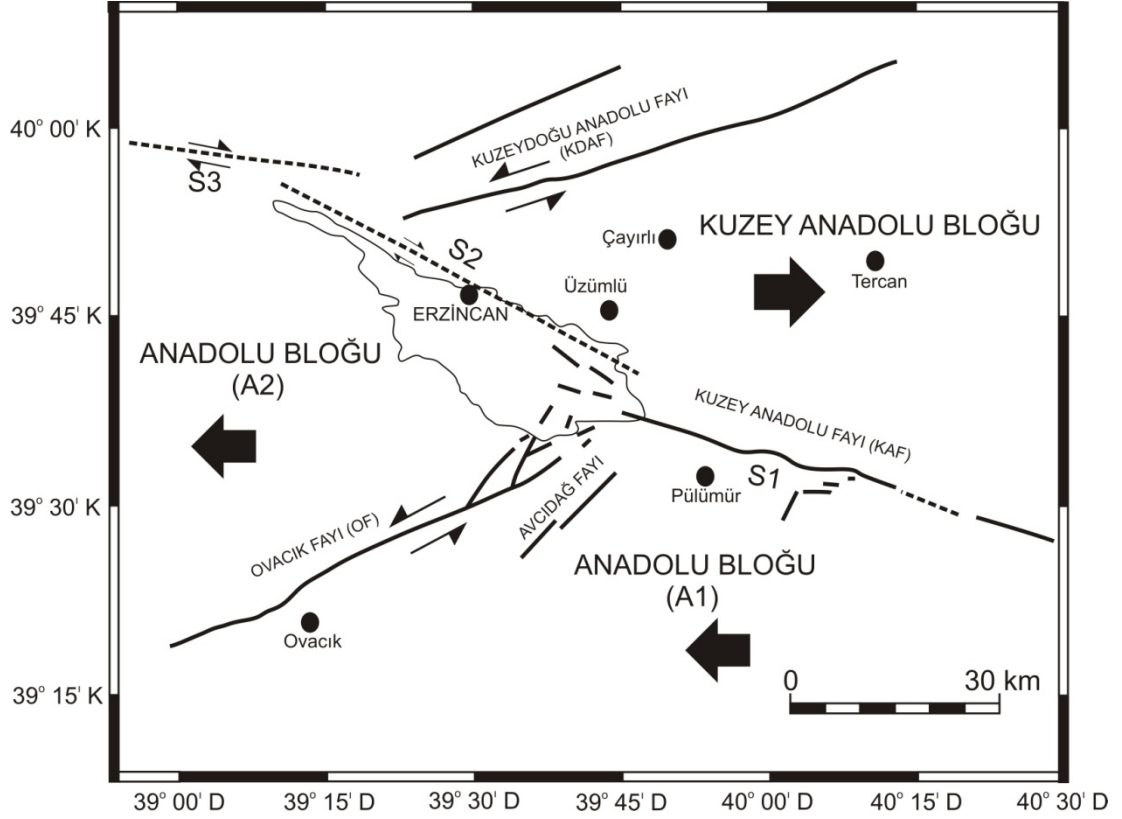
Erzincan Havzası'nın özellikle kuzey kenarı boyunca bir dizi dasitik-riyolitik-bazik karakterli volkan konileri yer almakta ve bu volkan konilerinin bazıları perlit içermektedir. Bu volkan konilerinin yaşı 0.273-0.246 MY (Baş, 1979; Hempton ve Linneman, 1984, Linneman, 2002), <0.012-0.140 MY (Adıyaman vd., 2001) 0.102-0.140 MY (Karslı, 2006) olarak verilmektedir.

Erzincan Havzası içerisinde özellikle kuzey kenarı boyunca yüzeyleyen bu genç volkanik kayaçların paleomanyetik incelemeleri neticesinde havzanın gelişimi konusunda bir yaklaşımda bulunulmuştur.

Erzincan Havzası'nın uzun ekseninin gidişi KAFZ'nun genel uzanımına paraleldir. KAFZ'nun ana kolu, havzanın kuzey kenarı boyunca uzanır ve kuzey kenar boyunca sıralanan bu genç volkan konileri bu ana kolun gidişine yaklaşık olarak bir paralellik sunmaktadır. KAFZ Erzincan Havzası ve çevresinde üç ana segmente ayrılarak incelenmiş (Şekil 1.2) ve bu segmentlerin yerleşimi ve geometrisinin Erzincan Havzası'nın gelişimi ve kökeninin anlaşılması için önemli olduğu vurgulanmıştır (Barka ve Gülen, 1989)



Şekil 1.1 a) Türkiye'nin ana neotektonik yapıları ve neotektonik bölgelerini gösteren yalınlaştırılmış tektonik haritası (Şengör vd., 1985; Barka, 1992; Bozkurt, 2001); KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu; KDAFZ: Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu; ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, **b)** Erzurum Havzası'nın DEM görüntüsü, **c)** İnceleme alanının yer bulduru haritası.



Şekil 1.2 Erzurum Havzası ve çevresindeki tektonik bloklar ve bu blokların hareket yönünü gösterir şekil (Barka ve Gülen, 1989; Barka ve Eyidoğan, 1993; Kaypak ve Eyidoğan 2002 den sadeleştirilmiştir). S1, S2 ve S3 Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun segmentleri.

Bu çalışma ile bölgesel ölçekteki tektonik olaylara bağlı olarak gelişen kabuksal deformasyonu ve genç volkanik kayaların yaşını ortaya koymak için Erzurum Havzası'nın neotektonik evriminin paleomanyetik yöntemlerle incelenmesine yönelik bir araştırma amaçlanmıştır. Erzurum Havzası'nın neotektonik evriminin anlaşılması aynı zamanda KAFZ'nin evriminin anlaşılmasına da önemli bir katkı sağlayacaktır.

1.1.2 Çalışma Yöntemleri

Bu tez projesi birbirini izleyen üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Bunlar sırasıyla büro çalışması, arazi çalışmaları ve laboratuvar çalışmasını takiben tez yazım aşamalarıdır.

Büro çalışması aşamasında, çalışma alanı ve yakın çevresinde daha önceden yapılmış değişik amaçlı çalışmalar gözden geçirilmiş ve böylece Havza ve yakın kenarının stratigrafisi, tektonik yapısı hakkında genel bilgi derlenmiştir. Bu kapsamda ayrıca paleomanyetik laboratuvar çalışmaları için alınacak örnek lokasyonları da belirlenmiştir.

Arazi çalışması aşamasında inceleme alanında yüzeyleyen kaya birimleri, bunlar arasındaki yapısal ilişkiler, faylar ve yapısal unsurların 1/25.000 ölçekli ayrıntılı jeolojik haritalaması yapılarak, bölgedeki uygun kaya birimlerinden paleomanyetik ve yaş analizleri için örnekler alınmıştır. Bu çalışmada, genç havza dolgusu çökelleri içerisinde bugün herhangi bir jeomorfolojik ve jeolojik belirtisi saptanamayan, özellikle tarihsel dönemde oluşmuş depremler sonucunda gelişmiş olabilecek gömülü yüzey kırıklarının uzanımlarının manyetik yöntemlerle saptanması amacıyla bazı dar alanlarda manyetik profil ölçümleri yapılmıştır.

Paleomanyetik analiz için alınan yönlü kayaç örneklerinin manyetik özelliklerini saptamak amacı ile laboratuvar çalışmaları Liverpool Üniversitesi Jeomanyetizma Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Alınan yönlü kayaç örneklerinin Termal (TH) ve Alternating Field (AF) yöntemleri ile birincil mıknatıslanma yönleri saptanarak, oluştukları dönemdeki manyetik yönleriyle günümüzdeki konumlarının karşılaştırması sonucunda kabuksal deformasyona bağlı olarak gelişen bir rotasyonun olup olmadığı araştırılmıştır. Bunlara ek olarak, inceleme alanındaki lav akıntılarında volkanizma ve tektonizmaya bağlı olarak vektörel yönelme ile birlikte manyetik suseptibilite anizotropisinde herhangi bir değişimin olup olmadığını araştırmak amacıyla aynı karot örnekleri üzerinde AMS (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) ölçümleri bir manyetik suseptibiliteölçer (Bartington Bridge, Minisep Delineator) kullanılarak yine Liverpool Üniversitesi Jeomanyetizma Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

Ayrıca 1/100.000 ölçekli Erzincan İ-42 ve İ-43 paftalarını kapsayan bölgelere ait 1 km aralıklı olarak gridlenmiş Rejijonal Gravite (Bouguer anomali) Haritaları MTA Genel Müdürlüğü'nden satın alınmıştır. Bu veriler üzerinde gerekli tüm düzeltmeler MTA tarafından yapılmıştır. Yükseklik düzeltmeleri için 2.67 gr/cm^3 yoğunluk değeri kullanılmıştır. Ancak bu değer havza değerlendirmeleri için yüksek olması nedeniyle bir kez daha 2.4 gr/cm^3 değerine göre yoğunluk düzeltmesi

yapılmıştır. Ortalama 2.4 gr/cm^3 yoğunluk değerine göre Bouguer düzeltmesi yapılarak kontur ve maxspot haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca kayaçların manyetik duyarlılık özelliklerinden yararlanılarak yapısal süreksizliklerin tespitine yönelik olmak üzere havza içerisinde bazı dar alanlarda belirlenen profiller boyunca manyetik ölçümler yapılmıştır. Bu ölçüm profillerinden elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak gerekli grafikler oluşturulmuştur.

Arazi dönüşü büro ve laboratuvar çalışmaları ile arazi çalışmalarından elde edilen bulguların değerlendirilmesinden sonra tezin yazımı ve gerekli çizimleri yapılmıştır.

1.1.3 Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı, coğrafik ve morfolojik konum olarak tüm çevresi yüksek dağ kuşakları ile kuşatılan ve içerisinde Fırat Nehrinin geçtiği Erzincan ovası ve çevresini kapsamaktadır (Şekil 1.1, EK 1). Yaklaşık 750 km^2 lik bir alanı kapsayan inceleme alanı 1/25.000 ölçekli Erzincan İ42-b3, b4, c1, c2, c3 paftaları ile İ43-a3, a4, c1, c4, d1, d2, d3, d4 paftalarının belirli bir kısmını içermektedir. Fırat Nehri'nin kuzey kesiminde yer alan yerleşim yerleri Pınarlıkaya, Sarıkaya, Avcılar, Demirpınar, Çardaklı, Göller, Pişkidağ, Karakaya, Bayırbağ, Büyükkadağan, Altunbaşak, Süleymanlı, Denizdamı, Çadırtepe, Geyikli, Günebakan, B. Çakırman, K. Çakırman, Karadiğın, Yoğurtlu, Akyazı, Başpınar, Buğdaylı, Geçit, Kurutelek köyleri ile Üzümlü ilçesi ve Erzincan il merkezini içermektedir. Güney kesiminde yer alan yerleşim yerleri ise Mutu, Başkalecik, Kırkmeşe, Dereköy, Doğanpınar, Salkımözü, Derebağ, Kalecik, Girlevik, Erdene, Yamaçlı, Uluköy, Mertekli, Çağlayan, Karatuş, Küçükkadağan, Tatlısu, Yalınca, Sazlıpınar, Günbağı, Değirmenköy, Soğukoluk, Kılıçkaya, Şahanebrastik, Konakbaşı, Ürek, Pulur, Tepecik, Oğulcuk, Mollaköy, Mahmutlu, Balıbey, Yaylabaşı, Yeşilyurt, Güllüce, Çatalören, Türkmenoğlu, Binkoç, Kilimli, Gölpınar ve Pınarönü köyleridir. Çardaklı çayının kuzey kesiminde Davarlı, Dereyurt, Yanlızbağ, Keklikkayası, Işıkpınar, Ulalar, Gümüştarla, Hürrempalangası, Yeniköy ve Beşsaray köyleri ile güney kesiminde Söğütözü, Oğlaktepe, Süt pınar, Yeşilçay, Cevizli, Ekmekli, Bahçeli, Ballı, Bahçeyazı, Elmaköy, Yeşilçat, İldere, İkinci, Çatalarmut, Hacılibey Palangası ve Heybeli köyleri yer almaktadır.

İnceleme alanı bölgesel jeolojik konum olarak ise, Pontid-Anatolid ve Torid tektonik birliklerinin birbirine iyice yaklaştığı ve Pontid-Anatolid birliklerini sınırlayan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'nın güneyinde, Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu ve Ovacık Fay Zonu'nun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile kesiştiği alanda Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde yer almaktadır (Şekil 1.2).

1.1.4 Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi

Kuzeyden Keşiş Dağları, güneyden Munzur dağlarının uzantısı olan Mercan Dağları ile sınırlanan Erzincan Havzası oldukça sarp bir morfoloji sunmaktadır (Şekil 1.1b).

Güney Tepe (1555 m), Çarkak Tepe (1453 m), Alikkotaşı Tepe (1549 m), Iraduh Tepe (1334 m), Tatoğlu Tepe (1326 m), Kara Tepe (1365 m), Köy Tepe (1563 m), Boz Tepe (1684 m), Kırklar Tepe (1371 m), Pelitli Tepe (1490 m), Uzun Tepe (1591 m), Selametgediği Tepe (1549 m) inceleme alanının kuzey kesimindeki yükseltileri oluşturmaktadır.

Bakıl Dağı (2826 m), Ergan Dağı (3256 m), Kurugöl Tepe (1886 m), Kazankaya Tepe (2531 m), Molla Tepe (1274 m) ise güney kesimindeki yükseltileri oluşturmaktadır.

1.1.5 Önceki Çalışmalar

Günümüzde Anadolu bloğunun batıya doğru hareketini sağlayan ve dünyadaki sismik açıdan en aktif sağ yanal doğrultu atımlı faylardan birisi olan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun varlığı, ilk kez 26 aralık 1939 Erzincan depremi ve bunu batıya doğru göç şeklinde izlenen 1942 Erbaa, 1943 Tosya ve 1944 Gerede Depremlerinden sonra anlaşılmıştır. Doğuda Karlıova ile batıda Saroz körfezi arasında toplam 1200 km uzunluğundaki bu fay zonunun Karlıova'dan doğuya doğru İran'a kadar (Ketin, 1977), batıda ise Ege Denizi'ne (Ketin, 1969, 1976), hatta İyon Denizine kadar (Galanopoulos, 1965) uzandığı da öne sürülmektedir. Erzincan ve çevresinde ağırlıklı olarak Kuzey Anadolu Fay Zonunun neotektonik özellikleri, sismik etkinliği ve genç volkanizma ile ilgili çalışmaların yoğunlaşmasının yanı sıra, bölgesel temel jeolojik sorunların çözümünü irdeleyen ve/veya geniş boyutlu olarak bu fay zonunu irdeleyen çeşitli sentez çalışmalar da mevcuttur.

Arpat ve Şaroğlu (1975), Suşehri'nin kuzeyinden Mihar (Erzincan KB'sı)'a kadar kolaylıkla izlenen diri fay izinin Mihar'ın doğusunda belirginliğini giderek kaybettiğini, buna karşılık daha güneyde Bahik (Davarlı) üzerinden doğuya doğru giderek belirginleşen bir diri fay izlenebildiğini, bu diri fay izinin Erzincan ovası'nın alüvyonlarında belirginliğini kaybettiğini, ana fayın ovanın doğu çıkışında tekrar belirginlik kazanarak Tanyeri'nden doğuya doğru uzandığını belirtmektedir. Ovanın kuzey yarısında yer alan ve genç faylara bağlı olarak gelişen, çoğunlukla trakitsi kayalar ve nispeten daha az oranda andezitsi bazaltlardan oluşun çok genç volkanik kümelerin Erzincan Ovası'nın genç tektonizmasının göze çarpan önemli unsurlarından birisi olduğunu ifade etmişlerdir. Volkanizmanın yaşının 0.5 MY'dan fazla olamayacağını kabul ederek, bu zaman dilimi için yıllık hareket hızını >0.7 cm/yıl ve toplam atımını ise 3 km olarak hesaplamışlardır.

Baş (1979), Erzincan Havzası'nda yaptığı doktora çalışmasında özellikle havza kuzeyinde yüzeyleyen genç volkanik kayaların petrolojisini incelemiştir.

Tatar (1978), Erzincan-Refahiye arasında yaptığı çalışmada, bölgedeki kaya birimlerini yaşlıdan gence doğru sepantinit, epimetamorfik şistler, Jura-Kretae yaşlı kalker ve kumtaşı arakatlı kalkerler, oluşum yaşı olasılıkla Üst Kretase olan ofiyolitli karmaşık, Eosen filiş, denizel Miyosen sedimanları, karasal Pliyosen konglomeraları, Pliyo-Kuvaterner taraçaları ve Kuvaterner alüvyonları şeklinde ayırtlamış, ayrıca olasılıkla Neojen ve Kuvaterner yaşlı bazik volkanik kayalarında bulunduğunu, bunların özellikle Erzincan Ovası'nda Kuzey Anadolu Fayı'na bağlı olarak geliştiğini ifade etmiştir. Erzincan yöresindeki büyük ofiyolit masifinin ana fayın kuzeyinde ve güneyinde kalan parçalarının bugünkü konumlarını dikkate alarak, ana fay boyunca toplam 50 km kadar bir sağ yanal atım meydana gelmiş olduğunu hesaplamıştır.

Koçyiğit ve Tokay (1985), Çatalçam ve Erzincan arasında yaptıkları çalışmada, bu alanda yüzeyleyen kaya birimlerini jeolojik konumlarına göre allokton ve otokton olmak üzere ikiye ayırarak incelemiştir. Otokton konumlu birimleri yaşlıdan gence doğru Lütesiyen yaşlı Yeşilyayla Grubu, Pliyosen yaşlı Çobanlı Grubu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Yanlızbağ Formasyonu, İkisivri Formasyonu allokton

birimleri ise Erken Kimmeriyen yaşlı Karadağ ve Tokat napları ile Alpin yaşlı Anadolu Napı şeklinde gruplandırmışlardır. Bu bölgenin sağ yanal doğrultu atımlı bir faylanma ortamı olduğunu, bu nedenle bölgenin Geç Pliyosen'den bu yana sıkışma-genişleme türü bir tektonik rejimin denetiminde bulunduğunu ve buna bağlı olarak da birincil sağ yanal doğrultu atımlı fayların, ikincil sağ ve sol yanal doğrultu atımlı fayların, kesme bindirmelerinin, büyük açılı ters faylar gibi sıkışma ile verev atımlı normal faylar ve dayklar gibi genişleme yapılarının geliştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fay Kuşağı boyunca sağ yanal hareketin Geç Pliyosen'de başlamış olduğunu ifade ederek, toplam yanal atım miktarını 25 ± 5 km, hareket hızını ise 1.4 cm/yıl olarak hesaplamışlardır.

Yılmaz (1985), Yukarı Kelkit Çayı ile Munzur dağları arasındaki bölgede yaptığı çalışmada, kuzeyden güneye doğru Kelkit Otoktonu, Çimen Dağı Napı, Erzincan Napı ve Munzur Kireçtaşı şeklinde farklı ortam koşullarını yansıtan, birbirleri ile tektonik ilişkili, Eosen öncesi yaşta dört temel birim ayırtlamıştır. Erzincan Napı'nın Üst Kretase-Paleosen yaşlı yitim karmaşığını ve ürünlerini temsil ettiğini belirtmektedir.

Dewey vd. (1986), Karlıova'dan Erzincan'a doğru devam eden Kuzey Anadolu Transform Fayı'nın Erzincan Ovası boyunca 10 km kuzeye sıçrama yaparak bu alanda küçük bazaltik volkanlar ve genç sedimanlarla karakterize edilen tipik bir çek-ayır havza oluşturduğunu belirtmektedir.

Barka vd. (1988), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan Havzası ve civarında iki segmentten oluştuğunu, batıdaki segmentin doğudaki segmentten 4-5 km genişliğinde bir serbestleyen sıçramalı büklüm (releasing stepover) ile ayrıldığını bu sıçrama bölgesinin Erzincan Havzası'nı oluşturduğunu belirtmektedir ve bu havzanın kısa basamaklı (en-echelon) doğrultu atımlı faylar ve eşyaşlı volkaniklerle karakterize edildiğini ifade etmektedir.

Barka ve Gülen (1989), Erzincan Havzası'nın tipik bir eşkenar dörtgen şekilli çek-ayır havza olmadığını, bunun aksine bir veya iki açılma evresinden oluşan

kompleks bir çek-ayır havza niteliğinde olduğunu belirtmektedir. Ayrıca Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca bu kesimde 35 km'lik bir toplam atım önermişlerdir.

Kato vd. (1990), Erzincan Havzası'nın 1939 Erzincan depreminde oluşan yüzey kırığının en doğu ucu civarında veya bu kırık boyunca yer aldığını, deprem fayının kuzeybatıdan güneydoğuya doğru Mihar, Bahik (Davarlı), Altıntepe ve Tanyeri segmentleri şeklinde birkaç segmente ayrıldığını ileri sürmektedirler. Mihar segmentinin yaklaşık 17 km uzunluğunda ve $K80^{\circ}B$ gidişli, Bahik (Davarlı) segmentinin yaklaşık 16 km ve $K55^{\circ}B$ gidişli, Hıdır segmentinin ise $K65-80^{\circ}B$ gidişli olduğunu belirtmektedir.

Koçyiğit (1991a), Erzincan Havzası'nın KB kenarında yaptığı çalışmada, bu bölgede iki grup tektonik yapının olduğunu, havza kenarının Koçyatağı-Işıkpınar kesiminde başlıca sağ ve sol yanal atımlı faylar, bindirme fayları, pozitif çiçek yapısını gösteren katlanmalar ve faya paralel uzanımlı sıkışma sırtları tespit etmiş, bu yapılarında bu kesimde etkin bir sıkışma deformasyonunu ve yükselmeyi yansıttığını ifade etmiştir. Diğer yandan, Işıkpınar-Çakırman kesiminde ise normal bileşenli verev atımlı fayların, sedimantasyonla yaşıt büyüme faylarının, riyolitik, dasitik, dasitik-andezitik domlar ve faylara paralel dizilimli soda kaynaklarının yer aldığını, bu yapılarında havzanın bu kesimde aktif genişleme deformasyonunu ve buna paralel bir çökmenin varlığını kanıtladığını belirtmiştir. Erzincan Havzası'nın kuzeybatı kenarındaki sıkışma türü deformasyon ve yükselmeyi açıklamak için eski bindirme fayları, sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Zonu ve sol yanal doğrultu atımlı Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu arasındaki etkileşim ve buna uygun olarak ta hareketin kilitlenmesini bir model olarak önermiştir.

Barka (1992), Erzincan Havzası'nda Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca Fırat Nehri yatağı üzerindeki geometriye dayanarak toplam 35-40 km ötelenme meydana geldiğini belirtmektedir.

Barka (1993), 13 Mart 1992 Erzincan depreminin havzanın doğu yarısında Kuzey Anadolu Fayı'nın iki segmenti ve Ovacık Fayı'nın kesiştiği alanda etkin olduğunu belirtmiştir. Bundan dolayı Kuzey Anadolu Fayı'nın Erzincan doğusundaki

75 km uzunluğundaki segmenti ve Ovacık Fayı üzerinde, 1992 depreminden daha büyük bir depremin meydana gelme potansiyelini arttırdığını ileri sürmektedir.

Eyidoğan (1993), 1992 Erzincan depremi için 26 Mart-4 Mayıs 1992 tarihleri arasında elde ettiği artçı sarsıntı dağılımından, deprem etkinliğinin havzanın güneydoğusunda yoğunlaştığını belirtmekte, depremin oluşumundan sonra havzanın çeşitli yerlerinde bulunan ve bir bölümü Kuzey Anadolu Fayı'nın kollarını oluşturan, olasılıkla havzanın kalın tortul kütlelerinin altında da bulunan fayların etkin duruma geldiğini ileri sürmektedir.

Tüysüz (1993), Erzincan Havzası'nda yaptığı çalışmada, Alt Miyosen sonundan itibaren başlayan neotektonik dönemde bölgede kaçma tektoniğinin etkin olduğunu, farklı atım ve uzanıma sahip yanal atımlı fayların geliştiğini, Erzincan Ovası'nın bu tektonik rejim altında Üst Pliyosen(?)den itibaren oluşmaya başlayan ve evrimini günümüzde de sürdüren bir çek-ayır havza olduğunu ileri sürmektedir.

Barka (1996), 1939 Erzincan depreminin ($M=7.9$ ile 8) son yüzyıl süresince Anadolu'da meydana gelmiş en büyük deprem değil, aynı zamanda 1939-1967 dönemindeki en büyük deprem olduğunu ve Kuzey Anadolu Fayı boyunca büyük depremlerin batıya doğru göçünün bu depremle başladığını ifade etmektedir. 1939 Erzincan depreminde oluşan toplam 360 km lik yüzey kırığı zonunun geometrik olarak, doğudan batıya doğru Erzincan segmenti (60 km), Mihar-Timekar segmenti (65 km), Ortaköy-Suşehri segmenti (45 km), Kelkit Vadisi segmenti (100 km) ve Ezinepazarı segmenti (90 km) olmak üzere beş segmentten oluştuğunu belirtmiştir.

Yoshioka (1996), Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güncel aktif izlerinin 1939 Erzincan depreminde oluşan yüzey kırıkları olduğunu ve bu kırıkların doğuya uzanımının, havzanın kuzeybatı köşesinden havza içine doğru gittiğini, bu kırıkların gidişlerinin batıdan doğuya doğru sırasıyla $K75^{\circ}B$, $K60^{\circ}B$ ve $K70^{\circ}B$ olduğunu ve bu kırık izlerinin havzanın kuzey kenarında kesiştiğini, burada aktif fay izi boyunca kuzey sarplıktaki atım miktarının 3 km den az olduğunu belirtmektedir. Havzanın orta kesiminde ise fay sapsıklıklarının aktif fay izi boyunca kuzeyde geliştiğini ve fayın kuzeydeki dağlar ve aktif fay izi arasında bataklık alanları oluşturduğunu, havzanın

doğu ucu yakınında Tanyeri'nde ise muhtemelen Holosen yaşlı fluviyal terasların fay tarafından oluşturulduğunu ifade etmektedir.

Fuenzalida vd. (1997), sundukları modelde, Erzincan Havzası'nın Kuzey Anadolu Fayı üzerinde, iki adet sıkışmalı kama yapısını biraraya getiren bir çek-ayır havza olduğunu, bunlardan birini Kuzey Anadolu Fayı ile Kuzeydoğu Anadolu Fayı'nın kesişiminin oluşturduğunu, diğerinin ise Pülümür civarında Ovacık Fayı ve Kuzey Anadolu Fayı ile sınırlandırıldığını, D-B yönlü açılma ve K-G yönlü sıkışmanın da bu modele göre oluştuğunu ifade etmektedirler. Havzanın güneybatı kenarındaki normal faylanmanın ve kuzeydoğu kenarı boyunca meydana gelen, açılmaya ilişkili Kuvaterner yaşlı riyolitik volkanik domların, ileri sürülen D-B yönlü açılmayı desteklediğini, havzanın güney kenarını sınırlayan blokun yükseldiğini ve Ovacık Fayı boyunca sol yanal olarak hareket ettiğini belirterek, bu şekilde havzanın güneye doğru geliştiğini ileri sürmektedirler.

Grosser vd. (1998), 1992 Erzincan depreminden sonra bölgedeki artçışokların dağılımlarını izlemişler ve bunlar üzerinde yaptıkları fay düzlemi çözümlerinin doğu-batı yönlü açılmayı işaret eden bir normal faylanma mekanizması olduğunu ve artçışokların çoğunlukla havzanın güneybatısında iki çizgisellik arasında kümelenildiğini belirtmişlerdir. Ana artçışokların 5-8 km derinlikte havzanın doğu ucunda bir kümelenme oluşturduğunu ve doğu-batı yönlü bir açılma eksenine sahip normal faylanmayı gösterdiğini, havzanın güneybatı ucundaki doğu-batı yönlü açılmanın, bu kesimde havzanın kuzeybatı hareketi ve kuzeybatı-güney-batı yönlü genişlemesiyle uyumlu olduğunu ifade etmektedirler.

Chorowicz vd. (1999), Erzincan Havzası'nın ilk aşamada Ovacık Fayı boyunca sol yanal bir blok hareketiyle birlikte gelişen saat yönünde bir rotasyonla, ikinci aşamada ise Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca sağ yanal bir blok hareketi olmak üzere iki aşamada geliştiğini ileri sürmektedirler. Aynı zamanda Erzincan bölgesinde açılma tektoniğinin Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun kuzey kesiminde etkin olduğunu, uzamış eğimli blokları sınırlayan fayların harita görünümünün büklümlü eğriler şeklinde olduğunu ve Neojen sedimanlarını içeren topografik çöküntüleri sınırladıklarını belirtmektedirler.

Westaway ve Arger (2001), Malatya-Ovacık Fay Zonu ile Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan Havzası'nda bir üçlü birleşme alanı oluşturduğunu belirtmekte ve Malatya-Ovacık Fay Zonu'nun Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndan öteye kuzeydoğuya doğru devam ettiğine veya Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun, Malatya-Ovacık Fay Zonu ile birleşim alanının doğusunda varolduğuna dair herhangi bir kanıtın olmadığını, bundan dolayı Erzincan üçlü birleşme noktasının kinematik olarak bugünkü Karlıova üçlü birleşme alanına eşdeğer olma ihtimalinin olmadığını ifade etmektedirler. 5-3 MY'lık bir zaman diliminde, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan civarında bir üçlü birleşme alanı oluşturduğunu, bundan dolayı atım miktarında yaygın deformasyon zonu çevresinde lineer bir azalma meydana geldiğini ileri sürerek, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun transform parçaları üzerinde toplam 34 km'lik bir atım hesaplamışlardır.

Hubert-Ferrari vd. (2002), Erzincan'ın batısında fayın Mihar ve Bahik (Davarlı) arasında 10 km'lik kesimde 15°den fazla büküm yaptığını, bu sıkıştıran büküm alanında Kuzey Anadolu Fayı'nın yüzeydeki izinin birer kilometre uzunluğunda dört adet kademeli (enechelon) segmentten oluştuğunu belirtmişlerdir. En batı kesimde, Mihar yakınında K73°B doğrultusunda uzanan fay izinin oldukça sarp bir morfolojiye sahip olduğunu ve Karadağ ile Çimendağları arasından 2730 m'lik bir yükseltiyi keserek geçtiği, bükümün doğusunda ise K60°-66°B doğrultusunda Kuzey Anadolu Fayı'nın Bahik (Davarlı) civarında içiçe geçmiş küçük çek-ayır alanlar oluşturduğunu ve ana fayın kuzeyinde 20 km uzunluğunda ikincil bir fay zonunun, sıkıştıran bükümün oluşturduğu deformasyonla bağdaşabileceğini ifade etmektedirler.

Kaypak ve Eyidoğan (2002), Erzincan ve çevresinin üst kabuk hızını belirlemeye yönelik yaptıkları çalışmada, sığ derinliklerde (0-1 km) P- hızının hayli düşük olduğunu, 2 km derinlikteki hızın bir üst katmana göre neredeyse iki kat arttığını, 2 km derinlikten 7 km'ye kadarki hızın belirli bir gradyentle kademeli olarak artarak 6.3 km/s'ye ulaştığını, 7 km'den en son çözümlenmiş derinlik olan 20 km'ye kadar ise 6.9 km/s hıza sahip tek bir katman olduğunu gözlemlemişlerdir. Buldukları sismik hız yapısı ile hesaplanan yeni artçısarsıntı konumlarını

incelediklerinde, bunların genellikle Kuzey Anadolu Fay Kuşağı üzerine düştüğünü ancak sismik etkinliğin yoğun olduğu, havzanın güneydoğusundaki segment üzerinde değil de bu fay ile 45° açı yapacak şekilde daha güneye, Pülümür'e doğru yönlendiklerini tespit etmişlerdir. Bu değerlendirmeden yola çıkarak bölgede bu segmentten ayrı olarak, havzanın güneydoğusu ile Pülümür arasında yer alan yeni bir zayıflık zonunun olabileceğini belirtmektedirler.

Aktar vd. (2004), Erzincan Havzası'nın güneybatı sınırı boyunca artçışokların dizilimi ve yüzey özelliklerini dikkate alarak, Pülümür ve çevresinde Pülümür Fay Zonu olarak adlandırılan ikincil bir fay zonunun muhtemel olarak var olduğunu, bu zonun yaklaşık 20 km ile K115° yönünde Pülümür'ün güneydoğusuna doğru uzandığını, bunun ötesinde herhangi bir devamının ve diğer faylarla herhangi bir bağlantısının gözlenmediğini belirtmektedirler. Pülümür Fay Zonu'nun günümüzde aktif bir fay zonu olmasına rağmen, ikincil bir yapı olduğunu ve havzanın evriminde ikincil bir rol oynadığını ve net olarak Erzincan Havzası'nın gelişiminde çek-ayır mekanizmasının daha baskın olduğunu ifade etmektedirler.

Temiz (2004), Erzincan Havzası'nın açılmasının çek-ayır mekanizması ile birlikte, aynı zamanda Sivas Havzası boyunca gelişen geç Miyosen yaşlı GGD-KKB yönlü bindirmelerle ilişkili bir yanal yükselim ile de denetlenmekte olduğunu, havzanın güneybatı kenarını sınırlayan fayın, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun bir segmentinden ziyade, Sivas kıvrım-bindirme sisteminin örtü bindirmesi konumundaki Karadağ bindirmesi kısmına paralel olduğunu belirtmektedir. Havzanın başlangıçta yanal yükselimle ilişkili kıvrımlar üzerinde Pliyosen'de bir yanal yükselim havzası olarak oluştuğunu ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun iki segmenti arasında çek-ayır açılma mekanizması ile genişlediğini ifade etmiştir.

Kaypak ve Eyidoğan (2005), Erzincan Havzası'nda kabuğun 20 km'lik üst kısmında altı katman tanımlamışlardır. Buna göre havzanın yaklaşık 2 km'lik kalın sedimanter örtüsünü oluşturan en üst kabuk kısmının çok düşük P- dalgası hızına sahip olduğunu, P- dalgası hızının 7 km'lik derinlikte artan bir değişimle 6.3 km/s'ye ulaştığını ifade ederek, 6.9 km/s P- dalga hızına sahip kalın bir kabuk tabakasını 7-20 km arasındaki bir derinlikte tanımlamışlardır. Pülümür ve havzanın güneydoğusunda

kümelenen 1992 Erzincan depreminin artçışoklarının yanısıra 2003 Pülümür depreminden sonraki lokal güncel sismik aktivitenin, Ovacık Fayı'na benzer şekilde Kuzey Anadolu Fay Zonu'na antitetik olarak Avcıdağ Fayı şeklinde adlandırdıkları yeni bir fayın geliştiğine işaret ettiğini ileri sürmektedirler.

Şengör vd. (2005), Erzincan Havzası'nın KAF'a bağlı olarak gelişen en büyük havza olduğunu, sediman dolgusunun tamamının yüzeyden izlenemediğini, izlenebilen bölümlerin görsel mavi renkli kiltaşlarıyla başladığını, yaklaşık 250 m kalınlıkta altere olmuş konglomeralar, kumtaşları ve kiltaşlarıyla devam ettiğini, bu bölümlerin yaklaşık 200 m kalınlıktaki altere olmuş akarsu ortamına ait konglomeralarla sonlandığını, yine bu kesimlerde Pliyo-Pleyistosen yaşlı mafik volkaniklerin arakatıklar şeklinde yereldiğini belirtmektedirler. Erzincan Havzası'nın Karlıova Havzası'na benzer olduğu, yani bu havzanın Kuzey Anadolu Fayı ve Ovacık Fayı'nın birleştiği alanda oluştuğu iddiasının Ovacık Fayı'nın Pliyosen yaşı ile uyummadığını, Ovacık Fayı'nın sonradan aktif olmasına rağmen Erzincan Havzası'nın açılımına katkıda bulunduğunu, ve bununda muhtemelen havza derinliğinin tabana doğru çok fazla olması için bir neden olduğunu, Ovacık Fayı'nın faaliyeti sırasında Erzincan Havzası'nın açık bir şekilde Karlıova Havzası'na benzer modda etkilendiğini ileri sürmektedir.

Karlı (2006), Kuvaterner yaşlı Erzincan volkaniklerinin andezit-riyolit arasında değişen bileşimlerde olduğunu ve bunların yaşının da 102-140 bin yıl arasında değiştiğini ifade etmektedir. Aynı zamanda mafik bileşimli lavların (bazaltik andezitler) riyolitik bileşimli lavlardan daha genç olduğunu belirtmiştir.

Hartleb vd. (2006), Erzincan Havzası'nın kuzeybatısında Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde Çukurçimen'deki paleosismolojik amaçlı yaptıkları çalışmada, son 3500 yıllık zaman diliminde en az altı ve mutemelen yedi veya daha fazla yüzey kırığı oluştuğunu ifade etmektedirler. Son 2500 yıllık zaman diliminde ise bu bölgede meydana gelen depremlerde beş adet yüzey kırığı oluştuğunu ve deprem tekrarlanma aralığının 210-700 yıl arasında değiştiğini belirtmektedirler.

Bektaş vd. (2007), sağ yönlü Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Doğu Anadolu'nun sıkışmalı tektonik rejimi ile Batı Anadolu'nun genişlemeli tektonik rejimi arasında uzanmakta olduğunu, bu farklı tektonik rejimlerden dolayı Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin doğuda dar bir deformasyon zonuna, batıda ise yarı paralel faylardan oluşan daha geniş bir deformasyon zonuna sahip olduğunu belirtmektedirler. Buna bağlı olarak Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Erzincan-Bolu arasında kalan 'doğu makro sismik zonu'nun 500 yıllık süreç içerisinde fay zonuna paralel, birbirini takip eden lineer deprem serileri ürettiğini ifade etmektedirler.

Gökalp (2007), Erzincan Havzası'nda yaptığı çalışmada 12 km'lik bir derinlikte üst kabuk yapısını modellemiş ve artçışokların dizilimini belirlemiştir. Elde ettikleri tomografik görüntülerin havzanın altında karmaşık bir hız yapısının varlığını gösterdiğini, düşük hız anomalilerinin havza içinde ve ikinci ana şokun (Pülümür depremi) meydana geldiği havzanın güneydoğusunda baskın olduğunu, düşük hız anomalisi görüntülenen bu zonun, ana faya (KAF) paralel KB-GD yönünde uzanan 12 km derinliğinde bir düşük hız koridoru olduğunu ileri sürmektedir. Yüksek hız anomalilerinin de Erzincan Havzası'nın güneyinde yer aldığını ve 8 km'lik derinliğe kadar ulaştığını belirtmektedir.

Karlı vd. (2008), Kuvaterner Erzincan volkaniklerinde yaptıkları tümkayaç jeokimyasal ve Sr, Nd ve Pb izotop analizlerinde metasomatize olmuş litosferik mantonun bazı kısımlarının bu volkaniklerin oluşumuna katkıda bulunabileceğini, mafik ve felsik magmaların karışımının köken magmanın oluşumunda önemli bir rol oynayabileceğini ileri sürmektedirler. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ve K-Ar yaş analizlerine göre bunların yaşlarını 102 ± 2 - 1061 ± 88 bin yıl olarak hesaplamışlardır.

Kaypak (2008), 1992 Erzincan depreminin artçışoklarını kullanarak Erzincan Havzası ve çevresinde üç boyutlu (3D) Vp (P- dalga hızı) Vp/Vs (S- dalga hızı) hız yapısını lokal deprem tomografisi ile modellemiştir. Elde edilen 3D Vp ve Vp/Vs tomografik görüntülerinin Erzincan Havzası altındaki jeolojik ve tektonik yapılarla ilişkili hız anomalilerini gösterdiğini, 2-3 km derinlikteki düşük Vp anomalilerinin Erzincan Havzası'nda çökelen kalın Neojen sedimentleri ile ilişkili iken, yüksek Vp anomalilerinin dağ dizilerinin altındaki temel kayalarını ve intrüzif magmatik

kayaları gösterdiğini belirtmektedir. 3D tomografik görüntülerine göre, Erzincan Havzası'nın temelinin yaklaşık 10 km derinliğe kadar ulaştığını, düzensiz ve asimetrik bir şekle sahip olduğunu, kalın ve pekişmemiş sedimanter katmanın büyük depremlerin neden olduğu yer hareketinin ivmesini arttıracığı için, Erzincan ve havza üzerindeki diğer yerleşim merkezlerindeki sismik riski arttıracığını ileri sürmektedir.

1.2 İnceleme Alanının Stratigrafisi

İnceleme alanındaki stratigrafik birimler, Tersiyer öncesi ve Tersiyer yaşlı birimler şeklinde incelenmiştir. İnceleme alanının Tersiyer öncesi temeli, Üst Triyas-Alt Kretase yaşlı Munzur kireçtaşları ve Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ile temsil edilmektedir. Oligosen-Miyosen, Alt-Orta Miyosen yaşlı sedimanter birimler ise bu temel birimler üzerinde uyumsuz olarak bulunmakta ve bu birimler bazı kesimlerde Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj tarafından bindirmelerle üzerlenmektedir. Havza içindeki en genç birimler ise Pliyosen, Pliyo-Kuvaterner ve Kuvaterner yaşlı havza dolgusunu oluşturan kırıntılılar ile Kuvaterner yaşlı volkaniklerdir.

1.2.1 Tersiyer Öncesi Kaya Birimleri

Ofiyolitik melanj, Erzincan Havzası'nın kuzey ve güney kenarları boyunca geniş yüzlekler sunmaktadır. Bu melanj Koçyiğit ve Tokay (1985) tarafından Tokat Napı, Karadağ Napı ve Anadolu Napı şeklinde üç birime ayrılarak incelenmiştir. Yılmaz (1985) tarafından Erzincan Napı (Karayaprak Karışığı, Refahiye Karmaşığı) olarak, Koçyiğit (1991b) tarafından da Karakaya Karışığı ve Karadağ Karışığı şeklinde iki birime ayrılarak incelenmiştir.

Ofiyolitik melanjlar Havzanın doğusunda, Sarıkaya ve Tanyeri (Avcılar) köyleri kuzeyinde Miyosen yaşlı Kömür Formasyonu üzerine, Tanyeri'nin güneyinde ise Eosen yaşlı Köroğlu Formasyonu üzerine kuzeyden güneye ve Karatuş Köyü güneyinde de güneyden kuzeye doğru bindirmektedir. İnceleme alanında, havzanın batı kenarında yer alan Bahçeli Köyü'nün güneybatı kesiminde bu ofiyolitik melanj Üst-Kretase yaşlı Sütçinar Formasyonu üzerine bindirmektedir.

İnceleme alanındaki bu melanjı oluşturan birimlerin çoğunluğunu, havzanın kuzey ve güney kenarları boyunca yüzeyleyen serpantinitle ve ultrabazik kayalar

oluşturmaktadır. Bazik kayalar da Erzincan ilinin kuzeydoğusunda Üzümlü ilçesi ile Pınarlıkaya Köyü arasında, Binkoç Köyü'nün güneyinde Kazankaya Tepe mevkiinde yüzeylenmektedir. Ayrıca inceleme alanında, havzanın batı kenarında ve inceleme alanı dışında havza kuzeyinde kireçtaşı blokları yer almaktadır. Tatar (1978) bu birimin serpantin, diyorit diyabaz gibi bazik magmatit ve metamorfik şistlerden yapıldığını belirtmiştir. Koçyiğit ve Tokay (1985)'a göre bu birim, bir yitim kuşağı prizmasının yeşilşist fasiyesi koşullarında başkalaşım geçirmiş metamelanj ve adayayı ortamında gelişmiş metavolkanotortul istif (Tokat Napı), ultrabazik ve bazik kayalar (Karadağ Napı) ve kuzey kökenli, ilksel konumsuz ofiyolitik birimlerden (Anadolu Napı) oluşmaktadır. Yılmaz (1985)'a göre ise bu birim yastık yapıldı volkanitler, tuf, aglomera, kireçtaşı ve olistrostromal gereçler (Karayaprak Karışığı) ile serpantin, peridotit, gabro ve metamorfitlerden (Refahiye Karışığı) oluşmaktadır. Koçyiğit (1991b) ise inceleme alanındaki Liyas öncesi temel kayaların, düşük dereceli metamorfikler, okyanus kabuğuna ait tektonik dilimler, radiolaria çörtleri ve rekristalize platform karbonatları (Karakaya karışığı) ile kırıklı yapıda, diyorit, hornblendgastro ve diyabaz daykları ile kesilen harzburjit, dunit ve serpantinlerden (Karadağ karışığı) oluştuğunu ifade etmiştir.

Koçyiğit ve Tokay (1985), Neotetis Okyanusu'nun kuzey kolunun ürünü olan birimin tektonosedimanter nitelikte, renkli bir karışık olduğunu, haritalanabilir ultrabazik kayalar topluluğu ile temsil edildiğini ifade etmiştir. Bu melanj şeyl, ofiyolitik kumtaşı, yer yer grovaktan oluşan bir hamur içerisinde yaşları Karbonifer'den Maastrichtiyen'e kadar değişen genelde düzensiz, birbirleri ile tektonik ilişkili, farklı ortam koşullarında oluşmuş değişik boyutlu, ilksel konumsuz-ter istif, blok ve olistolitlerden oluşmaktadır. Melanj içindeki blok ve allokon istifleri Jura öncesi ve Jura sonrası olmak üzere iki grupta toplamıştır. Jura öncesi blokların, melanjin oluşumu, üzerlemesi ve tektonik yolla taşınması sırasında temelden kopan, genelde değişik oranlarda başkalaşım geçirmiş kıtasal ve okyanusal kökenli bloklardan oluşan başlıca kireçtaşı ve klastikler, yer yer yeniden kristallenmiş karbonatlar, resifal kireçtaşları, pelajik kireçtaşı-çört ve radyolarit aralanmasından oluşan istifler, mermer, metadiyabaz, split, metaultramafit, amfibolit, çeşitli şist ve gnaylardan, Jura sonrası ve daha genç birimlerin ise üst manto, okyanus tabanı, kıta kenarı ve platforma özgü kaya birimlerinden oluştuğunu

belirtmiştir. Koçyiğit ve Tokay (1985)'a göre, bu melanjin oluşum ve ilk yerleşim yaşı Orta Kampaniyen öncesidir.

Bergougnan ve Parrot (1980), Erzincan Havzası'nı kuzeyden sınırlayan Keşiş Dağları'ndaki ofiyolitik birimlerin içerdiği plajiyogranitlerde yaptıkları K/Ar yaş analizlerinden 256 MY yaş saptamıştır.

Erzincan Havzası'nın güney kısmında yüzeyleyen platform türü karbonatlardan oluşan Munzur kireçtaşları doğudan batıya doğru Sal Dağı, Bakıl Dağı, Kılıçkaya Sırtı ve Ergan Dağı çevresinde yüzeylemektedir. Munzur dağlarının Toros dağ silsilesinin doğuya uzanan devamı olduğunu belirten Özgül (1981) Munzur kireçtaşlarının yaşını Üst Triyas-Alt Kretase, Özer (1994) ise Liyas-Kampaniyen olarak belirtmektedir. Özgül (1981) Munzur kireçtaşını, Orta ve Batı Torosların kimi kesimlerinde izlenen yaygın karbonat istifinden oluşan "Geyikdağı Birliği"nin devamı olarak değerlendirmekte, "Bozkır Birliği" olarak adlandırdığı ofiyolitik melanjin niteliğindeki kayaç serileri içinde allokton bir kütle olarak kabul etmektedir. Munzur kireçtaşları ve ofiyolitik melanjin, inceleme alanının Tersiyer öncesi yaşlı temelinin oluşturmaktadır.

Yılmaz (1985), Erzincan ve çevresinde gereçleri çoğunlukla ofiyolitiklerden türemiş, metamorfik ve ultrabazik kayaçlar içeren karışık ve karmaşığı bir bütün halinde irdeleyerek Erzincan Napı olarak adlandırmıştır. Erzincan napının Özgül (1985) tarafından Munzur dağlarının kuzey kesiminde yüzeyleyen ofiyolitik karışığın (Bozkır Birliği) iç yapısı, blokların türü ve yaşı ile çok benzeştiğini belirtmekte ve bu nedenle aynı olayların ve havzanın ürünü olduğunu kabul etmektedir. Yılmaz (1985)'a göre, Munzur kireçtaşlarının allokton bir birim olmasına rağmen inceleme alanı ve çevresinde yer alan Üst Kretase-Paleosen yaşlı Erzincan Napına ait birimlerin altında bulunması nedeniyle görece bir otokton birimdir.

Tabandan tavana doğru ince taneli gri renkli çakıltaşı, sarımsı gri renkli çakıllı kumtaşı-kumtaşı, siyahımsı gri silttaşı, kiltası-marn ve killi siltli kireçtaşı ardalanması ile en üst seviyelerinde yeşil, sarımsı yeşil renkli kireçtaşlarından oluşan istif ince-orta katmanlı olup, Erzincan Havzası'nın batı-güneybatı kenarında, Söğütözü ve Bahçeli köyleri arasındaki alanda yüzeylemektedir. Koçyiğit (1990), bu istifi Sütçinar Formasyonu olarak adlandırmıştır. Bahçeli Köyü batısında Ofiyolitik melanjin bu birime kuzeyden güneye doğru bindirmektedir. Havza dolgusunu

oluşturan alüvyonlar tarafından ise açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. Dumanlı Köyü'nün kuzeyi ile Gözeler Köyü'nün batısında ise kendisinden genç Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı birimlere (Kemah Grubu) bindirmektedir. Koçyiğit (1990) ve Temiz (2004)'e göre bu istifin yaşı Üst Kretase'dir.

1.2.2 Tersiyer ve Kuvaterner Yaşlı Kaya Birimleri

İnceleme alanında koyu sarı-sarımsı kahverengi renkli türbiditik kumtaşı, gri-grimsi yeşil renkli marn-şeyl, gri renkli ince katmanlı silttaşı, kiltası, yer yer türbiditik kireçtaşı ardalımasından oluşan ve üst seviyelerinde kireçtaşları yer alan birim, Başkalecik ve Karatuş köyleri arasında yüzeylemektedir. Ayrıca bu birim içerisinde yer yer Munzur kireçtaşlarından türemiş bloklar yer almaktadır. Bu birim Derebağ ve Başkalecik köyleri arasında yaklaşık K77°B doğrultulu, bir hat boyunca KD'dan GB'ya doğru Karatuş Köyü güneyinde ise güneyden kuzeye doğru gelişmiş bindirmelerle ofiyolitik melanj tarafından üzerlenmektedir. Kuşlu Formasyonu ve havza dolgusunu oluşturan alüvyonlar ise bu birim üzerinde açılı uyumsuz olarak bulunmaktadır. Ketin (1950), Holzer (1955), Nebert (1961), Tatar (1973), Gökçen (1974) ve Bektaş (1981) bu birimin inceleme alanı dışındaki yüzlelerde Ofiyolitik melanj üzerinde açılı uyumsuzlukla yer aldığını belirtmişlerdir.

Bu birim Nebert (1961) tarafından Kelkit çayı güneyindeki Eosen Zuhurları, Tatar (1975, 1978) tarafından Nummülit'li Eosen flişi (Refahiye-Erzincan), Seymen (1975) tarafından Sazaktepe ve Karabacaktepe formasyonları (Reşadiye-Niksar), Pelin (1977) tarafından Fındıkbel Formasyonu (Alucra GGD'su) ve Koçyiğit ve Tokay (1985) tarafından da Köroğlu Formasyonu adı altında incelenmiştir. Bu çalışmada da Köroğlu Formasyonu adlaması kullanılmıştır.

Nebert (1961), Bektaş (1981) ve Koçyiğit ve Tokay (1985) birim içerisinde sırasıyla *Assilina exponens* Sowerby ve *Assilina mamillata* d'Archiac, *Nummulites* sp., *Discocyliina* sp., *Rotalia* sp. fosilleri saptamışlar ve bu fosillere göre birime Lütesiyen yaşını vermişlerdir. Havzanın güneybatı kenarında, Dumanlı Köyü'nün kuzeyi ve kuzeybatısında Üst Kretase yaşlı birimler tarafından, havzanın doğu ucunda ise Sarıkaya Köyü kuzeyi ile Avcılar (Tanyeri) Köyü kuzey ve kuzeybatısında ofiyolitik melanj tarafından bindirmelerle üzerlenen, tabandan tavana doğru kırmızı renkli kumtaşları, silttaşı, açık renkli marnlar ve kireçtaşları ile temsil

edilen istif, kendisinden genç kırmızı renkli kumtaşı ve konglomeralardan oluşan yatay konumlu birimler (Dutlu Formasyonu) tarafından inceleme alanı dışında, Dumanlı Köyü güneybatısında açılı uyumsuzlukla üzerlenmektedir . Köroğlu Formasyonu, bindirmelere yakın yerlerde bindirmelerin etkisiyle ezilmiş, ufalanmış ve kıvrımlı bir yapı kazanmıştır.

Temiz (1994, 1996), kireçtaşlarının sıg denizel ortam ürünü olduğunu ve foraminifer, pelecipod ve gastropod fosilleri içerdiğini belirtmiştir. Birim, Özgül (1981), Aktimur vd. (1990) tarafından Kemah Formasyonu, Temiz (2004) tarafından ise Kemah Grubu (Kuşlu Formasyonu, Kömür Formasyonu ve Dutlu Formasyonu) olarak adlandırılmış ve Oligosen-Alt-Orta Miyosen olarak yaşlandırılmıştır. Temiz (2004) Kemah grubu içerisinde tabanda yer alan kırmızı renkli kumtaşları ve silttaşlarından oluşan birimin jips ara seviyeleri içerdiğini belirtmiş ve bu birimi Kuşlu Formasyonu adı ile incelemiştir. Kuşlu Formasyonu üzerinde uyumlu olarak bulunan açık renkli marnlar ve kireçtaşları ile temsil edilen birimi ise Kömür Formasyonu adı ile incelemiştir (Şekil 1.3).



Şekil 1.3 Sarıkaya Köyü kuzeyinde, Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı birimlerin (Kömür Formasyonu'nun) kireçtaşı seviyelerinin yakından görünümü (G'den K'ye bakış).

İnceleme alanında havzanın kuzey kenarı boyunca, Pınarlıkaya Köyü ve batısında, Demirpınar Köyü ve doğusunda, Göller Köyü güneyinde, Erzincan kuzeyinde Kırklar Tepe mevkiinde, Işıkpınar Köyü kuzeydoğusu ile kuzeybatısında, Yanlızbağ ve çevresi ile, havzanın güney kenarında ise Çatalarmut ve çevresi ile Söğütözü Köyü mevkiinde yüzeyleyen nispeten iyi çimentolanmış orta-kalın katmanlı, kötü boylanmalı polijenik çakıltaşı, kumtaşı, silt-kil seviyeleri içeren ve tavana doğru yer yer çok gevşek-gevşek çimentolu çakıltaşı ardalanması ile temsil edilen birimler Pliyosen olarak yaşlandırılmıştır (Şekil 1.4) (Tatar, 1978; Koçyiğit ve Tokay, 1985, 1991b; Barka ve Gülen, 1989; Tüysüz, 1993; Temiz, 2004). Kendisinden daha yaşlı birimler üzerinde açılı uyumsuzlukla yer almaktadırlar. Koçyiğit ve Tokay (1985), yaklaşık 700 m kalınlığa sahip bu birimin, fay denetimli bir alüvyon yelpazesi-örgülü akarsu ürünü bu birimi Yanlızbağ Formasyonu olarak adlandırmışlardır.



Şekil 1.4 Çatalarmut GB'sında Pliyosen yaşlı Yanlızbağ Formasyonunun yakın plan görünümü (KD'dan GB'ya bakış).

Ayrıca Erzincan Havzası'nın kuzey kenarı boyunca, Avcılar Köyü ile Geçit arasında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun gidişine paralel bir dizi volkan konisi bulunmaktadır. Ayrıca havzanın güneyinde Molla Tepe konisinin yanısıra bu

çalışmada Pulur Köyü güneydoğusunda Pulur Tepe'de ana fayın gidişine yaklaşık paralel olarak gelişen küçük volkanik yüzlekler de saptanmış ve haritalanmıştır. Karanlı (2006) ve Karanlı vd. (2008), andezit, dasit, riyolit, traki-andezit, bazalt, bazaltik andezitlerden oluşan bu birimlerin, çarpışma sonrası volkanizma ürünleri olduğunu, felsik ve mafik magmaların karışımının köken magma oluşumunda önemli bir rol oynadığını ve metasomatize olmuş litosferik mantonun da köken magmaya katkısı olabileceğini belirtmektedir. Bu volkanik birimlerin yaşı, 0.273-0.246 My (Baş 1979; Hempton ve Linneman, 1984; Linneman, 2002), <0.012-0.140 My (Adıyaman vd., 2001), 0.102-0.140 My (Karanlı, 2006) ve $0.102\pm 2-1.061\pm 88$ My (Karanlı vd., 2008) olarak verilmektedir.

Havzadaki en genç çökeller ise fay denetimli alüvyon yelpazeleri dere yatağı ve örgülü akarsu alüvyonları ve taşkın ovası çökelleridir. Bunlar kötü boylanmalı blok, çakıl, orta-kaba kum, silt-kil boyutunda malzemelerden oluşmaktadır (Şekil 1.5 ve 1.6). Aynı zamanda bu birimler Erzincan doğusunda, Üzümlü güneyindeki alanlarda üst seviyelere doğru volkanoklastik arakatkıları içermektedir (Koçyiğit, 1991b). Erzincan Havzası'nda havza dolgusu şeklinde gelişen bu birimlerin kalınlığının bölgede yapılan çalışmalarda 500-3500 m (Irrlitz, 1972; Hempton ve Dune, 1984; Büyükaşikoğlu, 1992; Gaucher, 1993; Bernard vd., 1997; Aktar vd., 2004; Kaypak ve Eyidoğan, 2005) arasında değiştiği belirtilmektedir. Sondaj verilerine göre Erzincan Havzası genç sediman dolgusunun toplam kalınlığı yaklaşık 2 km dir (Koçyiğit, 1991b). Irrlitz (1972) ve Tatar (1978)'a göre bu birimlerin yaşı Pliyo-Kuvaterner'dir.



Şekil 1.5 Havza dolgusunu oluşturan gevşek çimentolu alüvyon yelpazesinin yakın plan görünümü, Üzümlü GB'sı (GB'dan KD'ya bakış).



Şekil 1.6 Başpınar (K.Köşünker) yelpazesi (G'den K'ye bakış).

BÖLÜM 2

YAPISAL JEOLJİ

2.1 Kuzey Anadolu Fay Zonu

KAFZ doğuda Karlıova'dan başlayıp batıda Saros Körfezine kadar uzanan, orta kesimlerinde kuzeye doğru geniş bir dışbükey yay şeklinde gelişmiş yaklaşık 1200 km uzunluğunda sağ yanal doğrultu atımlı bir fay zonudur. KAFZ baskın olarak birkaç yüz metre ile 40 km genişliğinde bir zon içerisinde gelişmiştir. Uzunluğunun büyük bir bölümü boyunca bu fay zonu, bazen ağ şeklinde düzensiz örgülenme sunan yaklaşık olarak birbirine paralel fay kollarından meydana gelir. Kuzey Anadolu Fayı, 1939 Erzincan Depremi ve onu takip eden 1942 Erbaa, 1943 Ladik ve 1944 Bolu-Gerede depremlerinden sonra Ketin (1949) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda ilk kez büyük ölçekli bir doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte Mürefte'den (Şarköy, Tekirdağ) doğuya doğru İzmit körfezi, Bolu, Gerede ve Kızılırmak'a kadar uzanan Kuzeybatı Anadolu bölgesinin aktif bir sismik kuşak olduğu 1930 lu yıllarda farkedilmiş ve bu sismik kuşak, kuzeydeki kıta ile güneydeki Gondwana arasındaki bir yapışma kuşağı "Paflagonya Nedbesi" (Nowack, 1928) ya da Salomon-Calvi (1936) tarafından kıtaların kayması teorisi kapsamında bir çarpışma kuşağı olarak yorumlanmış ve "Tonal Hat" olarak adlandırılmıştır. Bu fay zonu dünyada en iyi bilinen plaka sınırlarında gelişmiş San Andreas Fayı ile karşılaştırılmış ve her iki fay da plaka tektoniği kavramı çerçevesinde sağ yönlü doğrultu atımlı bir transform fay olarak da yorumlanmaktadır (Ketin, 1976; Şengör, 1979; Koçyiğit, 1989). Bu transform fay zonu kuzeyde Avrasya Plakası ve güneyde Anadolu Blok'u arasındaki sınır kesiminde, Karadeniz kıyısına yaklaşık paralel olarak şekillenir. Bu fay zonu aynı zamanda, Anadolu Blok'u içinde ondan ayrılan splayler (fay kolları) olan, birkaç adet diğer ikincil faylarla da karakterize edilmektedir (Bozkurt, 2001).

KAFZ, doğuda Karlıova'dan itibaren kuzeybatıda Vezirköprü'ye kadar K75°B gidişli, Vezirköprü-Kargı arasında ise D-B gidişli olarak devam eder. Kargı batısından itibaren güneybatıya doğru büküm yapan KAFZ, Tosya'nın batısından itibaren batıda Gerede ve Bolu'ya doğru K75°D gidişli olarak uzanır. Bolu'nun hemen batısında KAFZ iki ana kola ayrılır: 1) Kuzey kol, Marmara Denizini

kuzeyden kateder ve KAFZ'ın Marmara'daki en aktif bölümünü oluşturur ve Düzce-Adapazarı ovalarını güneyden sınırlar. 17 Ağustos 1999 depremi KAFZ'nun bu kısmı üzerinde meydana gelmiştir. 2) Güney kol, Pamukova, İzmit, Mustafakemalpaşa, Manyas, Gönen ve Yenice üzerinden güneybatıya büküm yaparak ve birbirine paralel birkaç kola ayrılarak Biga Yarımadası üzerinden Ege Denizi'ne uzanır.

KAFZ ve ana kolları boyunca bir takım çöküntü alanları ve fay denetimli birçok havza gelişmiştir: 1) -Çek-ayır havzalar, burada fay izi boyunca bir sıçrama vardır [Niksar Havzası: (Aydın ve Nur, 1982; Barka vd., 2000); Taşova-Erbaa Havzası: (Barka vd., 2000); Erzincan Havzası: (Aydın ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984); Adapazarı Havzası: (Neugebauer, 1995)], 2) Fay kenarlı (Fault-wedge) havzalar [Suşehri Havzası: (Koçyiğit, 1989); Gölova Havzası: (Koçyiğit, 1990); Vezirköprü Havzası: (Dirik, 1993)], 3) Bir kenarı boyunca aktif bir doğrultu atımlı fay ve diğer kenarı boyunca bir bindirme fayı tarafından sınırlanan kompleks çek-ayır havzalar [Geyve Havzası: (Koçyiğit, 1988)], 4) Çok küçük çek-ayır havzaların birleşmesiyle şekillenen karma (bileşik) çek-ayır havzalar (Merzifon-Suluova Havzası: (Rojay, 1993); Erzincan Havzası: (Barka ve Gülen, 1989; Koçyiğit ve Rojay, 1992)] ve 5) Önemli miktarda açılma (extension) gösteren doğrultu atımlı fayların sınırladığı negatif çiçek yapısı (Negative flower structure) [Almus fay zonu boyunca, Kazova havzası: (Bozkurt ve Koçyiğit, 1996)]. Bu havzalar, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun evrimi ve yaşı üzerine değerli bilgiler içerdikleri için önemli şekillerdir. Bu havzaların stratigrafisi ve yapısı birçok bilimsel çalışmaya konu edilmiştir (Irritz, 1972; Barka ve Hancock, 1984; Koçyiğit, 1989; Barka ve Gülen, 1989; Tatar vd., 1995; Bellier vd., 1997; Barka vd., 2000). KAFZ boyunca sağ yanal hareketin nedeni ve yaşı tartışmalıdır ve temel olarak üç farklı görüş vardır: 1) Sağ yanal hareket Orta Miyosen'de başlar ve bu hareket, Arap ve Avrasya plakaları çarpıştığında, doğu Türkiye'deki çarpışma zonundan öteye Anadolu Bloğunun batıya doğru hareketinin sonucudur (McKenzie, 1970; Şengör, 1979a; Şengör, 1979b). 2) Kuzey Anadolu Fay Zonunun oluşumu en geç Miyosen veya erken Pliyosen'e kadar başlamıştır (Tokay, 1973; Toprak, 1988; Barka ve Gülen, 1989; Koçyiğit, 1989; Bozkurt ve Koçyiğit, 1996; Yaltırak, 1996; Barka vd., 2000). 3) Aynı zamanda, Kuzey Anadolu Fay Zonunun geç Miyosen esnasında Doğu Anadolu'da başladığı ve

Pliyosen esnasında da batıya doğru devam ederek Marmara Denizi bölgesine uzandığı öne sürülmektedir (Şengör, 1979a; Suzanne vd., 1990; Barka, 1992; Yaltırak vd., 2000). 4) Son zamanlarda, Kuzey Anadolu Fay Zonunun başlangıcının doğuda 16 MY veya daha yaşlı, batıda ise 3 MY'dan daha genç olduğu düşünülmektedir (Gautier vd., 1999).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Geç-Orta Miyosen'de aktif olduğuna dair kanıt yoktur, bu sadece Şengör (1979a)'ün modelinden yola çıkılarak öne sürülen bir tahmindir. Bununla birlikte, KAFZ'nun 3 MY kadar genç olduğu savunulamaz, çünkü bilinen kayma oranı dikkate alındığında, oluşumundan itibaren, 3 MY'dan daha az bir zaman diliminde meydana gelebilecek atım miktarından daha fazla atıma sahiptir (Bozkurt, 2001). Bununla birlikte, ilk kez Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafından ileri sürüldüğü gibi, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun en erken Pliyosen'de (~ 5 MY) şekillendiğine dair, şimdi daha çok kanıt vardır. Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca yapılan jeolojik çalışmalarda, 85 ± 5 km (Doğu bölümü)- 25 ± 5 km (Batı bölümü) arasında bir toplam atım hesaplanmıştır (Seymen, 1975; Tatar, 1978; Şengör, 1979; Barka, 1981; Barka ve Hancock, 1984; Şengör vd., 1985; Şaroğlu, 1985; Şaroğlu, 1988; Koçyiğit, 1988; Toprak, 1988; Koçyiğit, 1989; Barka, 1992). Jeolojik veri analizlerinden KAFZ üzerindeki kayma oranının yaklaşık 5-10 mm/yıl (Barka, 1992) veya 17 ± 2 mm/yıl (Westaway, 1994) olduğu ileri sürülürken, plaka hareketleri ve sismolojik verilerden ise 30-40 mm/yıllık bir hız ileri sürülmektedir (Taymaz vd., 1991). Bu fark, 1939-1967 yılları arasındaki zamanlarda olduğu gibi tipik olarak, Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki şiddetli sismik hareketlerin konu edilmesiyle, abartılan kayma oranlarından dolayı ortaya çıkar (Bozkurt, 2001). Diğer yandan, güncel GPS verileri, günümüzdeki kayma oranlarının 15-25 mm/yıl arasında olduğunu göstermektedir (Oral vd., 1995; Ayhan vd., 1995; Reilinger vd., 1997; McClusky vd., 2000). Bilinen GPS verilerden yola çıkılarak yapılan tahminler, Günümüz-Pliyosen aralığında 75-125 km bir toplam hareketi (atım) verir, bu değer, 85 ± 5 km olarak hesaplanan değerle yaklaşık olarak bağdaşmaktadır (Seymen, 1975; Westaway, 1994; Armijo vd., 1999; Barka vd., 2000).

Geçen 70 yıl içinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu, tipik olmayan uzun faylarda olduğu gibi, sistematik bir şekilde farklı bölümleri boyunca depremler üretmiştir. Yaklaşık 360 km yüzey kırığı oluşturan 1939 Erzincan Depremiyle ($M=7.9-8.0$)

başlayan, dokuz adet orta-büyük depremde ($M > 6.7$) KAFZ'nunda yüzey kırıkları meydana gelmiş ve fay zonu boyunca 1000 km den daha fazla uzunlukta yüzey kırığı oluşmuştur. Depremlerin çoğu Anadolu bloğunun batıya göçünün sonucu olarak meydana gelmiştir. Bunlar, 26 Aralık 1939 Erzincan ($M=7.9-8.0$), 20 Aralık 1942 Erbaa-Niksar ($M=7.1$), 26 Kasım 1943 Tosya ($M=7.6$), 1 Şubat 1944 Bolu-Gerede ($M=7.3$), 26 Mayıs 1957 Abant ($M=7.0$), 22 Temmuz 1967 Mudurnu Vadisi ($M=7.1$), 13 Mart 1992 Erzincan ($M=6.8$), 17 Ağustos 1999 Kocaeli ($M=7.4$) ve 12 Kasım 1999 Düzce ($M=7.2$) depremlerini kapsar (Pamir ve Ketin, 1941; Ketin, 1968; McKenzie, 1970; Ambraseys, 1970; Tokay, 1973; Dewey, 1976; Koçyiğit, 1988; Koçyiğit, 1989; Koçyiğit, 1990; Barka vd., 2000; Wright vd., 2000).

Tarihsel depremlerin dağılımı ve analizi, Kuzey Anadolu Fay Zonunun en batıda iki kola ayrıldığı yeri gösterir. Burası çok büyük depremlerin oluşmasını sağlayan, en aktif kol olan kuzey koldur. Buna ilaveten, Stein vd., (1997) öncü şokların KAFZ boyunca depremleri başlattığını (tetiklediğini) göstermişlerdir. 17 Ağustos 1999 Kocaeli depremi sonrasında stres yakın fay segmentlerine transfer edilmiştir. Doğuda, Düzce segmenti 12 Kasım 1999 depreminde kırılmıştır (Koçyiğit vd., 1999; Taymaz, 1999; Emre vd., 2000; Komut, 2000). Batıda, stres muhtemelen Marmara bölgesinde Kuzey Anadolu Fay Zonunun kolları üzerinde birikmiştir ve bu fayların harekete geçmesinin yakın olduğuna dair iddialar vardır (Gürbüz vd., 2000; Parson vd., 2000). Kocaeli depremi esnasındaki stres dönüşümünden (transform) başka, İstanbul'un güneyinde Marmara Denizi, son 1719 depreminden beri stres birikmekte olan asismik (sismolojik olarak hareketsiz) bir bölgedir (Ambraseys ve Finkel, 1987, 1995).

2.2 Faylar

Erzincan Havzası'ndaki ana faylar, havzayı kuzeyden sınırlayan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun segmentlerinden oluşmaktadır (EK1). Barka ve Gülen (1989) Erzincan Havzası ve yakın çevresindeki Kuzey Anadolu Fay Zonunu üç segmente ayırmıştır. Bu segmentlerden ikisi havza ve çevresinde gözlenmektedir. Doğu segment (S1) yaklaşık 75 km ve $K70^{\circ}B$ doğrultusunda Yedisu-Tanyeri (Avcılar) arasında yer almaktadır. İki nolu segment (S2) ise havzanın kuzey sınırını

oluşturmakta ve yaklaşık 60 km uzunluğunda olup, $K55^{\circ}B$ doğrultuludur (Barka ve Gülen, 1989).

Havzanın kuzey ve güneyindeki normal faylar genellikle GD-KB ve D-B gidişli faylar olup, bunun yanında bazı kesimlerde yaklaşık K-G gidişli faylarda gözlenebilmektedir (EK-1). Bu faylar özellikle havzanın doğusu ile güney kesimlerinde ve yer yer de havza dolgusunu oluşturan genç çökeller içerisinde gözlenirken, havzanın batı kesimine doğru nispeten daha az sayıda gözlenmektedir. Bindirme fayları ise inceleme alanında havzanın doğu ucu ile güneybatı kesiminde yer almaktadır.

2.2.1 Doğrultu Atımlı Faylar

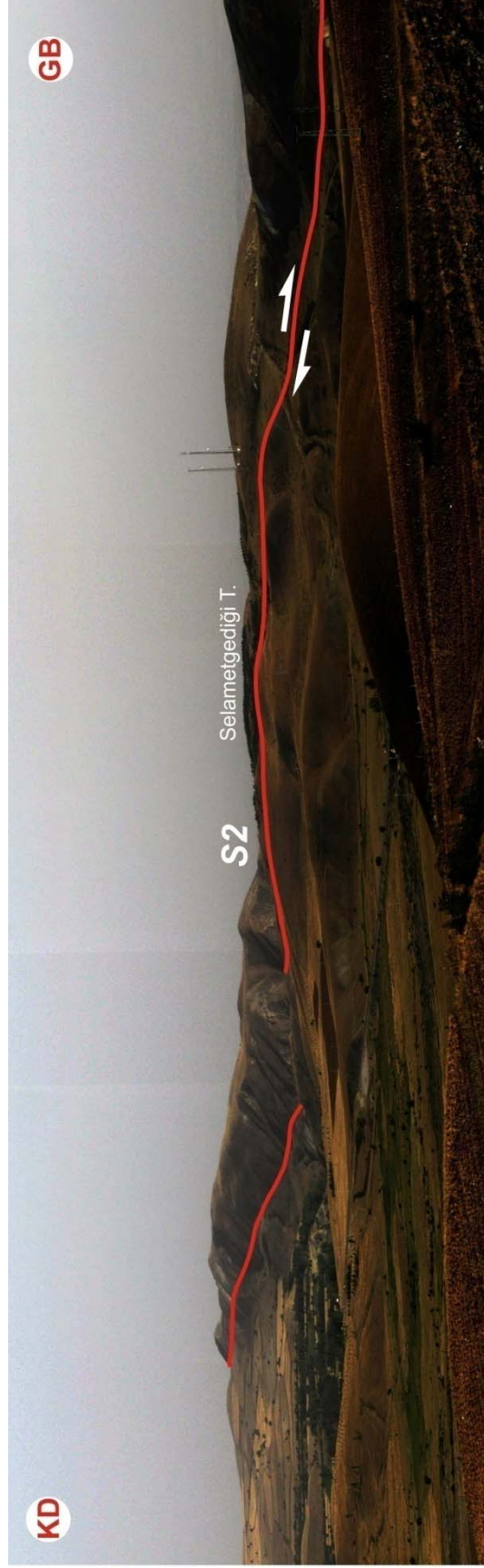
Havza içerisindeki en önemli yapısal elemanlar, havzayı güneydoğudan kuzeybatıya doğru kateden Kuzey Anadolu Fay Zonu'dur. Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun havza içerisindeki ana kolu iki segmentten oluşmaktadır. Bundan başka Malatya Ovacık Fayı da Günbağı Köyü'nün kuzeyinden başlayarak Mercan Deresi boyunca inceleme alanı içerisinde Kuzey Anadolu Fay Zonu'ndan ayrılmaktadır (EK-1). Malatya-Ovacık Fayı (MOF) kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu, 240 km uzunluğunda sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Bu fayın yaşı yaklaşık 5-3 MY ve bu fay üzerindeki toplam atım ise 29 km dir (Westaway ve Arger, 2001).

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Barka ve Gülen (1989) tarafından ayırtılan segmentlerinden S1 ve S2 segmentleri, inceleme alanı içerisinde yer alırken S3 segmenti inceleme alanının dışında, kuzeybatıda bulunmaktadır. Ayrıca havza içerisinde bu segmentlere koşut olarak yan kollar şeklinde gelişmiş ikincil fay kolları da bulunmaktadır.

S1 segmenti yaklaşık 75 km uzunluğunda ve $K70^{\circ}B$ doğrultusunda Yedisu-Tanyeri (Avcılar) arasında yer almaktadır. S1 segmenti $K65^{\circ}B$ doğrultusunda Sarıkaya Köyü'nün güneydoğusundan inceleme alanına girer. Avcılar ve Demirpınar'ın güneyinden geçerek Mertekli'ye kadar uzanır. Buradan itibaren fayın izi, havza dolgusunu oluşturan gevşek yapılu alüvyal nitelikteki malzeme ve işlenmiş tarım arazisinden dolayı takip edilememektedir. S1 segmentinin inceleme alanı içerisindeki uzunluğu yaklaşık 17 km dir (EK-1).

Barka ve Gülen, (1989) tarafından tanımlanan S2 segmenti, yaklaşık 60 km uzunluğunda olup, havzanın kuzey sınırını oluşturmakta ve K55°B doğrultusu boyunca havzanın kuzeybatı ucuna, Çardaklı vadisinin kuzeyine Eğriyol Tepe'ye kadar K60°-65°B doğrultusunda uzanmaktadır (EK-1).

S2 segmenti doğuda Demirpınar Köyü'nün batısından başlamakta, Gökbayır'ın kuzeyinden geçerek K60°B doğrultusunda Pişkidağ güneyinde Kurtini Tepe'nin güneyine kadar uzanmaktadır. Buradan itibaren kuzeye sıçrama (stepover) yapmaktadır. Altun Tepe ve Saz Tepe'nin kuzeyi ile Ekşisu mevkiinin batısında Ilıca mevkiinden geçerek, aynı doğrultuda Geçit'in kuzeyine kadar uzanmaktadır. Bu kesimde gevşek yapılı, havza dolgusunu oluşturan alüvyal birimler üzerinde fayın izi net olarak gözlenmemektedir (EK-1). Geçit kuzeyinde tekrar kuzeye sıçrama yaparak, Kırklar Tepe'nin kuzey kenarı boyunca aynı doğrultuda devam etmektedir. Kurutelek Köyü'nün kuzeyinden itibaren batıya yaklaşık 5° lik bir büklüm yaparak K65°B doğrultusunda, Işıkpınar Köyü'nden geçerek Keklikkayası Köyü'nün kuzeyine kadar uzanmaktadır. Buradan itibaren tekrar kuzeye yaklaşık 5°lik bir büklüm yaparak, Yalnızbağ'ın kuzeyinden ve Davarlı Köyü'nden geçerek K60°B doğrultusunda uzanmaktadır (Şekil 2.1, EK-1). Susuzlar Tepe kuzeyinde ise iki kola ayrılarak devam etmektedir. Yalnızbağ'ın kuzeyinden itibaren fay izi boyunca basınç sırtları ve çöküntü alanları şeklinde faylanma ile ilgili morfolojik yapılar yer almaktadır. Yalnızbağ kuzeyinde, Selametgediği Tepe'nin doğu ucunda yol yarmasında 1939 Depremine ait yüzey kırığı (Barka, 1996) net olarak gözlenebilmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.1 Yalnızbağ kuzeyinde, KAFZ' in S2 segmentinin panoramik görünümü (KB'dan GD'ya bakış).



Şekil 2.2 Yalnızbağ kuzeyinde Erzincan-Gümüşhane yolu üzerindeki yol yarmasında 1939 Erzincan Depreminde oluşan yüzey kırığı (GD'dan KB'ya bakış).

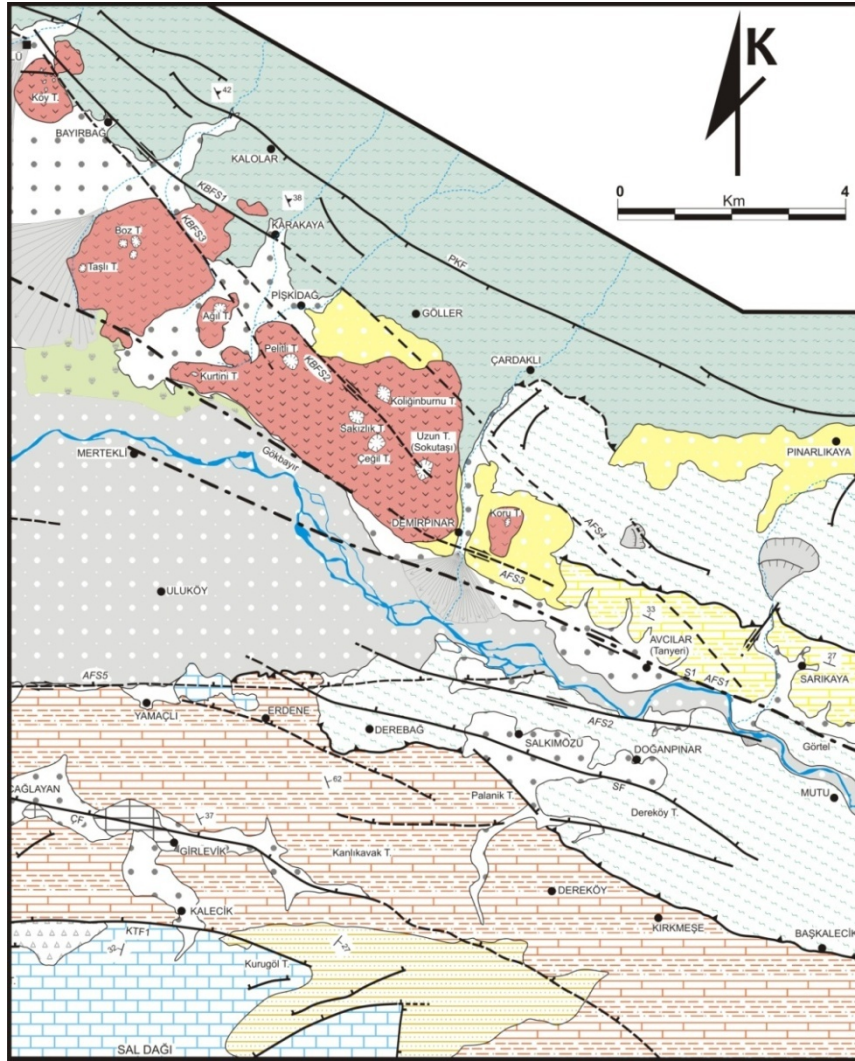
Avcılar Fay Seti (AFS): Sarıkaya Köyü'nün güneydoğusundan havzaya giren ve Sarıkaya-Mertekli köyleri arasındaki GD-KB gidişli faylar Avcılar Fay Setini (AFS) oluşturur. Bu faylar birbirlerine yaklaşık paralel doğrultuda yer almaktadır ve uzunlukları ise 4-17 km arasında değişmektedir (Şekil 2.3 ve 2.4).

Bu faylardan en uzununu yaklaşık 17 km olup, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun ana kolunun inceleme alanı içindeki uzantısını oluşturmaktadır (S1-AFS1). Bu fay havzaya Sarıkaya Köyü'nün güneyinden girmekte, Avcılar ve Demirpınar köylerinin güneyinden geçerek Mertekli'ye kadar uzanmaktadır. Fayın izi Mertekli'den itibaren KB ya doğru, havza içindeki güncel çökellerin litolojik özelliklerinden dolayı takip edilememektedir. S1 segmentine ait diğer faylardan birisi $K80^{\circ}B$ doğrultusunda, Avcılar'ın güney kesiminde Fırat Nehri'ne paralel konumda (AFS2) ve diğer fay ise Kuru Tepe'nin güneyi ile Demirpınar Köyü arasında (AFS3) ana kola paralel olarak uzanmaktadır (Şekil 2.3 ve 2.16). Ayrıca Sarıkaya Köyü güneyinden itibaren $K48^{\circ}B$ doğrultusunda Kuru Tepe'nin kuzeyine kadar uzanan bir diğer fay (AFS4) daha mevcut olup, , uzunluğu yaklaşık 6 km kadardır.

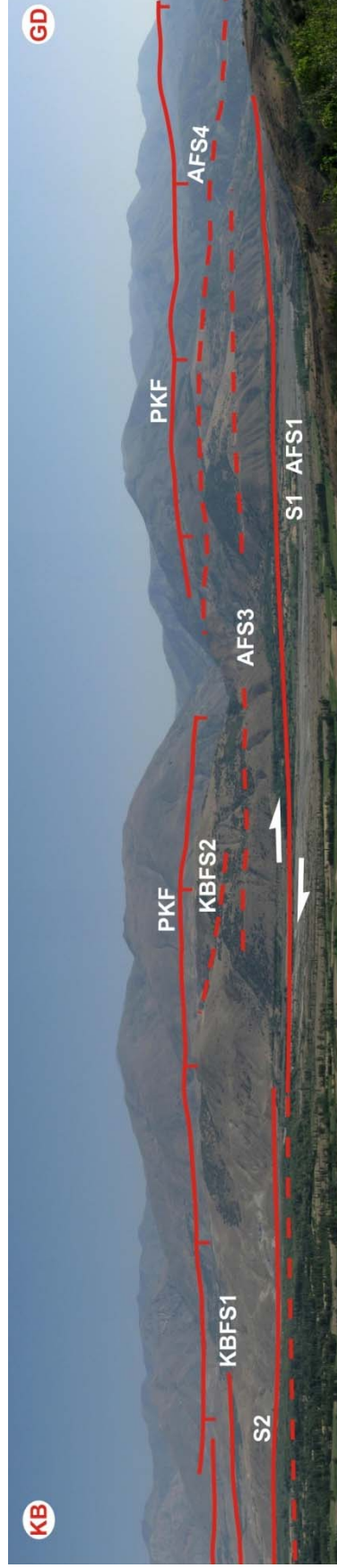
Bu faylar bazı kesimlerde yüzeyde fay sarplıkları, sağa çarpılmış dereler ve uzamış sırtlar şeklinde faylanma ile ilgili belirgin morfolojiler sunarken, bazı kesimlerde net olarak gözlenmemektedir. Bu nedenle morfolojisi belirgin olmayan faylar olasılı olarak işaretlenmiştir. Bu faylardan ikisi Fırat Nehri'nin güneyinde yer almaktadır. D-B doğrultusunda, Avcılar Köyü'nün yaklaşık 2 km batısından başlayıp Karatuş Köyü'nün kuzeybatısına kadar uzanan kol, havzanın güneybatı kenarını sınırlamaktadır (AFS5, EK-1). Diğer kol ise Mertekli Köyü'nün yaklaşık 2 km güneydoğusundan itibaren Küçükkadağan Köyü'nün kuzeyine kadar D-B

doğrultusunda uzanmaktadır (AFS6, EK-1). Burada, havza dolgusunu oluşturan malzemenin litolojik özelliğinden dolayı fayı işaret eden herhangi bir morfolojik veri gözlenmemektedir. Bu kolun varlığı, bölge halkıyla yapılan sözlü görüşme neticesinde, 1992 depremini yaşayan kişilerin bu kesimde yüzey kırığı olduğu beyanlarına dayanarak olası biçimde çizilmiştir. Daha sonra bu kesimde yapılan manyetik profillerden de elde edilen veriler, bu kolun varlığını destekler niteliktedir.

Avcılar Fay setinin genel gidişi, Kuzey Anadolu Fay Zonunun genel gidişi ile uyumlu olup, bu kesimde Fırat Nehri'nin kuzey ve güney taraflarındaki derelerde gözlenen sağ yanal ötelenmeler, bu fay setinin sağ yanal karakterli olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 2.3 Erzincan Havzası güneydoğusunda Avcılar (AFS), Karakaya-Bayırbağ (KBFS) fay setlerini gösteren jeolojik harita (Açıklamalar için bakınız EK-1).

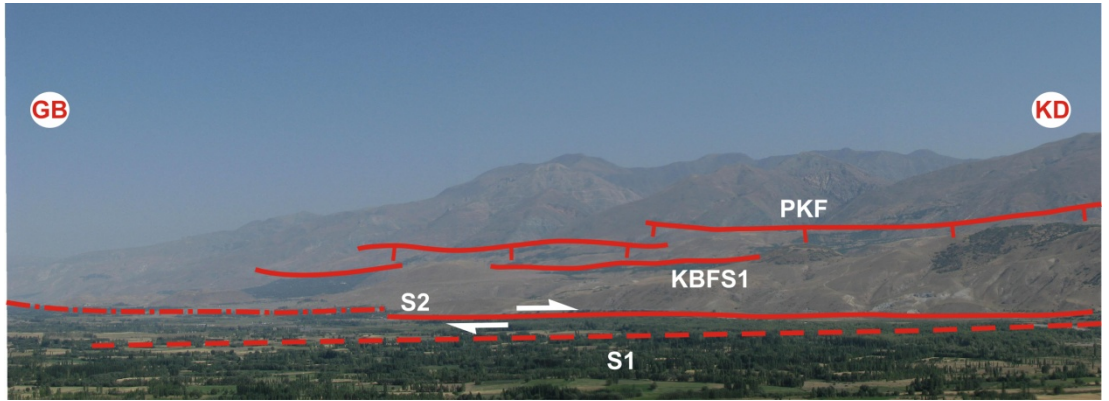


Şekil 2.4 Erzincan Havzası kuzey kenarında Avcılar-Karakaya arasındaki S1 ve S2 segmentleri ile Pınarlıkaya-Kalolar (PKF), Avcılar (AFS1, 3 ve 4) ve Karakaya-Bayırbağ (KBFS1 ve 2) faylarının panoramik görünümü (GB'dan KD'ya bakış).

Karakaya-Bayırbağ Fay Seti (KBFS): Sağ yanal doğrultu atımlı faylardan meydana gelen bu fay seti, Demirpınar Köyü'nün kuzeybatısından başlayıp Üzümlü İlçesi'ne kadar uzanmakta ve S2 segmentinin doğu bölümünü oluşturmaktadır (Şekil 2.3). Bu fay setini oluşturan fayların doğrultuları $K40^{\circ}-50^{\circ}B$ ve yaklaşık uzunlukları 5-11 km arasında değişmektedir.

Kuzeydeki fay, Çardaklı ve Göller köylerinin güneyinden, Pişkidağ Köyü kuzeyinden, Karakaya ve Bayırbağ köylerinden geçerek Üzümlü İlçesi'nin kuzeyine kadar 11 km lik bir uzunluğa sahiptir (KBFS1, Şekil 2.3 ve 2.5). Bu fayın Çardaklı güneyi ile Karakaya arasındaki izi net olarak gözlenememesinden dolayı bu kesimde olasılı olarak haritalanmıştır. Karakaya-Üzümlü arasında fay sarplıkları morfolojisi belirgin şekilde gözlenebilmektedir. Diğer iki fay ise bu fayın güneyinde yer almakta olup, belirgin bir morfolojiye sahip olmadığı için olasılı olarak haritalanmıştır.

Uzun Tepe'den itibaren Pişkidağ'ın güneyinden geçip Boz Tepe'nin kuzeyine kadar uzanan fay, yaklaşık 5 km uzunluğundadır (KBFS2). Diğer fay ise, Pişkidağ'ın güneyinden Pelit Tepe'den itibaren başlayıp, Boz Tepe'nin kuzeyinden, Bayırbağ'ın güneyinden geçerek, Üzümlü İlçesi'nin doğusunda Köy Tepe'ye kadar uzanmaktadır (KBFS3). Bu fayın yaklaşık uzunluğu ise yaklaşık 7 km dir.

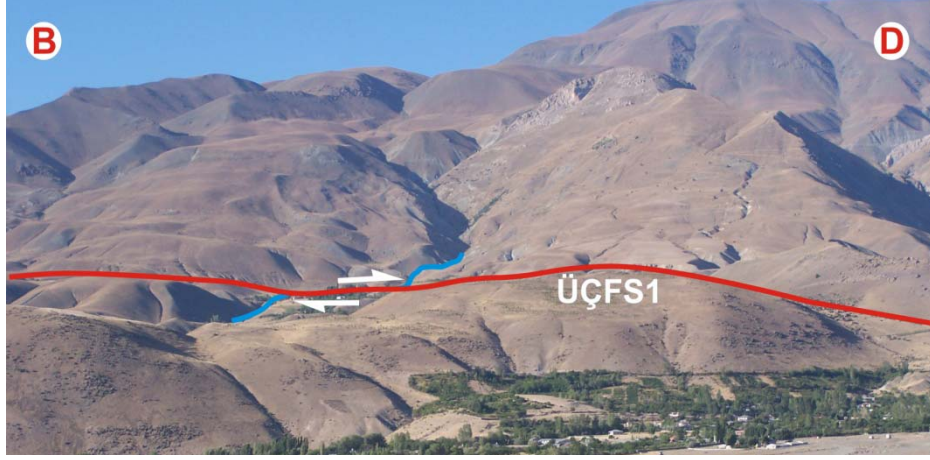


Şekil 2.5 Erzincan Havzası kuzey kenarındaki Pişkidağ-Üzümlü arasındaki S1 ve S2 segmentleri ile Pınarlıkaya-Kalolar (PKF) ve Karakaya-Bayırbağ (KBFS1) fay setlerinin genel görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

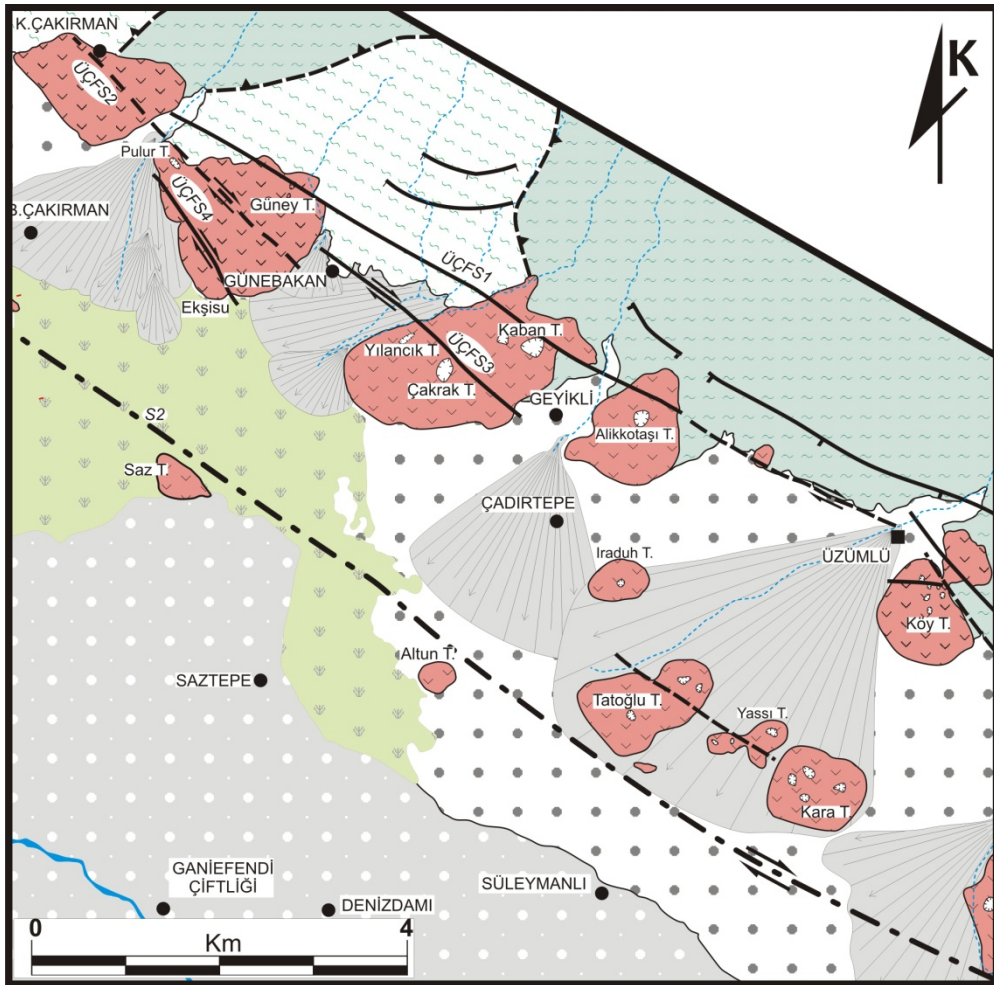
Üzümlü-Çakırman Fay Seti (ÜÇFS): Üzümlü ilçesi ile Küçükçakırman Köyü arasındaki K35°-60°B doğrultulu sağ yanal doğrultu atımlı faylar, Üzümlü-Çakırman fay setini oluşturmaktadır. Bu fayların uzunlukları 1.5 km ile 8.5 km arasında değişmektedir.

Bu fay setinin en uzun segmenti, Üzümlü'den başlayıp, Alikkotaşı Tepe'nin kuzeyi ile Kaban Tepe'den geçerek, Güney Tepe'nin kuzeyinden Küçükçakırman Köyü'nün doğusuna kadar K60°B doğrultusunda yer almaktadır. Toplam 8,5 km lik bir uzunluğa sahip olup, fay izi boyunca dere yatakları ve sırtlarda sağ yanal ötelenmeler şeklinde faylanma ile ilgili morfolojik yapılar gözlenmektedir (ÜÇFS1, Şekil 2.6 ve 2.7). Bu fayın Üzümlü-Alikkotaşı Tepe arasındaki yüzey morfolojisi çok belirgin olmayıp, olasılı olarak gösterilmiştir. Olasılı olarak işaretlenen diğer bir fay (ÜÇFS2) ise, Günebakan Köyü'nün güneybatısından itibaren Güney Tepe'den geçerek Küçükçakırman Köyü'nün batısına doğru K47°B doğrultusunda uzanmakta ve yaklaşık 3.5 km uzunluktadır. Bu fay seti içinde yer alan diğer bir fay (ÜÇFS3) ise K50°B doğrultusunda Geyikli Köyü'nün güneybatısından itibaren, Günebakan Köyü'nün kuzeybatısına kadar yaklaşık 3 km lik bir uzunluktadır. Güney Tepe'nin güneyinde, Ekşisu'nun kuzeydoğusundan Pulur Tepe'nin güneydoğusuna doğru K35°B doğrultusunda uzanan fayın (ÜÇFS4) yaklaşık uzunluğu ise 1.5 km dir (Şekil 2.7).

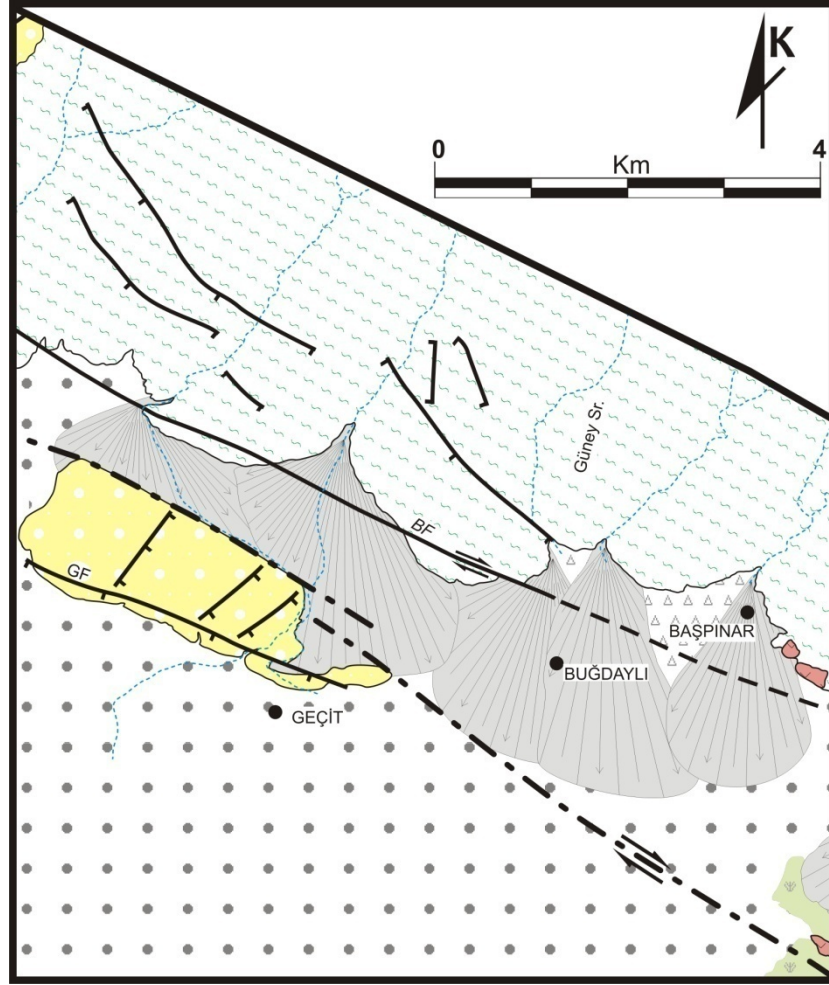
Başpınar Fayı (BF): İlk kez Koçyiğit (1991) tarafından adlandırılan bu fay yaklaşık 9 km uzunluğunda tek bir faydan oluşmaktadır. Başpınar Köyü'nün güneydoğusundan başlayarak kuzeybatıya doğru Buğdaylı Köyü'nün kuzeyinden geçerek K75°B doğrultusunda Kurutelek Köyü'nün kuzeyindeki yamaçlara kadar uzanmaktadır. Bu fay, Buğdaylı'nın kuzeyine kadar olan doğu bölümünde belirgin bir morfolojiye sahip olmamasına rağmen, batı bölümünde sağ yanal ötelenmiş dereler, uzamış sırtlar ve üçgen yüzeyler şeklinde gelişmiş belirgin bir yüzey morfolojisine sahiptir (Şekil 2.8 ve 2.9). Ayrıca bu fay boyunca birbiri üzerinde gelişmiş ve fayın doğrultusuna paralel olarak dizilmiş alüvyon yelpazeleri yer almaktadır.



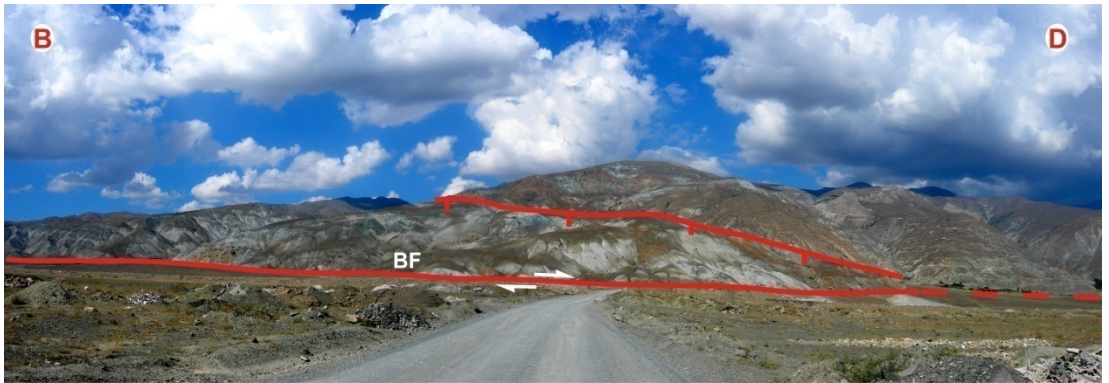
Şekil 2.6 Geyikli Köyü kuzeyi, havzanın kuzey kenarında Üzümlü-Çakırman Fay seti üzerinde gözlenen sağ yanal ötelenme (Geyikli Köyü'ne G'den K'ye bakış).



Şekil 2.7 Erzincan Havzası kuzey kesiminde Üzümlü-Çakırman arasındaki Üzümlü-Çakırman fay setini (ÜÇFS) gösteren jeolojik harita (Açıklamalar için bakınız EK-1).



Şekil 2.8 Erzincan şehir merkezi KD sundaki Başpınar (BF) ve Geçit (GF) faylarını gösteren jeolojik harita (Açıklamalar için bakınız EK1).



Şekil 2.9 Başpınar Fayının (BF) genel görünümü (Buğdaylı Köyü kuzeybatısı, G'den K'ye bakış).

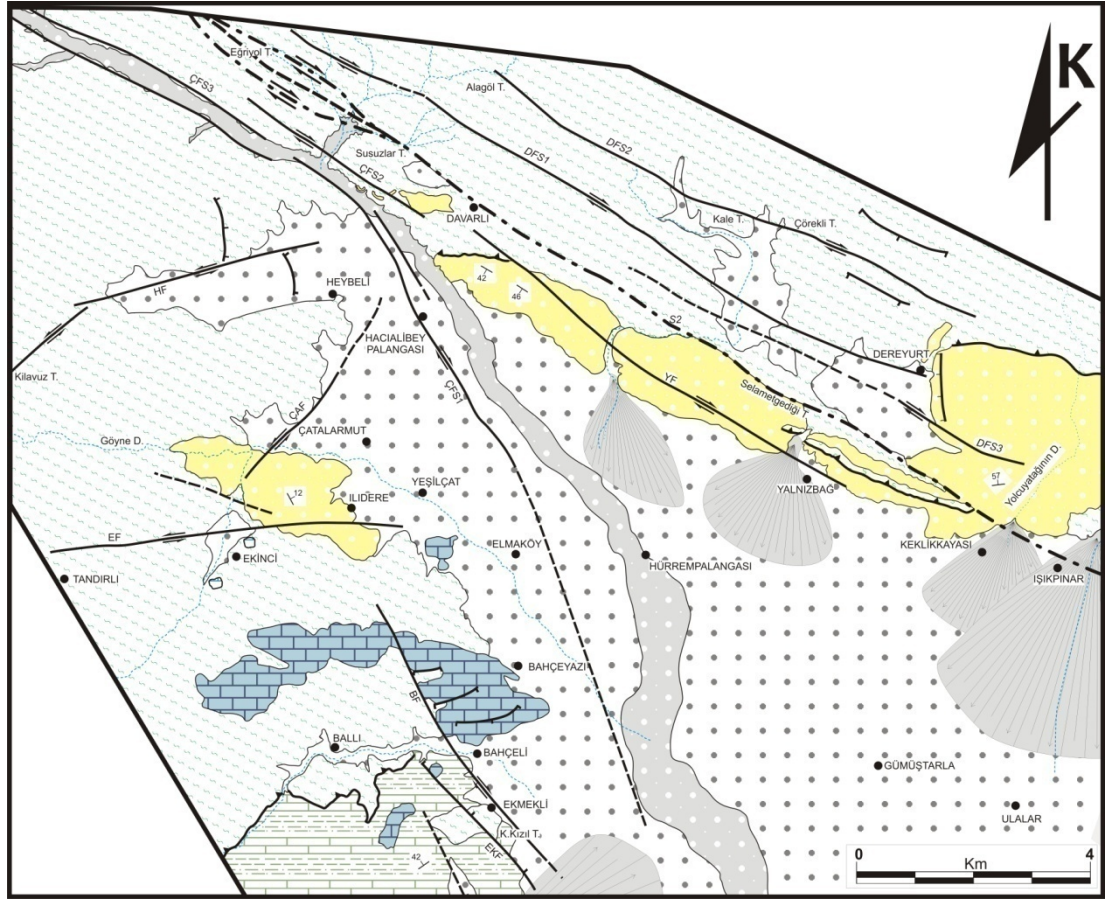
Dereyurt Fay Seti (DFS): Dereyurt Köyü'nden itibaren K60°B doğrultusunda, Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun ana koluna paralel olarak uzanan faylar, Dereyurt fay setini oluşturmaktadır. Bu adlandırma ilk kez Koçyiğit (1991) tarafından kullanılmış olup, bu çalışmada da aynı adlandırma benimsenmiştir. Bu fayların yaklaşık uzunlukları 7.5 km ile 12 km arasında değişmektedir.

DFS1, Dereyurt Köyü'nden itibaren Alagöl Tepe'nin güneybatısına kadar K60°B doğrultusunda uzanır. Buradan itibaren batıya 10° lik bir büküm yaparak, K70°B doğrultusunda Eğriyol Tepe'nin kuzeybatısına kadar uzanana DFS1'in toplam uzunluğu 12 km dir (Şekil 2.10 ve 2.11). Bu fayın kuzeyinde yer alan toplam 9.5 km uzunluğundaki diğer kol ise bu faya paralel olarak Dereyurt Köyü'nün kuzeyinden itibaren Çörekli Tepe'nin güneyi ile Kale Tepe'nin kuzeyinden geçerek Alagöl Tepe'nin kuzeydoğusuna kadar uzanmaktadır (DFS2, Şekil 2.11). Bu faylar fay sarplıkları şeklinde gelişmiş belirgin bir yüzey morfolojisine sahiptir. Bu fay seti içerisinde yer alan diğer fay ise Dereyurt Köyü'nün yaklaşık 2 km güneydoğusundan başlamakta ve buradan itibaren kuzeybatıya doğru yaklaşık uzanımı 7.5 km dir (DFS3). Bu fayın Dereyurt Köyü'ne kadar olan doğu bölümünün yüzeydeki izi fay sarplıkları şekilde gözlenebilmesine karşın batıya doğru yüzeydeki morfolojisi net olarak gözlenememektedir.



Şekil 2.10 Dereyurt Köyü'nden geçen Dereyurt fay setinin (DFS1) genel görünümü (G'den K'ye Dereyurt Köyü'ne bakış).

Yalnızbağ Fayı (YF): Bu fay, Yalnızbağ Köyü doğusundan başlayıp Davarlı Köyü'nün kuzeyine kadar K57°B doğrultusunda uzanmaktadır ve uzunluğu yaklaşık 7.5 kmdir (Şekil 2.11). Güneybatı bölümünde faya ait yüzey morfolojisi net olmamakla birlikte, Yalnızbağ'ın kuzeydoğusunda Selametgediği Tepe'nin güney eteğinden itibaren kuzeybatıya doğru uzanımında üçgen yüzeyler şeklinde gelişmiş belirgin bir yüzey morfolojisi gözlenebilmektedir.



Şekil 2.11 Erzincan Havzası'nın KB kenarının jeolojik haritası (Açıklamalar için bakınız EK-1).

Çardaklı Fay Seti (ÇFS): Çardaklı vadisi boyunca yer alan Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun güneyindeki faylar ilk kez Koçyiğit (1991) tarafından Çardaklı Fay Seti olarak adlandırılmış ve bu çalışmada da aynı adlandırma benimsenmiştir. Bu fay setini oluşturan faylardan en uzununu yaklaşık 18 km dir.

Bu fay (ÇFS1) Bahçeli Köyü'nün yaklaşık 3 km güneydoğusundan itibaren Yeşilçat Köyü'nün doğusuna kadar K20°B doğrultusunda uzanır ve bu alanda Erzincan Havzası'nın gevşek pekişmemiş akarsu ve yelpaze çökellerinin yaygın yüzeylemesi nedeniyle, yüzey morfolojisi belirgin olmadığı için olası fay olarak haritalanmıştır. Çardaklı vadisine girerek 33° lik bir bükümle K63°B doğrultusunda devam etmektedir. Diğer iki fay ise havzanın kuzeybatı ucunda Davarlı Köyü'nün güneybatısından itibaren batıya doğru sırasıyla K57°B (ÇFS2) ve K60°B (ÇFS3) doğrultusunda uzanmaktadır. Çardaklı fay seti Çardaklı Vadisi'nin kuzey ve güney yamaçları boyunca, sağ yanal ötelenmiş dere yatakları ve sırtlar şeklinde gelişmiş belirgin bir yüzey morfolojisine sahiptir (Şekil 2.11 ve 2.12).

Yaylabaşı Fay Seti (YFS): Bu fay seti havzanın güney kenarında birbirine paralel iki faydan oluşmaktadır. Yaklaşık uzunlukları 5 km ve 6 km olan bu faylar K45°B doğrultusunda Tepecik ve Yaylabaşı köyleri arasında uzanmaktadır (YFS1, YFS2).

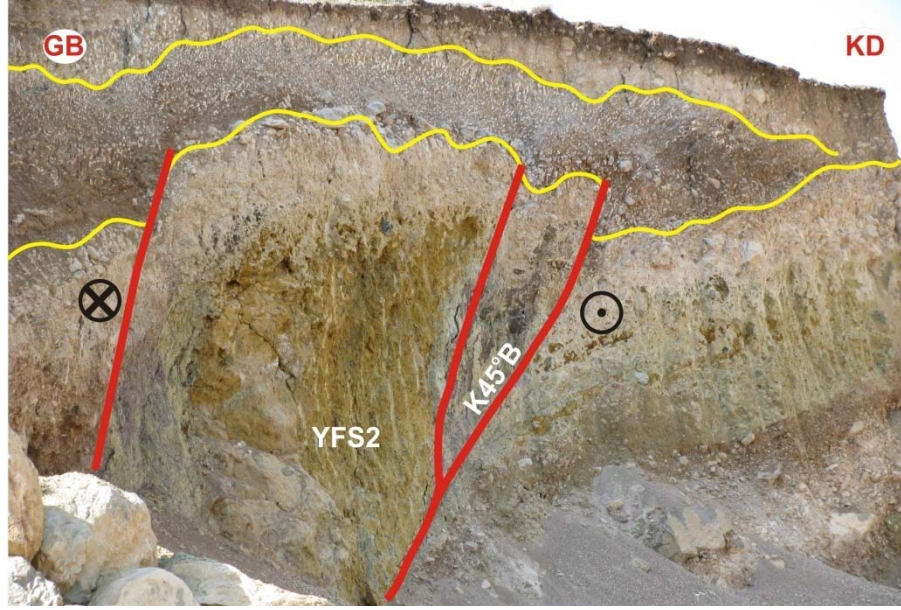
Havza dolgusunu oluşturan alüvyal birimler içerisinde bu fayların izleri net olmamakla birlikte, Yaylabaşı'nın güneydoğu ve kuzeybatısında bu fay setinin morfolojisi iyi bir şekilde gözlenebilmektedir. Canıklarbağı mevkiinin güneydoğu kesimindeki bir yarmada ise bu fay setine ait faylardan güneydeki kol net bir şekilde gözlenebilmektedir (Şekil 2.13 ve 2.14).

Bahçeli Fayı (BF): Erzincan Havzası'nın KB kenarını sınırlayan faylardan birisi olan bu fay, Cevizli Köyü'nün kuzeyinden başlayarak Bahçeli'ye kadar K43°B doğrultusunda Bahçeli'den sonra ise doğuya yaklaşık 16° lik büküm yaparak K27°B doğrultusunda uzanmaktadır. Fayın yaklaşık uzunluğu 6 km dir (Şekil 2.11).

Ekinci Fayı (EF): Fay Tandırılı Köyü'nün kuzeyinden itibaren, K80-85°D doğrultusunda, Ekinci Köyü'nün kuzeyinden geçerek, İldere Köyü'nün güneydoğusuna doğru uzanan sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Yaklaşık uzunluğu 6 km olan bu faya ait düzlemler, Ekinci Köyü'nün kuzeydoğusundaki yol yarmalarında yüzlek veren Pliyosen yaşlı birimler (Yalnızbağ Formasyonu) içerisinde belirgin olarak gözlenebilmektedir (Şekil 2.11 ve 2.15).



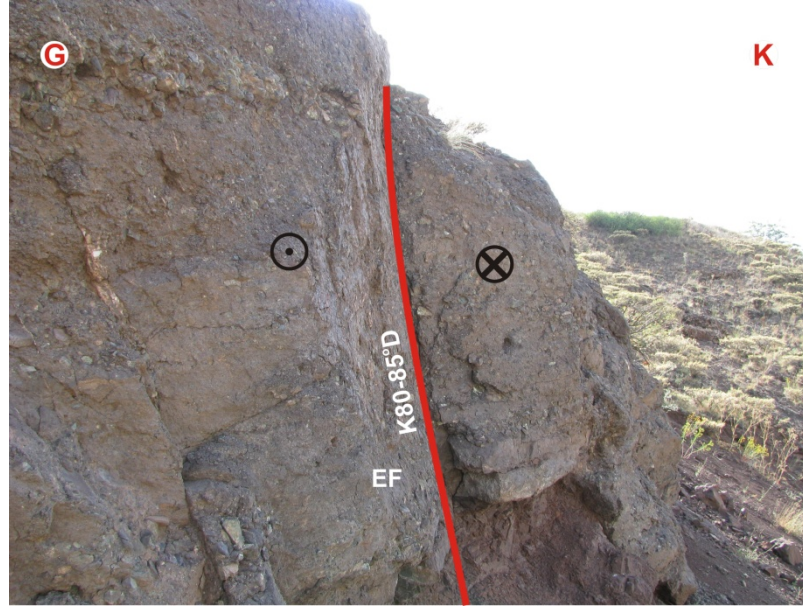
Şekil 2.12 Erzinçan Havzası KB ucundaki Çardaklı fay setinin (ÇFS1 ve 2) panoramik görünümü (GD'dan KB'ya bakış).



Şekil 2.13 Oğulcuk Köyü kuzeybatısında, Yaylabaşı fay setine ait faylardan birisinin (YFS2) Caniklerbağı mevkiinin güneydoğusundaki bir yamaç molozu birikintisi içerisinde açılan yarmadaki yakın plan görünümü (GD'dan KB'ya bakış).

Çatalarmut Fayı (ÇAF): Bu fay Ekinci Köyü'nün kuzeyinden başlayıp, K40°D doğrultusunda Çatalarmut'un kuzeybatısından geçerek Heybeli Köyü'nün doğusuna doğru uzanmaktadır. Çatalarmut'un batısında Göyne Dere mevkiinde bu faya ait düzlemler, Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu içerisinde belirgin olarak gözlenebilmektedir. Sol yanal doğrultu atımlı bu fayın yaklaşık uzunluğu 4 km dir (Şekil 2.11).

Heybeli Fayı (HF): İnceleme alanının batısında Kılavuz Tepe mevkiinden kuzeydoğuya doğru uzanan bu fay, K49°D doğrultusunda yaklaşık 2 km izlenebilmekte ve daha sonra K75°D doğrultusunda Heybeli Köyü'nün kuzeyine kadar devam etmektedir. Yaklaşık 6.5 km uzunlukta sol yanal doğrultu atımlı bu fayın izi buradan itibaren takip edilememektedir (Şekil 2.11).



Şekil 2.15 Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu içerisinde gözlenen sol yanal Ekinci fayına ait düzlemler (Ekinci Köyü KD su, D'dan B'ya bakış).

2.2.2 Normal faylar

İnceleme alanı içerisindeki normal faylar havza kenarlarında yaygın olarak gözlenmekle birlikte, yer yer havza dolgusunu oluşturan genç birimler içerisinde de gözlenmektedir. Bu faylar KKD-GGB yönlü açılmaya bağlı olarak gelişen genellikle KB-GD ve D-B gidişli faylardır. Bunların dışında bazı kesimlerde yaklaşık K-G gidişli küçük ölçekli normal faylar da gözlenmektedir.

Pınarlıkaya-Kalolar Fayı (PKF): Pınarlıkaya-Kalolar Fayı havzanın kuzeydoğu kenarında Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj biriminin metabazitleri içerisinde gelişmiş olan bu fayın güney bloğu düşmüştür. Bu fay inceleme alanına Pınarlıkaya Köyü'nün hemen kuzeyinden D-B doğrultusunda girer. Çardaklı, Göller ile Karakaya'nın kuzeyinden ve Kalolar'dan geçerek K70°B doğrultusunda Üzümlü'nün kuzeyine kadar uzanır ve K75°B doğrultusunda Geyikli Köyü'nün kuzeydoğusuna kadar devam eder. Bu fayın inceleme alanı içerisindeki toplam uzunluğu yaklaşık 21 km dir (Şekil 2.3 ve 2.4).

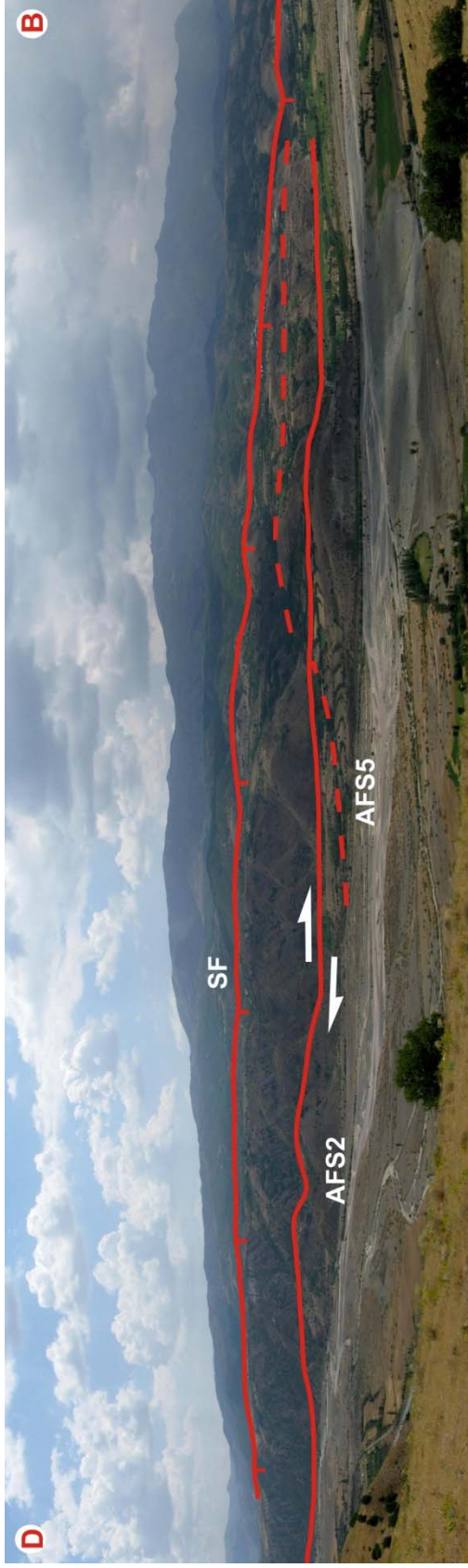
Ayrıca Geçit'in yaklaşık 3 km kuzey kesimlerinde, Güney sırtı ve Vaskirt Dere arasında ise K50°B doğrultulu birbirlerine yaklaşık paralel konumda ofiyolitler içerisinde gelişmiş normal faylar gözlenmektedir. Ayrıca bu fayın hemen güneyinde

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun ana kolu ve güneydeki Geçit fayı arasında kalan Kırklar Tepe üzerinde K36°D doğrultulu GD blokları düşmüş birbirine paralel üç küçük fay gözlenmektedir (Şekil 2.8).

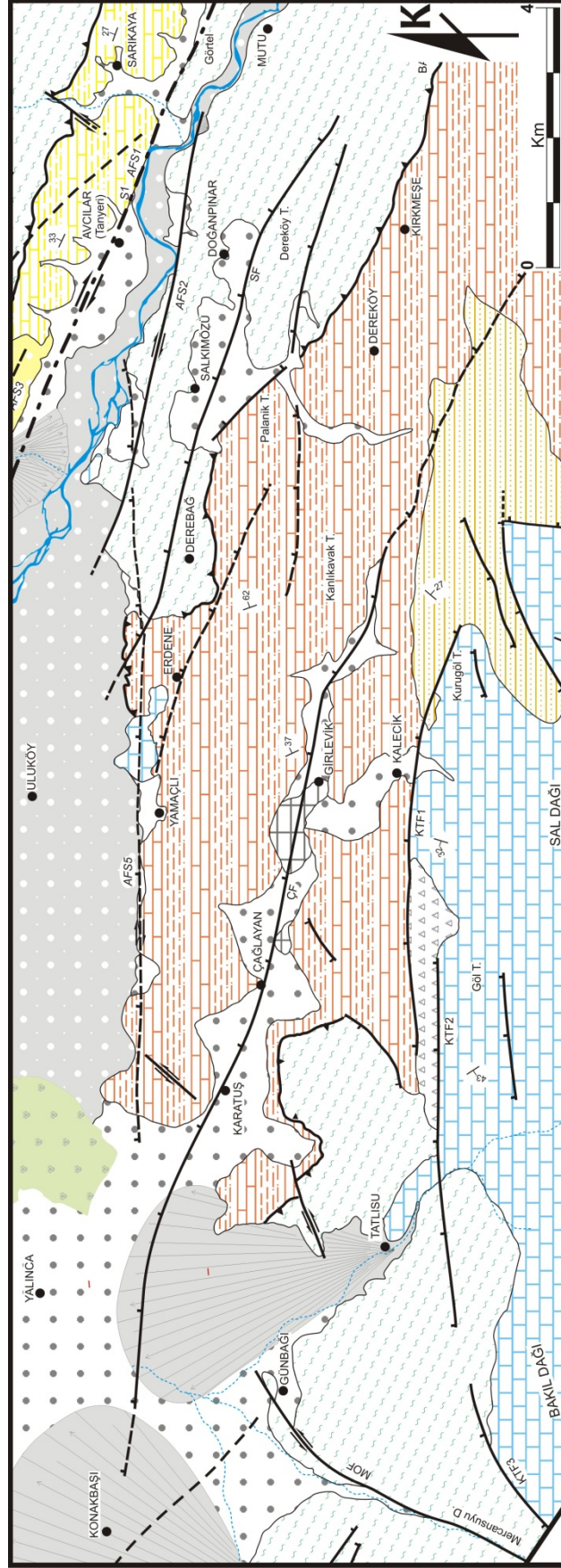
Salkımözü Fayı (SF): Mutu'nun güneybatısından başlayıp K56°B doğrultusunda Doğanpınar Köyü'nün güneydoğusuna kadar devam etmektedir. Buradan itibaren K75°B doğrultusunda Salkımözü Köyü'nün güneyinden ve Derebağ Köyü'nün kuzeyinden geçerek Erdene Köyü'nün kuzeyine kadar uzanan kuzey bloğu düşmüş olan bu fayın yaklaşık uzunluğu 9 km dir (Şekil 2.3 ve 2.16).

Çağlayan Fayı (ÇF): Dereköy'ün güneybatısından başlayarak, Girlevik Köyü'nün kuzeyinden, Çağlayan ve Karatuş ile Yalınca'nın güneyinden geçerek, yaklaşık K75°B doğrultusunda Konakbaşı Köyü'nün doğusuna kadar uzanmaktadır. Kuzey bloğu düşmüş olan bu fayın uzunluğu yaklaşık 20 km dir ve fay güzergahı boyunca Girlevik ve Çağlayan arasındaki bölgede travertenler yüzlek vermektedir (Şekil 2.17 ve 2.18).

Kalecik-Tatlısu Fayı (KTF): Bu fay seti, birbirinin devamı şeklinde üç ayrı fay kolundan oluşmaktadır. Doğudaki kol Kalecik Köyü'nün güneydoğusunda Kurugöl Tepe'nin kuzeyinden itibaren Kalecik'e kadar K70°B doğrultusundan uzanmakta ve buradan itibaren D-B yönünde devam etmektedir (KTF1). Bunun devamındaki kol, Göl Tepe kuzeyinden başlayarak yaklaşık D-B yönünde Tatlısu Köyü'nün güneyine kadar devam etmektedir (KTF2). Buradan itibaren K10°D doğrultusunda uzanmaktadır. Diğer kol ise Bakıl Dağı'nın kuzeybatı tarafında kireçtaşları ile ofiyolitler arasındaki dokanakta K60°D doğrultusunda uzanmaktadır (KTF3). Her üç kol üzerinde kuzey blok düşmüş konumdadır (Şekil 2.17).



Şekil 2.16 Erzincan Havzası'nın GD kesiminde, Doğanpınar-Erdene arasında Salkımözü fayı (SF) ve Avcılar fay setinin (AFS2 ve 5) panoramik görünümü.



Şekil 2.17 Erzincan Havzası GD kesiminin jeolojik haritası (Açıklamalar için bakınız EK-1).



Şekil 2.18 Çağlayan fayının (ÇF) Sal Dağı güneyinde, Kanlıkavak Tepe ile Tatlısu Köyü arasındaki panoramik görünümü (KB'dan GD'ya bakış).

Oğulcuk Fayı (OF): Oğulcuk Köyü'nün güneydoğusundan başlayarak Yaylabaşı'nın güneyine kadar $K45^{\circ}B$ doğrultusunda uzanan 5.5 km uzunluğundaki bu fayın kuzey bloğu düşmüş konumdadır (Şekil 2.14).

Türkmenoğlu-Binkoç Fay Seti (TBFS): Erzincan Havzası'nın güneyindeki Yaylabaşı kasabasının güneyinden başlayıp, Türkmenoğlu ve Binkoç köylerinin güneyinden geçerek Kilimli Köyü'ne kadar $K45^{\circ}B$ doğrultusunda birbirine paralel uzanan iki fay setinden oluşmaktadır. Bunlardan kuzeydeki set (TBFS2) 6.5 km, güneydeki set (TBFS1) ise 8 km uzunluğundadır (Şekil 2.14).

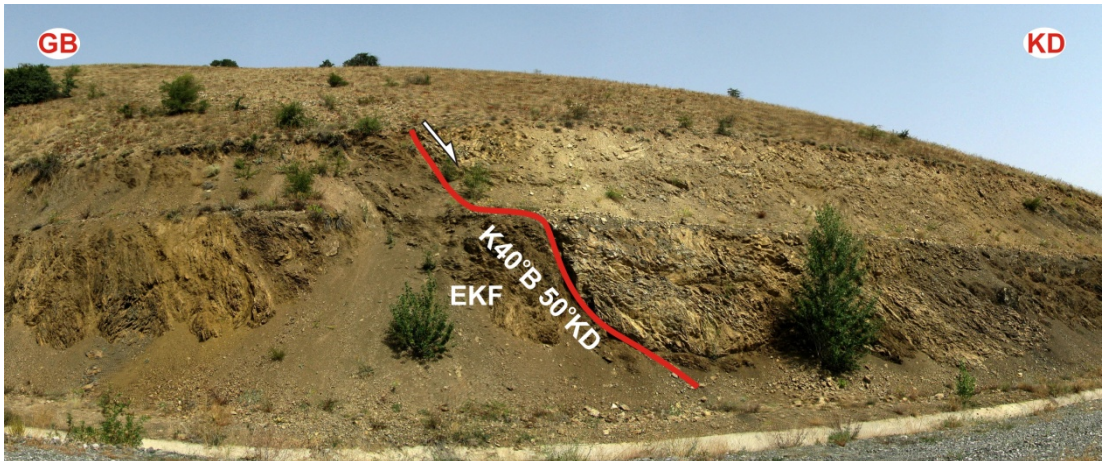
Gölpınar-Pınarönü Fayı (GPF): Kilimli Köyü'nün batısından başlayarak Pınarönü Köyü'ne kadar $K73^{\circ}B$ doğrultusunda uzanmaktadır. Buradan itibaren batıya doğru D-B yönünde Gözeler Köyü'nün kuzeyine kadar devam etmektedir. Kuzey bloğu düşmüş durumdaki bu fayın uzunluğu 6 km dir (Şekil 2.14 ve 2.19).

Söğütözü Fayı (SÖF): Söğütözü Köyü'nden itibaren, $K43^{\circ}B$ doğrultusunda, Yeşilçat Köyü'nün güneydoğusuna kadar uzanmaktadır. Geç Kretase yaşlı Sütpınar Formasyonu ile Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu arasında gelişmiştir. Yaklaşık 3.5 km uzunluktaki bu fay havzanın batı-güneybatı kenarına paralel şekilde KD bloğu düşmüş olarak izlenebilmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.19 Erzincan Havzası güney kenarındaki, Gölpinar-Pınarönü fayının (GPF) genel görünümü (K'den G'ye bakış)

Ekmekli Fayı (EKF), $K43^{\circ}B$ doğrultusunda Cevizli Köyü'nün kuzeybatısından başlayarak Ekmekli Köyü'nün güneyinden Bahçeli köyünün batısına doğru uzanmaktadır. Yaklaşık uzunluğu 3 km olup, Küçükkızıl Tepe'nin güneydoğu kesimindeki sulama kanalı yarmasında net olarak gözlenebilmektedir (Şekil 2.11 ve 2.20)



Şekil 2.20 Ekmekli Köyü güneyinde Küçükkızıl Tepe'nin güneydoğu kesimindeki kanal yarmasında gözlenen Ekmekli fayına (EKF) ait düzlem (GD'dan KB'ya bakış).

2.2.3 Bindirme Fayları

İnceleme alanında bindirme fayları havzanın doğu ve güneybatı kenarı ile kuzeybatı bölümünde gözlenmektedir. Havzanın doğusundaki bindirmelerin genel

uzanımları güneydoğu-kuzeybatı doğrultusunda olup, kuzeydoğudan güneybatıya doğru bindirmeler şeklinde gelişmiştir. Fırat Nehri kuzeyinde Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj ile Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı Kömür Formasyonu arasındaki dokanak bir bindirme ile temsil edilmektedir. Güneyinde ise yine Geç Kretase yaşlı ofiyolitik melanj Eosen yaşlı Köroğlu Formasyonu'nu bindirme ile üzerlemektedir.

Havzanın batı-güneybatı kenarındaki bindirmeler ise Karadağ bindirmesinin havza içerisindeki uzanımlarını oluşturmaktadır (Temiz, 2004). Bu bindirmelerin gelişim yönü ise kuzeyden güneye doğrudur. Dumanlı Köyü'nün batısından itibaren Gözeler Köyü'nün kuzeybatısına kadar uzanan bu bindirme, Geç Kretase yaşlı Sütpınar Formasyonu ile Oligosen-Alt-Orta Miyosen yaşlı Kömür Formasyonu arasındaki dokanakta gelişmiştir. Bahçeli Köyü'nün batısında ise, Geç Kretase yaşlı Sütpınar Formasyonu Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanj tarafından bindirme ile üzerlenmektedir.

Havzanın kuzeybatı bölümünde ise Yalnızbağ kuzeyi ile Dereyurt Köyü kuzeydoğusunda Ofiyolitik melanj kuzeyden güneye doğru Pliyosen yaşlı Yalnızbağ Formasyonu'na bindirmiştir. Dereyurt Köyü kuzeydoğusundaki bindirme Koçyiğit ve Tokay (1985) tarafından Yolcuyatağı Bindirmesi olarak adlandırılmıştır.

2.3 İnceleme Alanının Depremselliği

Arap plakası, Anatolid/Torid platformu (Anadolu Bloku) ve Avrasya plakası ile Geç Miyosen'de Bitlis Sütur Zonu boyunca çarpışmıştır (Dewey ve Şengör, 1979). Arap Plakası'nın kuzeye Avrasya Plakası'na doğru süren hareketi, Anadolu Blok'unu batıya kaçmaya zorlamakta (McKenzie, 1972), Doğu Anadolu ve Kafkaslar'da sürekli bir yakınsamaya/sıkışmaya neden olmaktadır. Sağ yanal Kuzey Anadolu ve sol yanal Doğu Anadolu fayları, kama şekilli Anadolu Bloku'nu kuzeyden ve güneydoğudan sınırlamaktadır.

Tarihsel dönemde Erzincan Havzası birçok kez güçlü depremlerden etkilenmiştir (Tablo 2.1). Barka vd., (1987), bu bölgede 1000-1900 yılları arasındaki zaman periyodunda 25 adet büyük deprem meydana geldiğini belirtmektedir. Ambraseys (1970), Ambraseys ve Finkel (1988), Barka ve Gülen (1989), Barka (1996) ve Grosser vd., (1998) KAFZ'ın doğu bölümünde bin yıllık zaman periyodu içinde, büyük yıkıcı depremlerin 1043 veya 1045, 1254, 1668, 1939 yıllarında

meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu depremler iyi bir şekilde belgelenmiştir ve bunların yüzey faylanmaları ile hasar oluşan bölgeler tarihsel dokümanlarda rapor edilmiştir (Grosser vd., 1998). Bu depremlerin hesaplanan maksimum şiddetleri 8 den büyüktür (Barka vd., 1987). Ayrıca Guidoboni ve Traina (1995), 1011 yılında Erzincan’da meydana gelen depremden sonra Fırat Nehri’nden gelen selin şehri yerle bir ettiğini ve sadece bir evin sağlam kaldığını belirtmiştir.

Tablo 2.1 Erzincan bölgesindeki tarihsel depremlerin listesi (Barka vd., 1987; Guidoboni ve Traina, 1995).

No	Tarih	Şiddet	Ölü sayısı
1	1011	?	Tüm şehir su altında kalmıştır.
2	1045	X-XI	
3	1161	VI	
4	1165	VII	
5	1166	VI	
6	1168	VIII	12.000
7	1170	VIII-IX	
8	1236	VI	
9	1251	VIII	
10	1254-55	VIII	16.000
11	1268	IX	15.000
12	1287	VIII	
13	1289	VIII	
14	1308	VI	
15	1356	V	
16	1366	VI	
17	1374	VII	
18	1422	VIII	
19	1433	VI	
20	1458	X	32.000
21	1543	VII	
22	1578	VIII	1.500-15.000
23	1605	?	
24	1667-68	VIII-X	Şehrin yarısı yokolmuştur.
25	1784	VIII-IX	5.000-15.000
26	1887	VI	

Ambraseys (1970), 1043/45 teki bir depremin sonucunda meydana gelen, Erzurum’un kuzeybatısından Suşehri’ne kadar bir alanda yüzey kırığı oluştuğunu ve bu bölgede hasar meydana geldiğini ifade eder. Guidoboni ve Traina (1995), depremin yaz döneminde meydana geldiğini ve Erzincan’ın tamamen yıkıldığını belirtmiştir. Bu olay KAFZ ve Kuzeydoğu Anadolu Fay Zonu (KDAFZ)’nin eşzamanlı aktivasyonuna işaret ettiği ve yüzey kırığının uzunluğunun 150 km olduğu

ifade edilmektedir. Ambraseys ve Melville (1995), 11 Ekim 1254 depreminde oluşan yüzey kırığının Erzincan'dan Suşehri'ne kadar yaklaşık 120 km uzunluğunda olabileceği ve hasar meydana geldiğini gezici katolik keşişlerin 1255 tarihli raporunu referans olarak ifade etmektedirler.

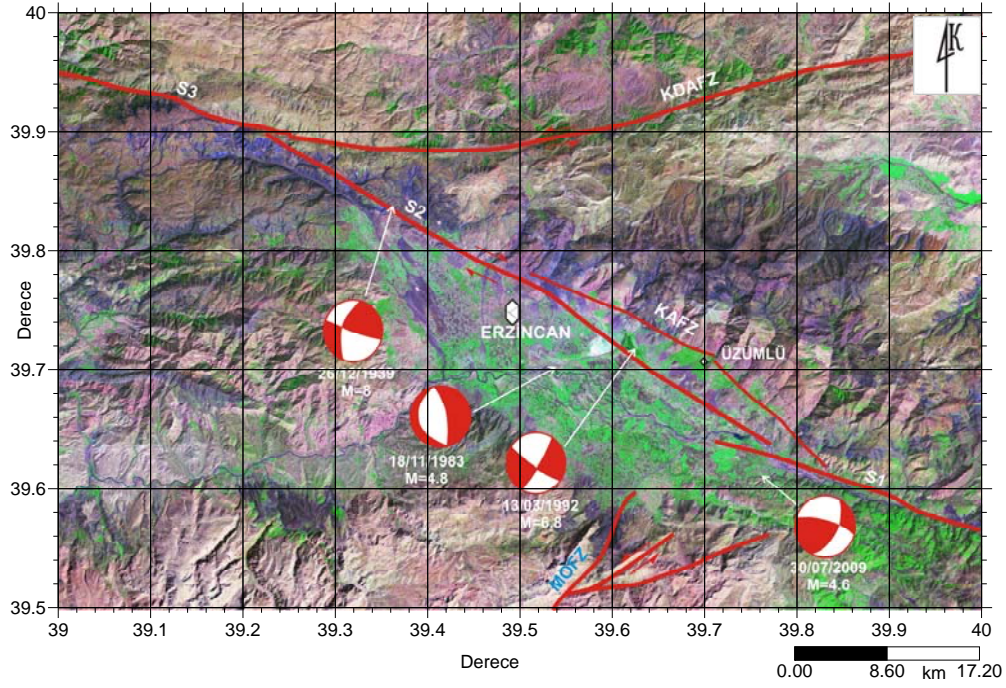
Meydana gelen hasar açısından 1939 depremi ile karşılaştırılabilir nitelikteki 17 Ağustos 1668 depremi birçok köy ve kasabayı yıkmış büyük hasara neden olmuştur (Ambraseys ve Finkel, 1988, 1995). Yüzey kırığı muhtemelen, Erzincan'ın 270 km batısında Erbaa'dan itibaren Eskipazar/Gerede bölgesine kadar yaklaşık 400 km lik bir mesafede oluşmasına rağmen Erzincan'da çok sayıda ev yıkılmıştır. Deprem sırasında Erzincan yakınında fay üzerinde herhangi bir aktivite meydana gelmemiştir (Ambraseys ve Finkel, 1988, 1995; Grosser vd., 1998).

Bunlardan başka dikkate değer bir diğer deprem ise 1784 depremidir. Bu deprem KAFZ'ın doğu bölümünde meydana gelmiştir (Ambraseys ve Melville, 1995; Ambraseys ve Finkel, 1995). Deprem fayı Erzincan Havzası'nın doğu sınırı ile KAFZ (S1) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nin birleşim alanı arasındadır ve 50 km uzunluğa sahiptir (Barka, 1992).

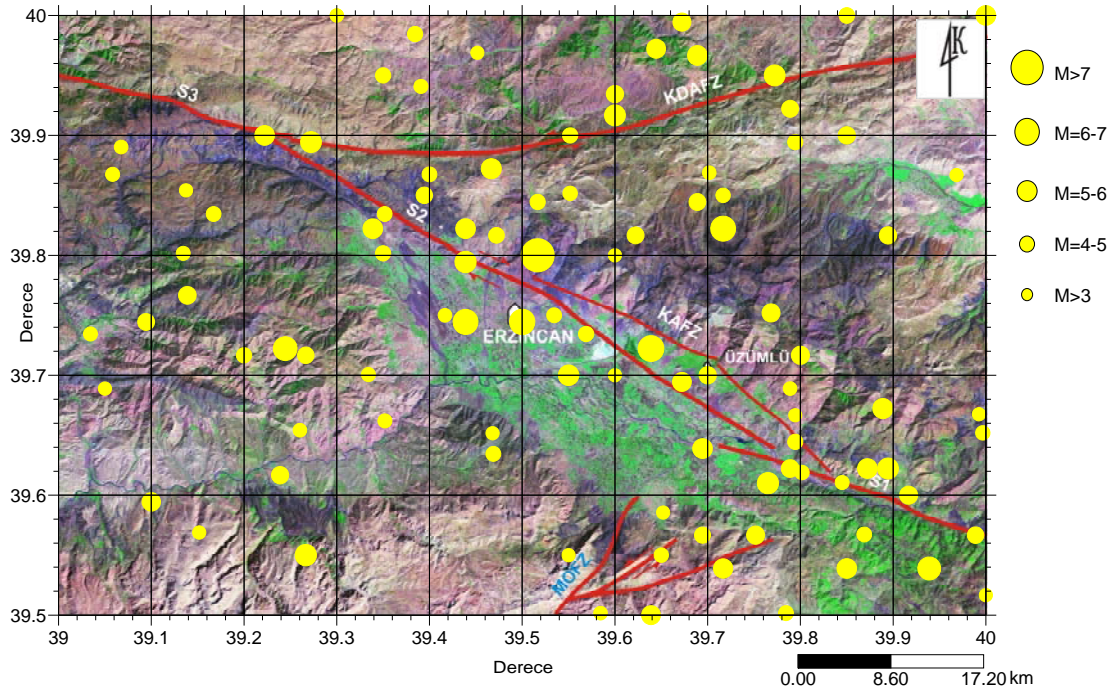
Aletsel dönemde Türkiye'de göze çarpan KAFZ üzerindeki en önemli deprem 26 Aralık 1939 da Erzincan'da meydana gelmiştir. Bu deprem aynı zamanda Türkiye'nin yüksek sismik etkinliğinin modern anlamda anlaşılmasında anahtar rol oynamıştır. Bu depremle oluşan yüzey kırıkları, Erzincan Havzası'nın kuzeydoğusunda Sansa vadisinden Amasya doğusuna Ezinepazarı'na kadar gözlenmiştir (Pamir ve Ketin, 1941; Ketin, 1969). Ketin (1969) ve Barka (1996), oluşan yüzey kırığının toplam uzunluğunun sırasıyla 340 km-360 km arasında olduğunu belirtmişlerdir. Erzincan'daki binalar tamamen yıkılmıştır (Leuchs, 1940). KAFZ'ın 1939 Erzincan depremi sırasında kırılan kısmı, Egeran ve Lahn (1944), Ketin ve Rösli (1953), Ketin (1969), Ambraseys (1970), Dewey (1976), Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Barka (1992, 1996) ve Stein vd. (1997) tarafından detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu araştırmacılar detaylı çalışmalar sonucunda KAFZ boyunca 1939 Erzincan Depremiyle başlayan batıya doğru bir deprem göçü dizisinin meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. 1939 ile 1967 yılları arasındaki bu deprem göçü dizisi sırasında, KAFZ'ın doğuda Erzincan ile batıda Adapazarı arasında kalan bölümü tamamen kırılmıştır. 1939 depreminden sonra, KAFZ'ın Erzincan

Havzası'nın güneydoğu kenarı ile Karlıova arasında kalan kesiminde (S1-segmenti) sadece küçük ölçekli depremler dışında büyük ölçekli bir deprem meydana gelmemiştir (Barka ve Kadinsky-Cade, 1988; Barka, 1992, 1996; Fuenzalida vd., 1997; Grosser vd., 1998).

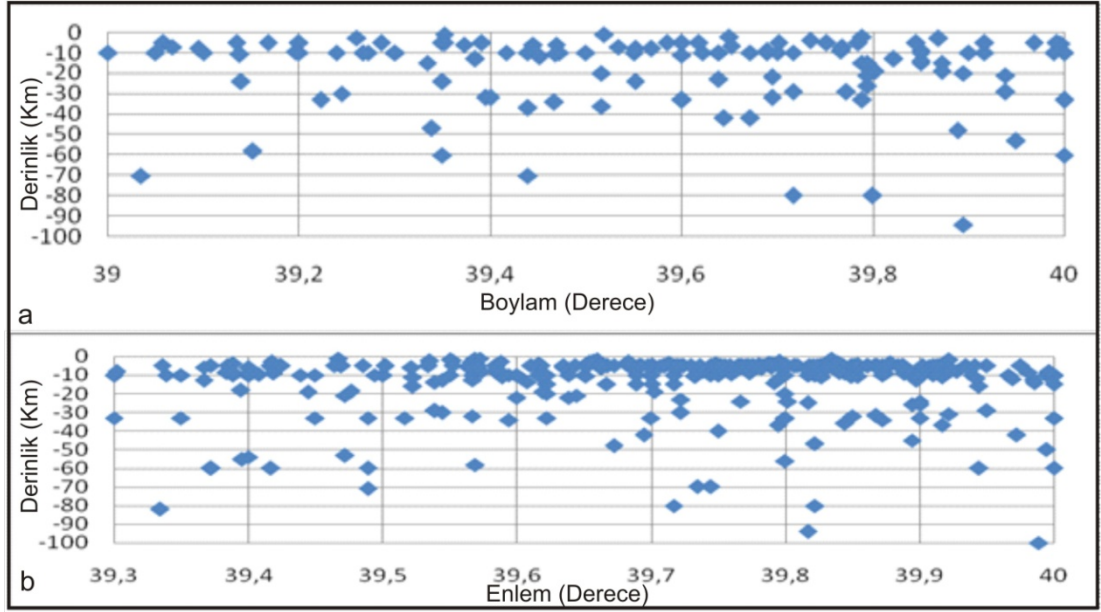
Erzincan Havzası'ndaki diğer bir önemli deprem ise 13 Mart 1992 de meydana gelen depremdir (Şekil 2.21). Bu deprem sırasında KAFZ'ın Erzincan Havzası'nın kuzey kenarını sınırlayan bölümü (S2) kırılmıştır (Barka, 1993; Eyidoğan, 1993; Barka ve Eyidoğan, 1993; Fuenzalida vd., 1997; Grosser vd., 1998). Barka (1993) ve Barka ve Eyidoğan (1993), 1992 depreminin havzanın doğu yarısında, KAFZ'ın iki segmenti (S1 ve S2) ile MOF'nın kesiştiği alanda etkin olduğunu ve büyük hasar meydana getirdiğini ifade etmektedirler. Bu depremde dikkate değer ölçüde yüzey kırığı oluşmamıştır, oluşan yüzey kırıklarının ise çok azı doğrudan fayın hareketi ile ilişkilidir (Barka, 1993; Barka ve Eyidoğan, 1993). Fay mekanizması baskın olarak doğrultu atımlı olup KAFZ'a paraleldir. Ancak bu deprem sırasında S1 segmentinin batı ucu mu yoksa S2 segmentinin mi kırıldığı belli değildir (Barka ve Eyidoğan, 1993; Fuenzalida vd., 1997; Grosser vd., 1998). Erzincan Havzası doğusunda, havzanın güney kenarı üzerinde meydana gelen dikkate değer bir deprem de 2009 Çağlayan depremidir. Fay mekanizması doğrultu atımlı sağ yanal ve S1'e yaklaşık paralel olup, $M_w=4.6$ dır (www.deprem.gov.tr). Bu depremde yüzey kırığı ve hasar oluşmamıştır. Ayrıca, çalışma alanında 1900-2005 yılları arasında meydana gelen magnitudü 3 den büyük depremlerin alansal (Şekil 2.22) ve derinlik-enlem/boylam (Şekil 2.23) dağılımlarından da görüldüğü üzere boylam bazında odak derinlikleri 0-40 km arasında yoğunlaşmakta iken enlem bazında 0-20 km arasındaki derinlikte yoğunlaşmaktadır. Erzincan Havzası ve yakın çevresinde meydana gelen depremlerin odak derinliklerine ait bu veriler 0-40 km arasındaki bir sismojenik zonu işaret etmektedir (Şekil 2.23).



Şekil 2.21 Çalışma alanında 1939, 1983, 1992 ve 2009 yıllarında meydana gelen depremlerin odak çözümleri (Barka ve Gülen, 1989; Barka ve Eyidoğan, 1993; www.deprem.gov.tr).



Şekil 2.22 Erzincan Havzası ve yakın çevresinde 1900-2005 yılları arasındaki Magnitüdü 3 den büyük depremlerin odaklarının dağılımı (veriler www.koeri.boun.edu.tr sitesinden temin edilmiştir).



Şekil 2.23 Erzincan Havzası ve yakın çevresinde 1900-2005 yılları arasındaki Magnitüdü 3 den büyük depremlerin **a)** Boylam-Derinlik, **b)** Enlem-Derinlik dağılımlarını gösterir grafikler.

BÖLÜM 3

PALEOMANYETİZMA

Volkanik ve/veya ince taneli sedimanter/volkanosedimanter kayaçlar içerisinde manyetik özellik taşıyan mineraller, kayaçların ilksel oluşumları sırasında yeryuvarının o jeolojik zamandaki manyetik kutbuna doğru yönelir ve mıknatıslanırlar. Manyetik özellikteki mineral içeren kayaçların bu özellikleri, tıpkı bir kayıt cihazı gibi, oluştukları jeolojik devrin manyetik özelliklerini günümüze kadar taşır. Kayaçlar, geçen jeolojik zaman süreci içerisinde yerkabuğunda yatay ve düşey yönde etkin olan kuvvetlere bağlı olarak oluşan tektonik hareketler sonucunda ilksel konumlarını kaybederek, kıvrımlanmaya ve bununla beraber rotasyona uğrayabilirler. Kayaçlar içerisindeki manyetik mineraller, bu tür deformasyonlar sonucunda, özelliklerinde az da olsa değişiklik olmakla beraber, oluştukları döneme ait kutup pozisyonlarına ait paleomanyetik özelliklerini içerisinde koruyarak, bu verileri günümüze kadar taşımaktadır.

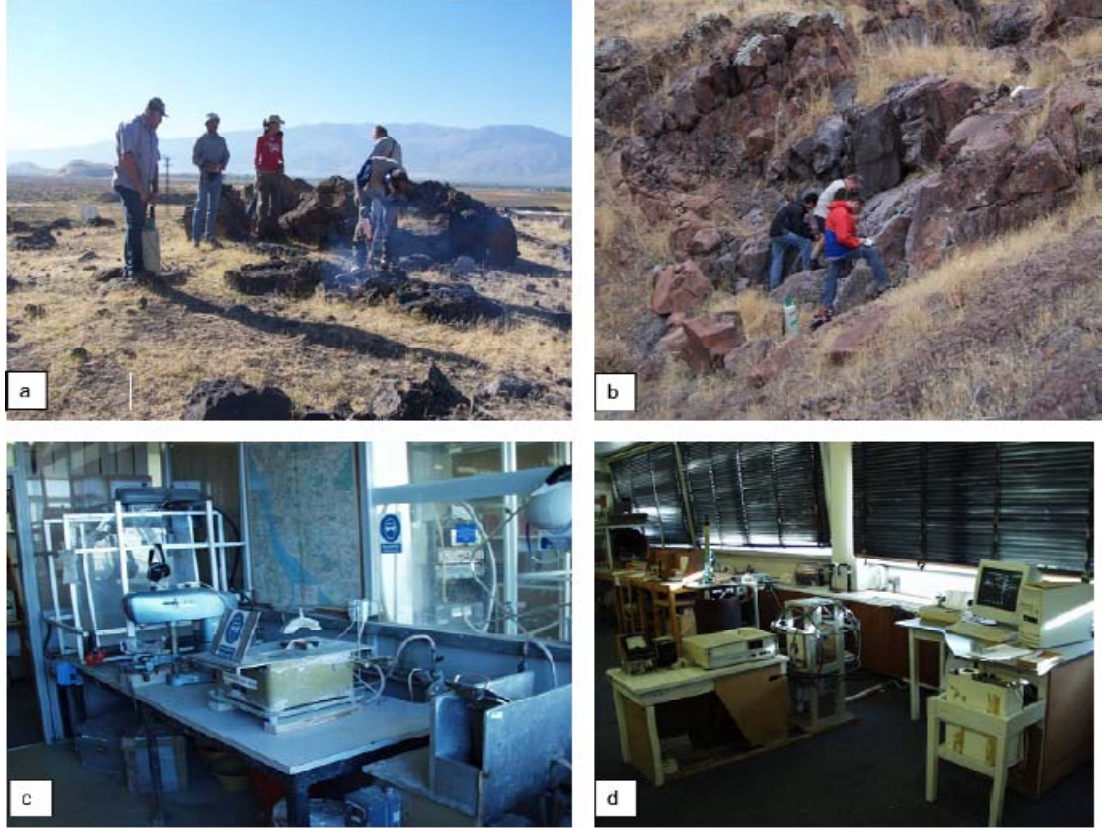
Kayaçların paleomanyetik özelliklerine dayalı olarak yapılan araştırmalardan, bölgesel ölçekte tutarlı sonuçlar elde edilmiş olması, günümüzde levha tektoniği kavramının yaygın olarak benimsenmesine önemli katkı sağlamış ve yerbilimlerinde geçerliliği kabul gören bir araştırma alanı olarak benimsenmiştir.

Yeryuvarının çeşitli jeolojik dönemlerdeki manyetik kutup pozisyonları, birçok jeolojik verilerden yararlanılarak belirlenmiştir. Paleomanyetik amaçlı çalışmalarla belirli bir jeolojik devirde oluşan kayaçlardan elde edilen sonuçların, o jeolojik devir için bilinen paleomanyetik kutup pozisyonu ile karşılaştırılarak aradaki farkın, tektonik kökenli olaylarla ilintileri irdelenebilmektedir.

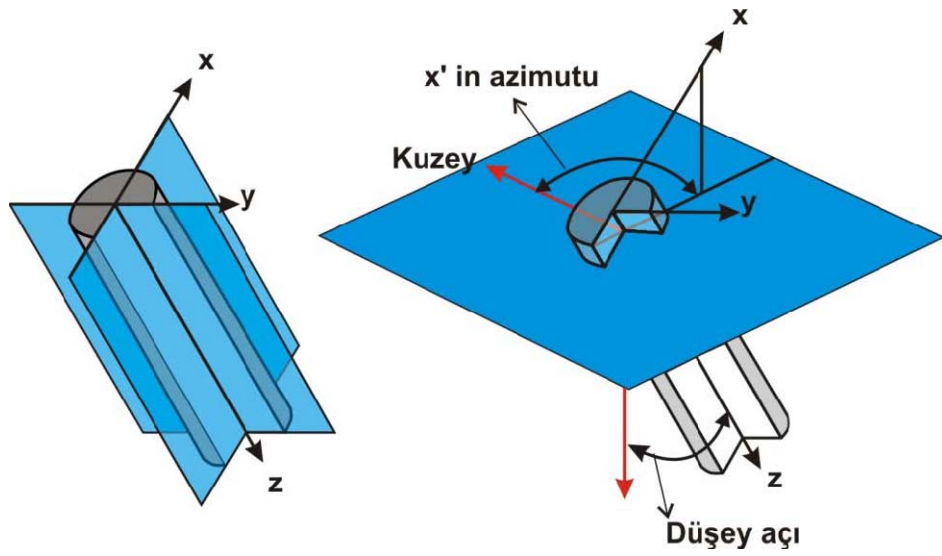
Günümüzde gelişen teknolojiye paralel olarak, çok zayıf manyetik özellik taşıyan kireçtaşı, killi-kumlu kireçtaşı, traverten, sarkıt/dikit gibi karbonat bileşimin ağırlıklı olduğu birçok kayacın yanı sıra, asidik bileşimli ignimbitik kayaçlar da paleomanyetik araştırmalarda kullanılmaya ve bunlardan uygulanabilir sonuçlar alınmaya başlanmıştır.

3.1. Paleomanyetik Örneklemesinin Kapsamı

Paleomanyetik amaçlı karot şeklindeki örneklemenin en yaygın tipi benzine çalışan, elmas uçlu ve su soğutmalı taşınabilir bir matkap kullanılarak örnek alınmaktadır. Alınan silindirik şeklindeki örneklerin çapı yaklaşık 2.5 cm'dir. Kayaç matkapla 6 ile 12 cm derinliğe kadar delindikten sonra, örnek ekseninin azimutunun belirlenmesi için manyetik ya da güneş pusulasıyla karot örneğinin eğiminin (karot açısı) belirlenmesi için inklinometre ölçümleri yapılmakta ve daha sonra örnek yerinden çıkarılarak ölçümlerin alındığı üst yüzeyi işaretlenip, numaralandırılarak laboratuvara götürülmek üzere hazırlanmaktadır (Şekil 3.1). İnceleme alanında yüzeyleyen volkanik kayaçlardaki 43 ayrı örneklem istasyonundan toplam 314 karot örneği alınmıştır (Tablo 3.1). Bu örnekler, büyük çoğunluğu Erzincan Havzası'nın kuzey-kuzeydoğusunda dizili olan, birisi ise havzanın güneyinde yüzeyleyen (Molla Tepe) birbirinden farklı, değişik yaş, özellik ve boyuttaki 17 ayrı volkan konisinden alınmıştır. Bu örneklerin alındığı yerlerden aynı zamanda jeokronolojik yaşlandırma yapmak amacıyla da örneklem yapılmıştır. Taşınabilir el matkabi (karotiyeri) ile belirlenen lokasyonlardaki volkanik kayaçlardan yönlü örneklemeler yapılmıştır (Şekil 3.1 a,b). Karotların yönelim ölçümleri çok çeşitlidir ve belirli bir standardı bulunmamaktadır. Bununla beraber bütün yönelim planları kesin bir biçimde her örneğin alındığı yerdeki topografik yöneliminin elde edilmesini amaçlamaktadır. Örneğin, sağ el kartezyen koordinat sistemi Şekil 3.2'deki gibi karot örnekler için kullanılır. Burada z ekseni karot ekseni (z örneğin içine doğru pozitif); x ekseni düşey ve y ekseni yatay düzlemedir. Arazide örnek yönelimi ölçülmesiyle (1) +x ekseninin yataya izdüşümünün azimutu (x - z düzleminin azimutu) ve (2) z ekseninin düşeyle yaptığı açı (düşey açı = $[90^\circ - \text{dalım miktarı}]$) belirlenmiş olur. Laboratuvar ölçümleri bu özel koordinat eksenlerine göre yapılır.



Şekil 3.1 Arazi çalışmaları sırasında örnekleme (a), güneş ve manyetik pusula ile kayıt alımı (b) Liverpool Üniversitesi paleomanyetizma laboratuvarı taş kesme sistemi (c) a.f. manyetik temizleme işleminin yapıldığı cihazlardan (d) görünümler.



Şekil 3.2 Bir karot örneğinin kartezyen koordinat sistemine göre yönelimi (Butler, 1992).

Tablo 3.1 Erzincan Havzası'nda paleomanyetik ölçümler için alınan örneklere ait temel bilgiler.

NO	SİTE NO	KONUM	KOORDİNATLAR		So(*)	KAROT SAYISI	KAYA TÜRÜ	OLASI YAŞ
			KUZEY	DOĞU				
1	763	Mollaköy (Molla Tepe)	39°38'19.63"	39°34'34.45"	H	7	İnce taneli Bazalt	Plio-Kuvaterner
2	764	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°43'23.40"	39°47'10.42"	H	7	İnce taneli Bazalt	Plio-Kuvaterner
3	765	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°39'10.41"	39°38'11.85"	H	7	Mavi-gri renkli Bazalt Akıntısı	Plio-Kuvaterner
4	766	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°38'5.46"	39°48'15.05"	H	8	Mavi-gri renkli Bazalt Akıntısı	Plio-Kuvaterner
5	767	Pişkidağ Köyü (Pelitli Tepe)	39°39'34.36"	39°45'37.95"	H	7	Bazaltik Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
6	768	Pişkidağ Köyü'nün GB'sı	39°39'53.34"	39°45'7.72"	H	7	Bazaltik Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
7	769	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'1.81"	39°44'30.09"	H	7	İnce taneli Bazalt	Plio-Kuvaterner
8	770	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°39'47.18"	39°44'29.74"	H	7	Gri renkli tıknaz Bazaltlar	Plio-Kuvaterner
9	771	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°39'50.52"	39°44'23.54"	H	7	Gri renkli yumuşak Bazalt	Plio-Kuvaterner
10	772	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'11.22"	39°44'21.01"	H	7	Kaba taneli Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
11	773	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'36.72"	39°42'44.11"	H	7	İnce taneli Bazalt	Plio-Kuvaterner
12	774	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'28.81"	39°42'53.92"	H	7	Pembemsi renkli Andezit	Plio-Kuvaterner
13	775	Üzümlü Kasabası'nın GD'su	39°41'53.30"	39°42'30.82"	H	8	Kaba taneli Andezit	Plio-Kuvaterner
14	776	Üzümlü Kasabası'nın Güneyi	39°41'17.58"	39°41'50.84"	H	9	Bloklu, gri renkli bazalt	Plio-Kuvaterner
15	777	Üzümlü Kasabası (Köy Tepe)	39°42'20.43"	39°42'36.12"	H	7	Masif Andezit	Plio-Kuvaterner
16	778	Üzümlü Kasabası	39°42'19.06"	39°42'35.81"	H	7	Masif Andezit	Plio-Kuvaterner
17	779	Üzümlü Güneyi (Kara Tepe)	39°40'57.39"	39°41'21.50"	H	7	Gri renkli Bazaltlar	Plio-Kuvaterner
18	780	Üzümlü Güneyi (Kara Tepe)	39°40'54.81"	39°41'54.25"	H	7	Gri renkli Bazaltlar	Plio-Kuvaterner
19	781	Üzümlü Güneyi (Kara Tepe)	39°40'54.90"	39°41'35.76"	H	7	Kırmızı renkli Andezit	Plio-Kuvaterner
20	782	Üzümlü (Kara T. Batısı)	39°41'20.74"	39°41'26.34"	H	7	Bloklu yatay bazaltlar	Plio-Kuvaterner
21	783	Üzümlü Güneyi (Yassı Tepe)	39°41'24.87"	39°41'24.45"	H	7	Oldukça Bazaltik Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
22	784	Üzümlü Güneyi (Yassı Tepe)	39°41'22.71"	39°41'12.08"	H	7	Oldukça Bazaltik Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
23	785	Üzümlü Kasabası'nın Güneyi	39°41'44.52"	39°40'47.27"		7	Tıknaz, Nadiren akışkan	Plio-Kuvaterner
24	786	Çadırtepe Köyü	39°41'45.27"	39°41'45.27"		7	Gri-beyaz renkli Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
25	787	Eskiköy GD, Iraduh T. Kuzeyi	39°42'26.13"	39°40'11.92"	H	7	Bazaltlar	Plio-Kuvaterner
26	788	Aksakal Köyü'nün Doğusu	39°42'54.76"	39°40'1.07"	H	7	Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
27	789	Geyikli Köyü'nün Batısı	39°43'22.88"	39°40'10.56"	H	7	Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
28	790	Geyikli Köyü	39°43'8.07"	39°40'4.06"	H	7	Lav Akıntısı	Plio-Kuvaterner
29	813	Ekşisu kaynağı	39°43'56.54"	39°35'38.24"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner

30	814	K.Çakırman Köyü	39°45'19.98"	39°36'16.02"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
31	815	K.Çakırman Köyü	39°45'12.31"	39°36'27.61"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
32	816	K.Çakırman Köyü	39°45'13.03"	39°36'40.03"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
33	817	B.Çakırman Köyü	39°44'38.22"	39°36'47.99"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
34	818	Saz Tepe Konisi	39°43'3.52"	39°36'47.79"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
35	819	Yassı Tepe Konisi	39°41'31.99"	39°41'22.99"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
36	820	Altın Tepe Konisi	39°41'46.14"	39°38'47.33"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
37	821	Erzincan'ın Doğusu	39°43'36.01"	39°39'40.97"	H	7	Lav Akıntısı	Kuvaterner
38	822	Erzincan'ın Doğusu	39°44'37.16"	39°37'8.64"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
39	823	Erzincan'ın Doğusu	39°44'30.82"	39°37'13.57"	K60B, 40 KD	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
40	824	Erzincan'ın Doğusu	39°44'16.80"	39°37'26.87"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
41	825	Erzincan'ın Doğusu	39°44'18.71"	39°37'16.90"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
42	826	Erzincan'ın Doğusu	39°43'48.57"	39°38'57.43"	K40D, 18 GD	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner
43	827	Erzincan'ın Doğusu	39°39'26.36"	39°47'17.36"	H	8	Lav Akıntısı	Kuvaterner

(*) H: Lav akıntısının ilksel konumunun yatay olduğunu belirtir.

3.2. Laboratuvar Yöntemleri

İkincil Mıknatıslanmaların Temizlenmesi

Kayacın oluştuğu andaki birincil mıknatıslanmasını belirlemek ve kayacın oluşumundan sonraki süreçlere bağlı olarak kazandığı ikincil mıknatıslanmaları temizlemek için kayacın türü ve yaşı gibi özellikleri dikkate alınarak Termal (TH) ve Alternatif Alan (AF) gibi iki ayrı demanyetizasyon yöntemiyle temizleme işlemi uygulanır. Bu yöntemlerle kayaçların ikincil mıknatıslanmalarından temizlenmesinden sonra oluştukları jeolojik zamana ait Yerin Manyetik Alanının özellikleri (Denklinasyonu ve İnklinasyonu) belirlenmektedir.

Örnekleme yapılan kayaçlar magmatik kökenli ise genelde Alternatif Alan Yöntemi uygulanır. Ancak magmatik kökenli kayaçların Eosen'den yaşlı ve alterasyon geçirmiş olması durumunda genelde Termal Demanyetizasyon Yöntemi ile temizleme işlemi yapılır. Örnekleme yapılan kayaçların sedimanter ya da volkanosedimanter olduğu durumlarda yine Termal Demanyetizasyon Yöntemi ile ikincil mıknatıslamalardan temizleme işlemi uygulanır.

Alternatif Alan Demanyetizasyon Yöntemi (AF): Bu yöntem, daha çok Geç Tersiyer yaşlı ve alterasyonun fazla olmadığı genç lav akıntularından alınan karot örneklerinin ikincil mıknatıslanmalarının temizlenmesinde kullanılır.

İlk aşamada 2 cm uzunluğundaki silindirik karot örneği araziden alındığı sırada işaretlenmiş olan yüzeyi dikkate alınarak bir küp prizma içerisine yerleştirilir. Daha sonra bilgisayara bağlı Spinner Manyetometresi ile 6 yüzeyinin tek tek ölçümü yapılarak doğal ortamdaki kalıntı mıknatıslanması ölçülür. Elde edilen ölçüm sonuçları ham veri olarak ana bilgisayarın veritabanına otomatik olarak yüklenir ve o anda yapılan ölçümün sonuçları aynı zamanda bir yazıcı ile otomatik olarak yazdırılır.

Bu yöntemle yapılan ölçme işleminde, bir jeneratör yardımıyla üretilen güçlü bir manyetik alana sahip olan ve değişik eksenleri boyunca dönebilen bir dişli düzenek içerisine karot örneği yerleştirilir. Düzenek bir kol yardımıyla kapatılarak başlangıçta 50 miliTesla (500 Oersted) ile başlayan değişik değerlerde güçlü manyetik alan etkisinde bırakılır. Bu işlemden sonra karot örneğinin 6 yüzeyi tekrar Spinner Manyetometre ile ölçülür ve elde edilen sonuçlar bir önceki paragraftaki

işlemlerin benzeri şeklinde otomatik olarak kaydedilir ve yazdırılır. Bu işlem genelde genç volkanik kayaç örneklerinde 1000-1300 miliTesla'ya (10000-13000 Oersted) kadar 50 veya 100 miliTesla aralıklarla tekrarlanır.

Bu tür kayaçlar genelde güçlü mıknatıslanma gösterdikleri için, güçlü bir dış alan yaratılarak bu şekilde ikincil mıknatıslanmalardan temizlenirler. Bu yöntemle bir karot örneğinin ölçme işlemi ortalama 40-50 dakika gibi bir zaman almaktadır. Bu yöntemle ölçülen örneklerin ısıtma işlemine tabi tutulmaması nedeni ile kimyasal bileşimlerinde bir değişme olmaz ve istenildiği takdirde aynı karot örnekleri petrografik veya jeokimyasal analiz için de kullanılabilir. Bazı durumlarda bir istasyondan alınmış olan karot örneklerinin bir kısmı Alternatif Alan Yöntemi (AF) ile bir kısmı ise Termal Demanyetizasyon Yöntemi (TH) ile ikincil mıknatıslanmalarından temizlenirler.

Termal Demanyetizasyon Yöntemi (TH): Bu yöntem daha çok sedimanter ve volkanosedimanter birimlerle arakatkılı lav akıntılarında alınan örneklerle uygulanır. Geç Tersiyer ve daha yaşlı magmatik kökenli kayaçlar da bu yöntemle ikincil mıknatıslanmalarından temizlenir. Alternatif Alan Yönteminde olduğu gibi, ölçümü yapılacak olan karot örneklerinin doğal ortamdaki (oda sıcaklığındaki) doğal kalıntı mıknatıslanması Spinner Manyetometresi ile ölçülür. Daha sonra, eğer bu örnekler sedimanter kökenli kayaçlardan alınmış ise, kayacın içerisinde bulunan manyetik mineralin türüne bağlı olarak o mineralin Curie Sıcaklığı'na kadar 50°C lik ısıtma aralıklarıyla manyetik olmayan bir fırında ısıtılır ve oda sıcaklığına kadar soğutulur. Bu soğuma işleminden hemen sonra karot örneklerinin manyetik özellikleri Spinner Manyetometresi ile tek tek ölçülür. Sedimanter kayaçlarda en yaygın bulunan mineralin hematit olması nedeniyle ısıtma işlemi 500°C ye kadar 50°C aralıklarda, 500°C den sonra her 20°C aralıklarla 630°C ye kadar ısıtılarak ölçülür. Isıtma aralıkları bu değerler arasında olmakla birlikte bazen değişebilmektedir.

200°C ye kadar ısıtılan örnekler yaklaşık 15 dakika bu sıcaklıktaki fırında bekletilir ve oda sıcaklığına yakın bir sıcaklığa (30-35°C) kadar soğutulması gerekir. 250-500 °C sıcaklıklar arasındaki ısıtmalarda fırında bekletme süresi 20 dakika; 500°C ve daha yüksek sıcaklıklarda bu süre 30-35 dakika arasındadır.

3.3. Laboratuvar Çalışmaları

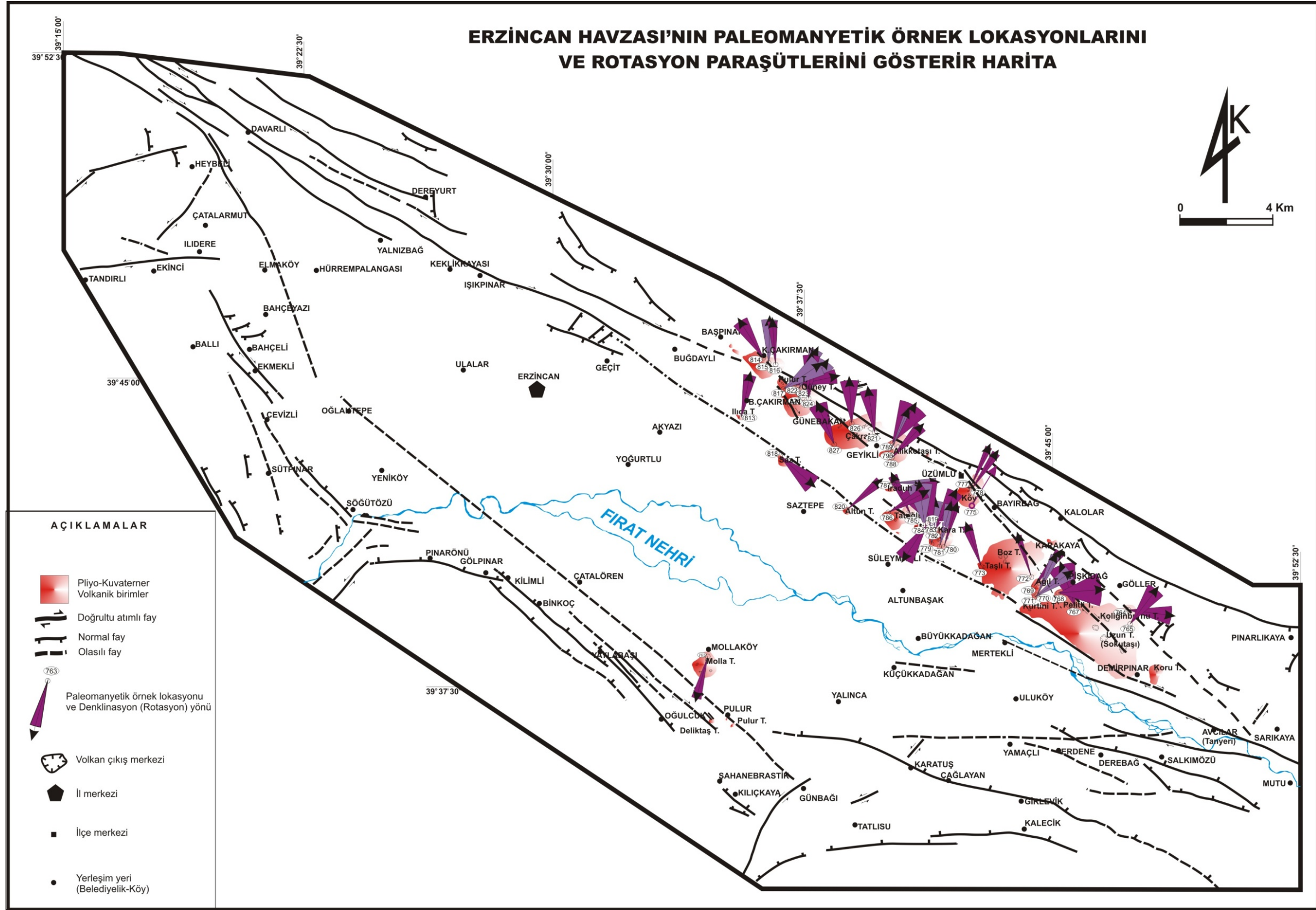
Her bir karot örneğinin manyetik duyarlılığı (magnetic susceptibility) Bartington Bridge ve 'Minisep' aletinde AMS, Manyetik Duyarlılık Anizotropi (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) ölçümleri ile belirlenmiştir. Her bir örnekleme istasyonundan alınan örneklerin büyük çoğunluğu aşamalı alternatif alan (alternating field, a.f.) demanyetizasyon (manyetik temizleme) işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem, 5 mT'dan başlayıp 40 mT. ya da 50 mT. kadar, daha sonra ise 10 ya da 20 mT'lık basamaklar halinde 140 mT (miliTesla)'ya kadar sürdürülmekte ve örneğin manyetik davranışının sistematik olarak düzenli bir hale geldiği noktaya kadar yapılmaktadır. Her bir örnekleme istasyonundan bir ya da iki karot örneği, manyetik taşıyıcıların Curie noktasına kadar 50°C yada 100°C'lik adımlarda termal manyetik temizleme (thermal demagnetisation, TH) işleminden de geçirilmiştir. Aşamalı olarak yapılan bu temizleme işlemlerinin sonuçları daha sonra yatay ve düşey düzlemler üzerine izdüşürülmüş ve standart orthogonal izdüşümleri elde edilmiştir. Gözle ayırt edilen toplam NRM (Doğal Kalıcı Mıknatıslanma) bileşenleri ve bunların eşdeğer yönleri ise Asal Bileşen Analizleri ile hesaplanmıştır. Bu çalışma kapsamında örneklenen her bir istasyon çok hızlı bir soğuma sonucunda oluşmuş ve jeomanyetik alanın ani kayıtlarını içeren volkanik kayalardan oluşmaktadır. Aynı topluluğa ait bileşenler gerçek jeomanyetik alan yönlerini saptayabilmek için bir araya getirilmiş ve bunlardan grup ortalama değerleri elde edilmiştir. 43 örnekleme istasyonundan elde edilen paleomanyetik deklinasyon ve inklinasyon değerleri Tablo 3.2'de gösterilmektedir. Her bir örnekleme istasyonundan elde edilen bu değerler, örnekleme yapılan konilerin dağılımı ile deklinasyon ve inklinasyon değerlerine göre 17 ayrı koniye göre gruplandırılmıştır. Bu 17 ayrı gruptan, 13 ayrı anlamlı grup ortalama değeri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.3'de grup ortalama değerlerine ait rotasyon paraşütleri ise Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Bazı seçilmiş örnekleme istasyonlarına ait küçük karot parçacıkları VFTB ile yapılan kayaç manyetik analizlerinde kullanılmıştır. Değişken Frekans Dönüşümü Denge (Variable Frequency Translation Balance) analizleri ile yapılan bu çalışmalara ait sonuçlar ve ayrıntılı grafikler daha sonraki bölümlerde verilmiştir. Bu çalışmalar sırasında 4 ayrı analiz yapılmıştır. Bunlar, İzotermal Kalıcı Mıknatıslanma analizleri (IRM), IRM

analizlerinin geri alan izdüşümü (backfield subtraction), Histerezis analizleri ve Curie noktasını belirlemeye yönelik termomanyetik analizlerdir.

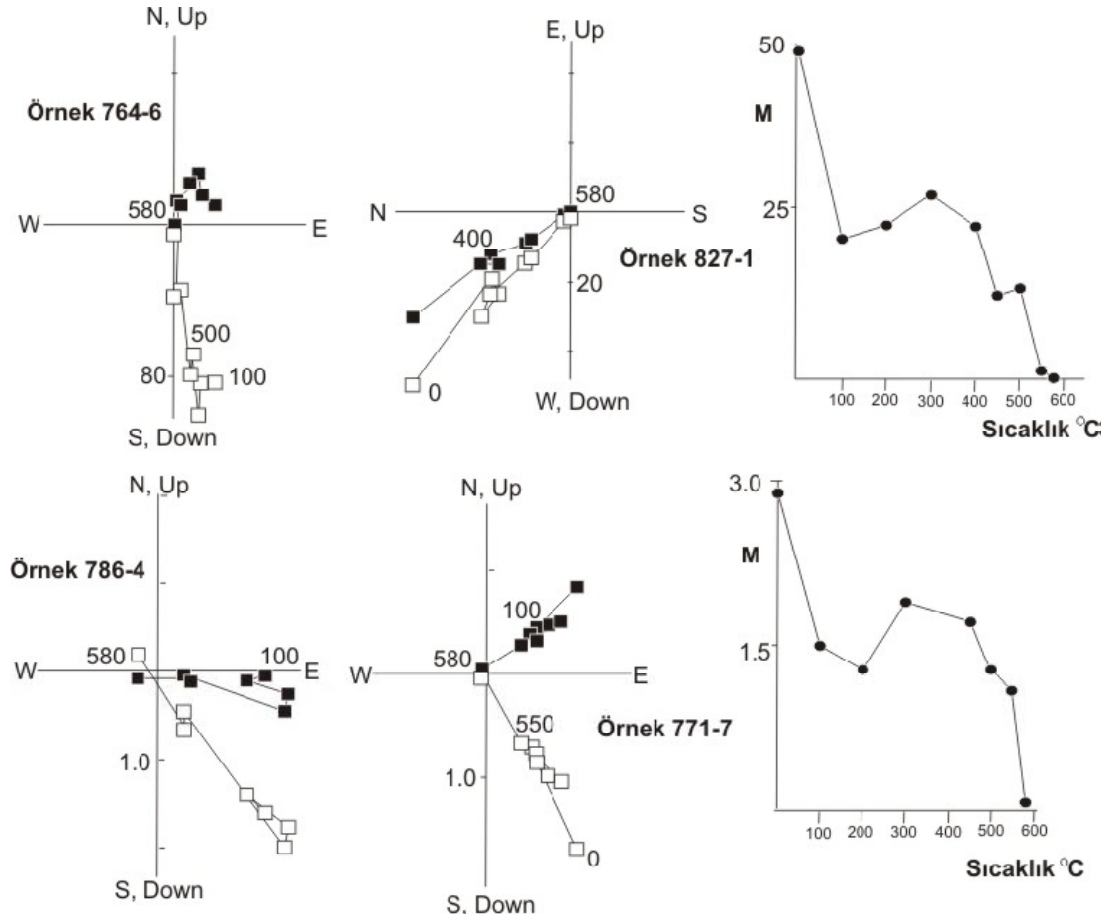
3.4. Paleomanyetik Sonuçlar

Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen volkanik kayaların mıknatıslanması, karakteristik olarak aşamalı demanyetizasyon işlemlerine karşı duraylı gözükmemektedir (Şekil 3.4 ve 3.5). Temizleme işleminin ilk aşamasında tipik olarak Viskoz Kalıcı Mıknatıslanmada azalma gözlenmektedir. Örneklerin mıknatıslanmaları gitgide artan mıknatıslanmadan temizleme işlemlerine karşı oldukça yüksek derecede kararlıdır ve bazı viskoz bileşenlerin ortadan kaldırılmasından sonra dik izdüşümleri merkeze doğru doğrusal bir yörünge izlemektedir. Alternatif alan (a.f.) ve termal (TH) demanyetizasyon çalışmaları sonucunda elde edilen paleomanyetizma yönlerinde çok büyük bir farklılık gözlenmemektedir. Bununla birlikte, termal temizleme işlemleri, temizlemenin ilk aşamasında 100°C'de tamamıyla düşük ısıl kalıntı değerleri gösterirken, buna karşın alternatif alanla yapılan temizleme işlemlerinde bu değer dağınık kalıntı mıknatıslanma göstermektedir.

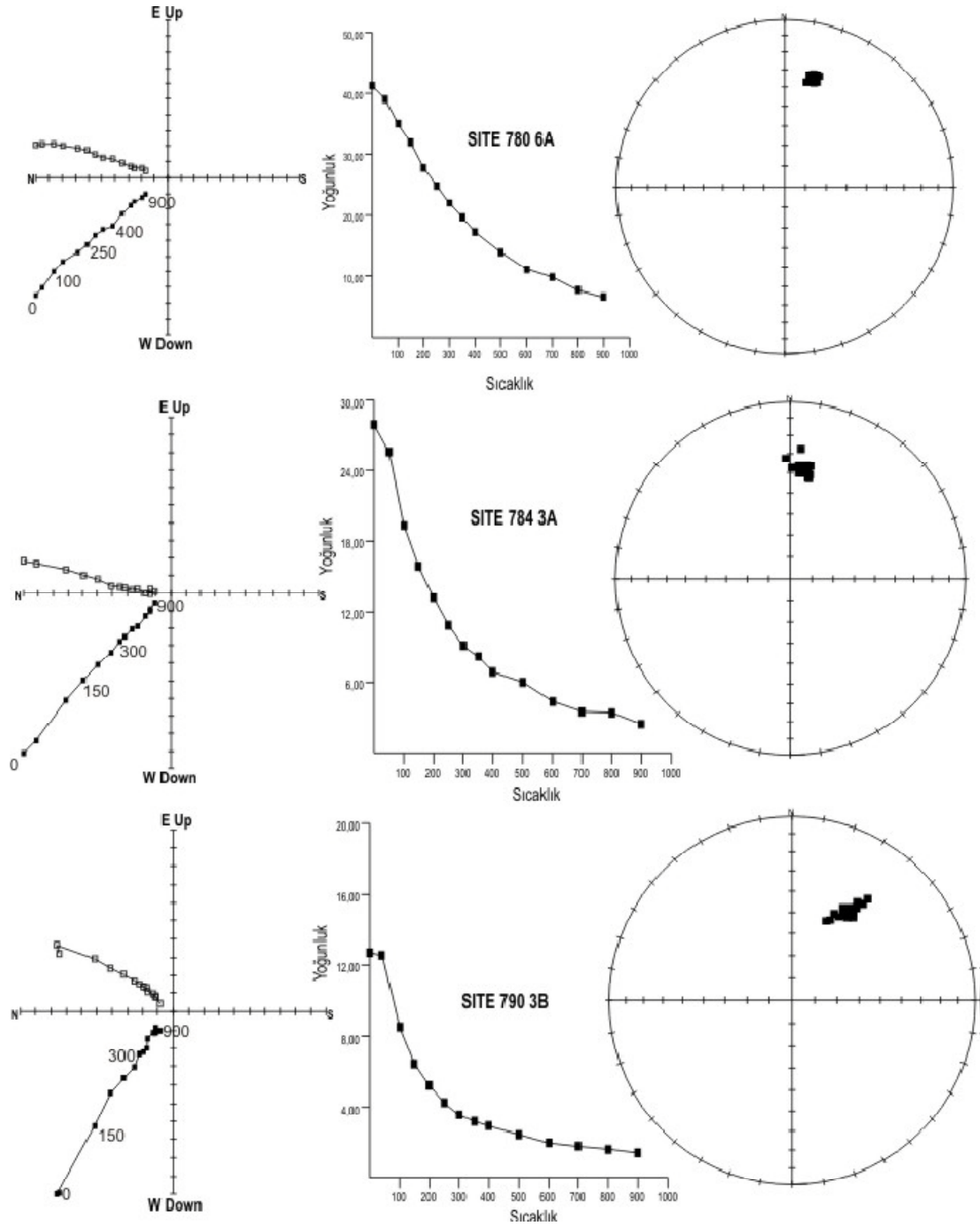
Bununla birlikte örnek içi bileşen tanımları açıktır ve örnek içi gruplamalar (Tablo 3.2) paleomanyetik analizi yapılan volkanik kayaların karmaşıklığını yansıtmaktadır. Değerlendirilebilir nitelikteki 41 örnekleme istasyonununun 13'üne ait (%32) α_{95} değerleri 7° ve altındadır. Örnekleme yapılan bazı istasyonlarda lav akıntılarının döküntülü ve breşik bir yapıda olması, bu duruma neden olabilmektedir. Bununla birlikte grup ortalama yönlerinin genel dağılımı 4 ayrı başlık altında değerlendirilebilir:



Şekil 3.3 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardaki paleomanyetik örnekleme sonuçlarına göre her bir istasyon için elde edilen rotasyon paraşütleri.



Şekil 3.4 Erzincan Havzası'ndaki volkanik kayalardan elde edilen termal demanyetizasyon (TH) işlemlerine ait bazı örnekler. İçi dolu kareler mıknatıslanmanın yatay düzleme izdüşümünü, açık kareler ise mıknatıslanmanın düşey düzleme izdüşümünü göstermektedir. Sıcaklık (°C), mıknatıslanma değerleri ise $\times 10^{-5} \text{ Am}^2/\text{kg}$ cinsinden verilmiştir.

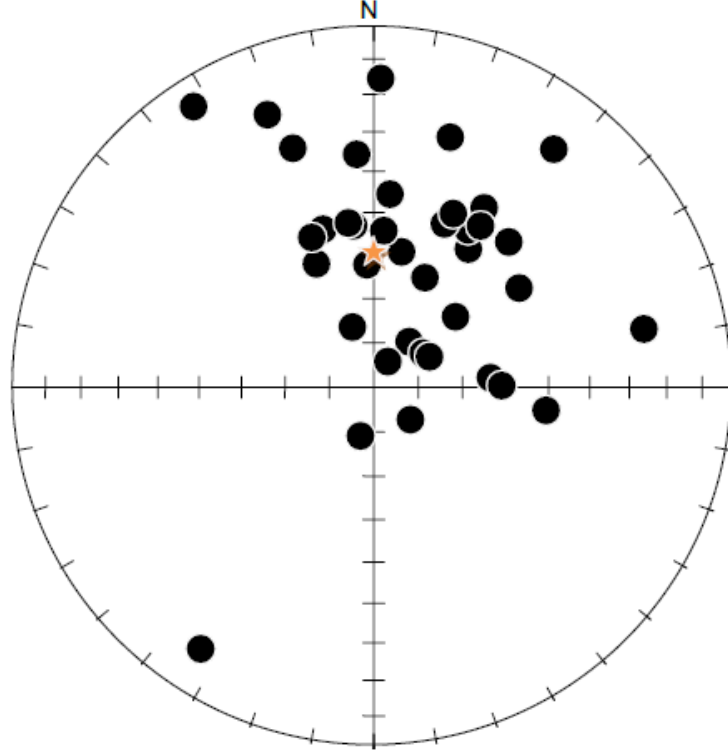


Şekil 3.5 Erzincan Havzası'ndaki volkanik kayalardan elde edilen alternatif alan (a.f.) demanyetizasyon işlemlerine ait bazı seçilmiş örnekler. İçi dolu kareler mıknatıslanmanın yatay düzleme izdüşümünü, içi boş kareler ise mıknatıslanmanın düşey düzleme izdüşümünü göstermektedir. Demanyetizasyon değerleri miliTesla (mT), mıknatıslanma değerleri ise $\times 10^{-5}$ Am²/kg olarak verilmiştir.

Tablo 3.2 Erzincan Havzası'nda her bir paleomanyetik örnekleme istasyonundan alınan örneklerden hesaplanan grup ortalama değerleri.

Site No.	D	I	N	R	α_{95}	k	
763	1	195.3	78.7	6	5.93	6.6	104.4
764	2	97.6	50.2	6	5.83	12.4	30.0
765	3	37.1	18.5	4	3.95	12.5	55.3
766	4	-					
767	5	341.3	30.8	4	3.88	18.6	25.4
768	6	85.3	63.5	5	4.69	22.2	12.8
769	7	37.8	77.0	9	8.86	6.8	58.2
770	8	25.0	62.6	9	8.88	6.2	69.4
771	9	55.3	76.5	9	8.74	9.5	30.2
772	10	342.2	52.1	8	7.96	4.3	168.2
773	11	340.5	75.6	8	7.89	6.9	65.2
774	12	-					
775	13	31.6	41.3	2	1.99	-	108.6
776	14	-					
777	15	24.5	47.9	7	6.97	4.5	184.2
778	16	34.4	51.7	9	8.91	5.6	86.7
779	17	4.8	45.4	7	6.83	10.4	34.3
780	18	17.0	28.4	7	6.97	4.5	184.4
781	19	14.8	-2.2	7	6.90	7.7	62.8
782	20	28.6	83.4	5	4.92	11.2	47.9
783	21	338.7	20.1	4	3.75	27.5	12.1
784	22	352.9	52.8	5	4.80	17.5	20.0
785	23	335.1	59.1	12	11.78	6.2	49.5
786	24	61.3	75.7	12	11.57	8.8	25.3
787	25	89.2	61.0	15	14.74	5.3	53.1
788	26	42.9	44.3	11	10.68	8.3	31.3
789	27	30.9	47.9	9	7.90	20.5	7.3
790	28	23.4	49.2	10	9.96	3.3	210.1
813	29	11.6	58.6	6	5.92	8.5	62.6
814	20	327.3	8.5	8	7.75	10.6	28.0
815	31	1.3	15.6	10	9.57	10.9	20.7
816	32	355.8	35.6	8	7.90	6.6	70.4
817	33	55.7	49.7	8	7.53	14.9	14.9
818	34	131.3	79.0	6	5.81	13.3	26.5
819	35	213.5	14.3	10	9.39	13.0	14.9
820	36	49.2	65.6	11	10.79	6.6	48.3
821	37	351.2	52.0	8	7.71	11.6	23.9
822	38	77.8	24.5	7	6.85	9.6	40.2
823	39	24.6	46.1	9	8.76	9.0	34.0
824	40	3.7	54.2	9	8.63	11.3	21.8
825	41	33.5	45.5	7	6.79	12.4	24.6
826	42	356.8	62.2	8	7.67	12.3	21.3
827	43	337.5	53.0	7	6.75	12.6	24.0

D ve I, N ve R bileşenlerinden elde edilen ortalama deklinasyon ve inklinasyon yönüdür. k, Duyarlılık parametresi, α_{95} 95% güvenilirlik limitlerini göstermektedir.



Şekil 3.6 Erzincan Havzası'ndan elde edilen ve Tablo 3.2 de verilen her bir örnekleme istasyonuna ait paleomanyetik mıknatıslanma sonuçlarının grup ortalama değerleri. Farklı kutuplanma içeren bir örnek dışında, tüm örnekler Bruhnes Normal Polarite Döneminde (son 780.000 yıl içerisinde) oluşmuştur. Hem düşey hem de yatay yönde rotasyon eksenleri mevcuttur. Düşey eksenindeki rotasyonlar çoğunlukla saat yönünde (clockwise) gelişmiştir.

1. Polarite (Kutupların Manyetik Özelliği): Biri hariç (781 nolu örnek), örneklerin tümü pozitif eğim (inklinasyon) değerlerine sahiptir. Örneklerin büyük bir çoğunluğunun radyometrik yaş değerleri (Tablo 3.5 ve 3.6) ile uyumlu, kuzeye doğru (deklinasyon), orta-dik derecede manyetik eğim (inklinasyon) sunmaktadır. Bu veriler, Erzincan Havzası'ndaki tüm volkanik aktivitenin Bruhnes Polarite Döneminde (780.000 yıl ve daha genç) geliştiğini göstermektedir.

2. Tektonik Rotasyon: Erzincan Havzası'nda Kuzey Anadolu Fay Zonu'na ait ana fayın güneyinde yer alan volkanik koniler, Erzincan ovasının içerisinde, yüzeyde herhangi bir belirgin jeomorfolojik/morfotektonik yapı sunmayan birden çok küçük ölçekli faylar arasında yer almaktadır. Bu bölgedeki paleomanyetik örnekleme noktalarına ait ortalama site yönleri (site directions) ortalama iki yönlü kutup alan yönlerine göre saat yönünde (clockwise) rotasyonlar ($D/I = 0/+59^\circ$) vermektedir (Şekil 3.6). 41 örnekleme istasyonuna ait (19 ve 35 nolu istasyonlar hariç, Tablo 3.2) ortalama değerlerde rotasyona uğramış bu deklinasyon (doğrultu) ve çok düşük inklınasyon (manyetik eğim) ($D/I = 16.5^\circ/56.4^\circ$), $R= 34.79$, $k= 6.4$ duyarlılık parametresi ve $\alpha_{95} = 9.6^\circ$ %95 güvenilirlik sınırı değerlerini vermektedir.

3. Jeomorfik Bozunma: Yukarıda verilen sonuçlardaki, göreceli olarak düşük hassasiyet ve büyük güvenilirlik değerleri olasılıkla bazı fay bloklarının ve daha yaşlı konilerin, daha genç olanlardan daha fazla rotasyona uğradığını göstermektedir. Bununla birlikte, örnekleme istasyonlarına ait tüm değerler, aynı polarite gösteren bir volkanik aktiviteye ait paleomanyetik kayıtlara çok da uymayan, anormal bir şekilde çok fazla sığ ve yüksek inklınasyon değerleri içermektedir (Şekil 3.7). Bu nedenle, örneklerin bir bölümünün değişik oranlarda ya volkanizma sırasındaki katılma evresinde ya da sonrasında yüksek eğimli yamaçlar boyunca kayma ve/veya yer değiştirmeye uğradığı düşünülmektedir.

4. Mostra İçi Bozunma (Within-Site Disturbance) : Bunu belirlemek oldukça güç olmakla birlikte, özellikle düşük derecede konsolide olmuş lavların bir özelliği olarak, göreceli olarak site-içi düşük grup değerlerinin gözlenmesi bu duruma işaret etmektedir. İki örnekleme istasyonunda (site 774 ve 775) güncel alanla deneştirilebilir inklınasyon yönleri çok az sayıdaki karot örneğinde gözlenebilmektedir. Buna karşın diğer bazı sitelerden alınan karotlara ait sonuçlar iyi bileşene sahip değil ise, bu kriterler ışığında değerlendirilememektedir. Site içi gruplandırması çok sayıda bozunmuş karot örneğinin alındığı siteler de (site 785-790) en iyi şekilde kullanılabilmiştir.

Tablo 3.3 Erzincan Havzası'ndaki genç volkan konilerinden elde edilen grup ortalama paleomanyetizma yönleri (koniler batıdan doğuya doğru numaralandırılmıştır). (*) Bu tabloda verilen örneklerde, koni terimi tek bir istasyondan alınan örnekler için kullanılmış olup, diğer durumlarda N örnekleme istasyonunun sayısını göstermektedir.

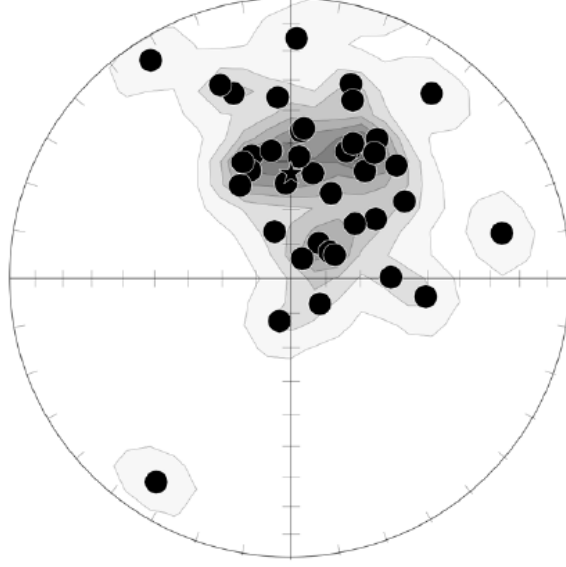
Volkanik Koni Adı	D	I	N	R	α_{95}	k
1. Küçük Çakırman Konisi	(814-816 arası siteler, anlamlı gruplandırma gözlenmedi)					
2. Ilca Konisi						
813 nolu site	11.6	58.6	6*	5.92	8.5	63
3. Pulur Tepe Konisi						
817, 822-825 nolu siteler	42.3	47.1	5	4.67	22.8	12
4. Saz Tepe Konisi						
818 nolu site	131.3	79.0	6*	5.81	13.3	27
5. Çakrak Tepe Konisi						
821, 826, 827 nolu siteler	347.8	56.0	3	2.98	12.0	106
6. Altın Tepe Konisi						
820 nolu site	49.2	65.6	11*	10.79	6.6	48
7. Alikotaşı Tepe Konisi						
788-790 nolu siteler	28.0	42.8	3	2.95	19.1	43
8. Iraduh Tepe Konisi						
787 nolu site	89.2	61.0	15*	14.74	5.3	53
9. Tatoğlu Tepe Konisi						
(785, 786 nolu siteler, anlamlı gruplandırma gözlenmedi)						
10. Yassı Tepe Konisi						
783, 784 nolu siteler	339.6	41.8	2	1.94	-	66
11. Kara Tepe Konisi						
(779-782 nolu siteler, anlamlı gruplandırma gözlenmedi)						
12. Köy Tepe Konisi						
775, 777, 778 nolu siteler	30.1	47.0	3	2.99	9.6	167
13. Boz Tepe Konisi						
772, 773 nolu siteler	342.4	63.8	2	1.96	-	24
14. Ağıl Tepe Konisi						
769-771 nolu siteler	35.8	72.4	3	2.97	14.4	74
15. Pelitli Tepe Konisi						
764, 768 nolu siteler	78.9	56.9	2	1.95	-	20
16. Kuru Tepe Konisi						
(766 nolu site, anlamlı gruplandırma gözlenmedi)						
17. Molla Tepe Konisi						
763 nolu site	195.3	78.7	6*	5.93	9.9	104

Bu çalışmada birbirleriyle uyumlu olarak görünen jeolojik birimler havzanın çoğunlukla kuzeyinde bulunan genç volkan konileridir. Havza kuzeyinde yapılan paleomanyetik örnekleme, alındıkları bu volkan konilerine göre gruplandırılarak değerlendirilmiştir (Tablo 3.3). Küçük boyutlu oluşları, temiz ve ilksel konumlu (in situ) yüzlek bulma güçlüklerinden dolayı 5 volkan konisi (817, 822-825 nolu siteler)

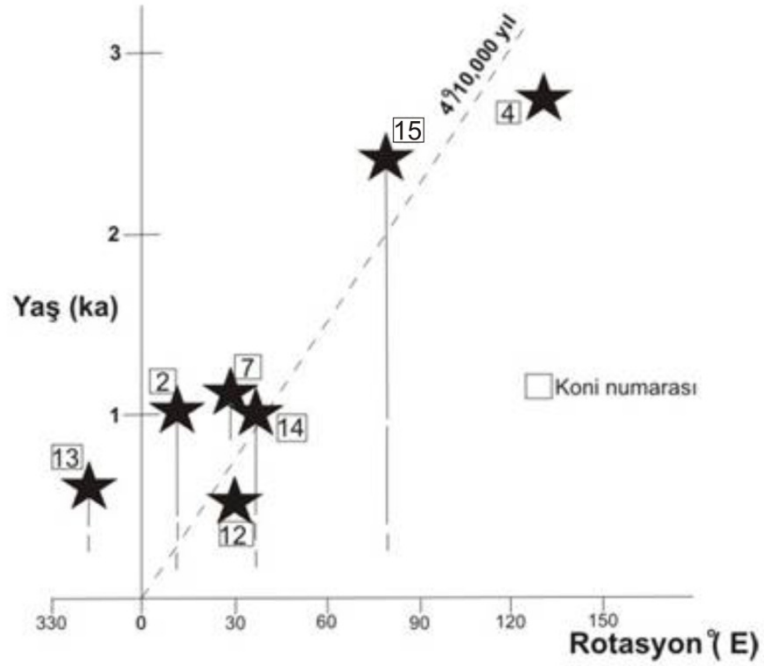
sadece bir site içerisinde gösterilmiştir. Bundan dolayı, ortalama değerler eski alan (paleofield) yönlerinin anlık kayıtlarını içermektedir ve ortalama seküler değişim değerlerini hesaplamak için yeterli olmamaktadır. Diğer sekiz koni ise birbirinden farklı 5 bağımsız örnekleme istasyonundan elde edilen grup ortalama değerlerine sahiptir. Bu şekilde daha anlamlı tektonik rotasyon değerleri elde edilmiştir. 1, 9, 11 ve 16 nolu konilerden, olasılıkla yukarıda 3. ve 4. maddelerde sıralanan nedenlerden dolayı anlamlı gruplandırma yapılamamıştır.

Hem paleomanyetik hem de jeokronolojik yaş verileri içeren 7 ayrı volkan konisi bulunmaktadır. Bu volkan konilerinden rotasyonların zamansal değişimlerini de bu durumda hesaplamak mümkün olabilmiştir (Tablo 3.2, 3.3 ve Şekil 3.8). Bu konilerden elde edilen inklinasyon (manyetik eğim) değerleri $+43^{\circ}$ 'den $+79^{\circ}$ 'ye kadar değişmektedir. Bu durum, örnekleme istasyonlarının yersel durumlardan etkilenmediğini göstermektedir. Bu istasyonlardan bu ve önceki çalışmalar kapsamında elde edilen en büyük yaşlar Şekil 3.8'de yıldız simgesi ile işaretlenmiştir. Buna karşın günümüz kuzey değerine göre elde edilen rotasyon değerleri ise x eksenine üzerine yerleştirilmiştir. Bu değerler arasında ise her bir çıkış konisinden elde edilen ortalama rotasyon değerleri ise diyagram üzerinde çizgi şeklinde gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu diyagramda kullanılan yaş verileri sınırlı olup, daha başka sonuçlara varmak için yeterli değildir. Belirgin olarak daha yaşlı olan iki volkan konisi (göreceli olarak havzanın batı ve doğu kenarında bulunan 4 ve 15 nolu koniler) en yüksek rotasyon değerlerine sahiptir. Bu iki koniden elde edilen rotasyon değerleri ortalama olarak $\sim 4^{\circ}/10.000$ yıllık bir rotasyon hızını vermektedir (Şekil 3.8 ve 3.9). Deneştirilebilir rotasyon değerleri aynı zamanda yaşları ~ 100.000 yıldan daha genç olan 2, 7, 12 ve 14 nolu konilere de uygulanabilir.

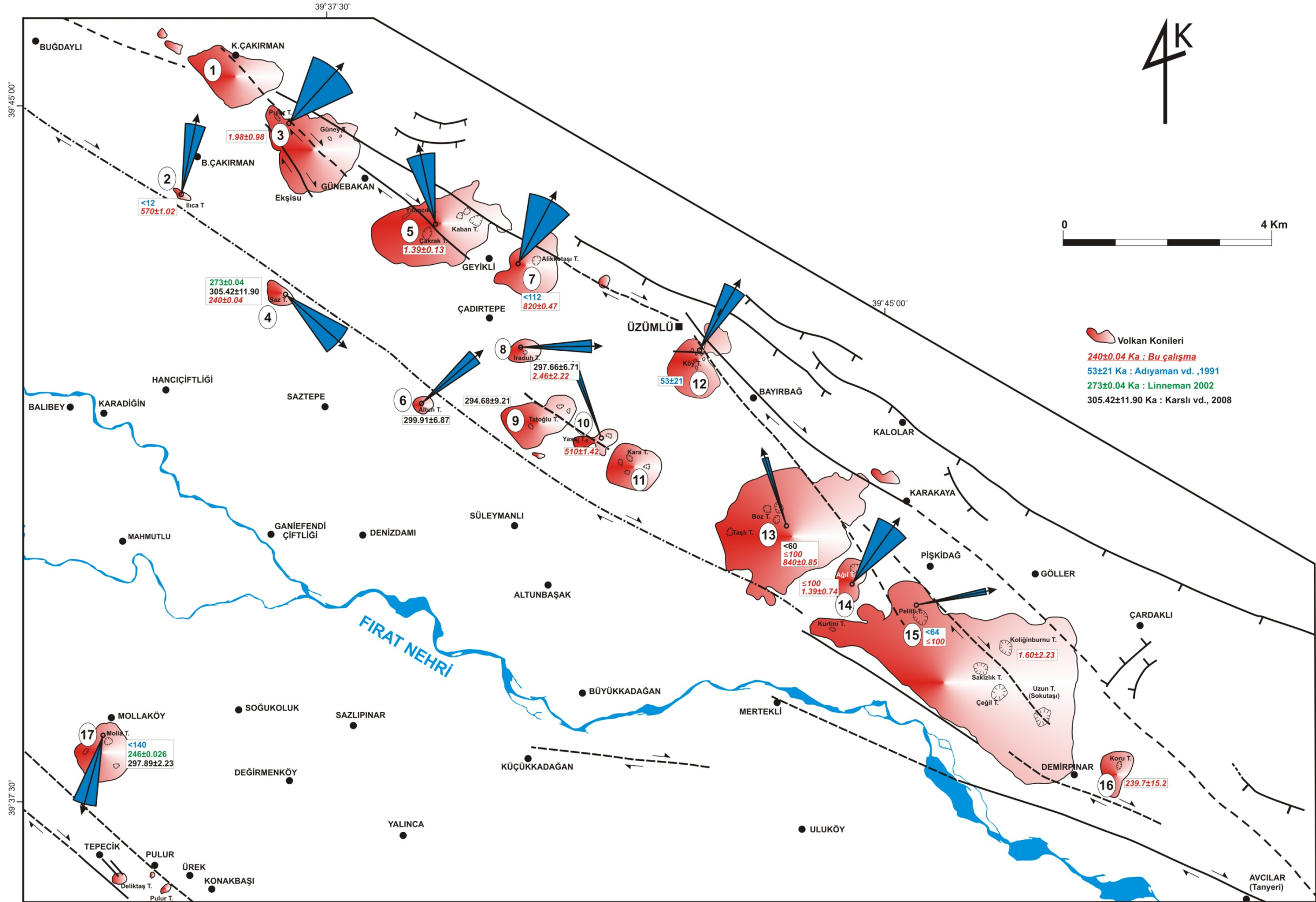
Erzincan Havzası, Genç Konilerine ait Grup Ortalama Yönleri



Şekil 3.7 Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen gruplandırılmış genç volkan konilerine ait grup ortalama paleomanyetik değerlerinin kontur dağılımını gösterir diyagram.



Şekil 3.8 Erzincan Havzası'ndaki volkanik kayalara ait ortalama manyetik deklinasyon yönleri ile jeokronolojik yaşlara göre elde edilen diyagram. (Tablo 3.2 ve 3.3'e bakınız). Tablo 3.3'de verilen koni numaraları kullanılmıştır.



Şekil 3.9 Erzurum Havzası'ndaki gruplandırılmış volkan konilerine ait grup ortalama rotasyon paraşütlerini gösterir harita. (Koni numaraları Tablo 3.3'deki gibidir).

3.5 Çalışma Alanındaki Volkanik Kayaçların Jeokronolojisi

Erzincan Havzası'nın doğu yarısında kuzey kenarı boyunca, KAFZ'ın genel gidişine paralel konumdaki volkan konileri Avcılar Köyü ve Geçit arasında yüzeylemektedir. Bunlardan başka güneydeki Molla Tepe konisi ve bu koninin güneydoğusunda Pulur Köyü içerisinde daha küçük bir lav akıntısı yüzeylemektedir. Bu konilerden alınan el örneklerinin incekesit incelemelerinde, bu kayaçların başlıca dasit, andezit, riyolit, bazalt, trakiandezit ve bazaltik andezitlerden oluştuğu görülmüştür. Başlıca mineral içerikleri ise piroksen, amfibolit, biyotit, plajiyoklaz, sanidin ve kuvarstan oluşmaktadır. Karşlı (2006) ve Karşlı vd., (2008) tarafından bu lavların riyolitik, dasitik, andezitik, amfibolit megakristallerince zengin andezitik ve trakiandezitik kayaçlar olduğu ve her bir koninin yaklaşık homojen petrografik özelliklere sahip olduğu belirtilmiştir. Karşlı vd., (2008) bu lavların amfibolit, biyotit, klinopiroksen, plajiyoklaz, sanidin, manyetit ve ilmenit fenokristallerinden yapıldığını ve bunların plajiyoklaz, amfibolit, biyotit, piroksen, apatit ve opak minerallerin hamuru şeklinde oluştuğunu ifade etmiştir.

Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen volkanik kayaçlardan iki ayrı arazi çalışması döneminde toplam 40 adet jeokronolojik yaşlandırma amaçlı örnek alınmıştır (Tablo 3.4). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ yaş analizleri Çin Bilimler Akademisi, Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü, Jeokronoloji Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. 2006 yılı arazi çalışmaları döneminde alınan 11 adet örneğin 6 tanesi yaşlandırma amacıyla hazırlanabilmiş ve reaktöre gönderilmiş, bu 6 örneğin 4'ünden ise ilk jeokronolojik yaş sonuçları elde edilmiştir. Bu yaşlandırmayı takiben 2007 yılı yaz döneminde, paleomanyetik örneklemeyle paralel olarak, yine yaşlandırma amacıyla daha yoğun bir örnekleme gerçekleştirilmiş ve 21 adet örnek daha alınmıştır (Tablo 3.4). Tablo 3.4'ten de anlaşılacağı üzere çoğu volkan konisinden birden fazla örnekleme yapılmıştır. Örneklenen kayaçlar, laboratuvara tüm kayaç olarak gönderilmiş, bunların öğütülmesi ve mineral ayırma işlemleri Çin'de gerçekleştirilmiştir. 2007 yılı sonbaharında gönderilen örneklerin 12 tanesi yaşlandırma için uygun bulunmuş ve bu örnekler yaşlandırma işlemine tabi tutulmuştur. Erzincan Havzası'nda yer alan volkanik kayaç örneklerinin çok genç olması ve içerisinde yaşlandırmada kullanılacak uygun özellikte minerallerin çoğu kez bulunamamasından dolayı örneklerin yaşlandırılması uzun zaman almış, en son aşamada ise örnekler,

Guangzhou (Çin)'daki Jeokronoloji Laboratuvarında analiz edilmiştir. Bu örneklerden elde edilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ jeokronolojik yaş sonuçları Şekil 3.10. ve Tablo 3.7'de gösterilmiştir.

3.5.1 Örneklemeye ve Örnek Hazırlama Yöntemi

İnceleme alanı içerisindeki volkanik konilerin uygun yüzleklerinden el örneği düzeyinde jeokronolojik amaçlı örnekler alınmıştır. Taze örnekler ezilip, öğütülerek 40-80'lik (380–200 μm) eleklerden geçirilmiştir. Taze matriks, görülebilir tüm kristaller yada yabancı maddeler binoküler mikroskop altında el ile temizlendikten sonra, ultrasonik banyoda 20 dakika süre ile yıkanmıştır.

Bunun yanısıra, olası alterasyonları temizlemek için, matriks örnekleri ultrasonik banyoda 20 dakika süreyle % 5 lik HNO_3 ile yıkanmıştır. Daha sonra, taneler ultrasonik banyoda arıtılmış su ile durulanmış ve kurutulmuştur. Temizlenmiş örnekler alüminyum folyolarla sarılmış ve Bern4M-muskovit ile Pekin (Çin) 49-2 reaktöründe H8 pozisyonunda 3 saat boyunca 0.5 mm kalınlığındaki kadmiyum zırh ile radyasyona tabii tutulmuştur.

Örneklerin $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ısıtma-adım analizleri Çin Bilimler Akademisi, Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü'nde statik modda çalıştırılan MM5400 kütle spektrometresinde yapılmıştır. Elde edilen verilere daha sonra sistem boşlukları, kütle ayırımı, argon izotoplarından kaynaklanan Ca ve K girişimi ve radyasyon veriliminden bu yana geçen ^{37}Ar bozunması için düzeltme uygulanmıştır.

Hesaplamalarda Steiger ve Jaeger (1977) tarafından önerilen $\lambda=(5.543\pm 0.010)\times 10^{-10}\cdot\text{a}^{-1}$ bozunma sabiti kullanılmıştır. Ca, K düzeltme faktörleri CaF_2 ve K-cam monitörleri : $(^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar})_{\text{K}}=11.82\times 10^{-4}$, $(^{39}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}=8.52\times 10^{-4}$, $(^{36}\text{Ar}/^{37}\text{Ar})_{\text{Ca}}=2.69\times 10^{-4}$ ile yapılmıştır. Kütle ayırımı günlük $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ analizleri ile izlenmiştir.

3.5.2 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ Yaşlandırma Sonuçları

Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen genç volkanik kayaçların yaşlandırılması amacıyla daha önce yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır (Baş, 1979; Hempton ve Linneman, 1984; Adıyaman vd., 2001; Linneman, 2002; Karşı vd., 2008). Bununla birlikte özellikle, çok genç volkanik kayaçların yaşlandırılmasında karşılaşılan

güçlüklerden dolayı şu ana kadar, havzada yüzeyleyen volkanik çıkış merkezlerinin tümünden sağlıklı yaş verileri elde edilememiştir.

Kuvaterner yaşlı bu volkanik kayaçların jeokimyası, petrografisi ve yaşı ile ilgili bugüne kadar değişik çalışmalar yapılmıştır (Baş 1979, Hempton ve Linneman 1984, Linneman 2002, Adıyaman vd., 2001, Karanlı vd., 2008). Hempton ve Linneman (1984) bu kayaçların K-Ar yaşlandırmasını yapmış ve 0.25 ± 0.026 My yaşını elde etmiştir. Kuzey Anadolu Fay Zonu ile ilgili Şengör vd. (2005) çalışmasında (Linneman ile özel görüşmesinde) Erzincan Havzası'ndaki riyolitlerin olasılıkla kabuk içine bazaltik intrüzyonlarla girmiş kabuksal ergime ile oluştuğunu, bunun da Baş (1979)'un elde ettiği bulgularla örtüştüğünü vurgulamıştır. Linneman (2002) riyolitlerdeki sanidinlerde yaptığı K-Ar yaşlandırmalarında iki ayrı koniden (Saz Tepe ve Molla Tepe) 0.273 ± 0.04 Ka ve 0.246 ± 0.26 Ka yaşları elde etmiştir. Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı genç volkanik kayaçlardan daha önceki çalışmalarda elde edilen jeokronolojik yaşlar Tablo 3.5'de özetlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında Çin Bilimler Akademisi, Jeoloji ve Jeofizik Enstitüsü, Jeokronoloji Laboratuvarlarında gerçekleştirilen analizlerde toplanan 40 örneğin 14 tanesinden yaş elde edilebilmiştir. Bu yaş verileri ise ayrıntılı olarak Şekil 3.10 ve Tablo 3.6 ve 3.7'de verilmektedir.

Tablo 3.4 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan jeokronolojik amaçlı alınan örneklerin dağılımı.

SIRA NO	ÖRNEK NO	PALEOMANYETİK İSTASYON NO	KONUM	KOORDİNATLAR	
				KUZEY	DOĞU
1	1	764	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°43'23.40"	39°47'10.42"
2	2	766	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°38'50.46"	39°48'15.05"
3	3	767	Pişkidağ Köyü (Pelitli Tepe)	39°39'34.36"	39°45'37.95"
4	4	771	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°39'50.52"	39°44'23.54"
5	5	773	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'36.72"	39°42'44.11"
6	6	784	Üzümlü Kasabası'nın Güneyi (Yassı Tepe)	39°41'22.71"	39°41'12.08"
7	7	785	Üzümlü Kasabası'nın Güneyi	39°41'44.52"	39°40'47.27"
8	8	813	Ekşisu kaynağı	39°43'56.54"	39°35'38.24"
9	9	817	B.Çakırman Köyü	39°44'38.22"	39°36'47.99"
10	10	823	Erzincan'ın Doğusu	39°44'30.82"	39°37'13.57"
11	11	825	Erzincan'ın Doğusu	39°44'18.71"	39°37'16.90"
12	E1	-	Pişkidağ Köyü GD'su, Uzuntepe güneyi	39°39'03.9"	39°47'30.2"
13	E2	765	Pişkidağ Köyü GD'su, Uzuntepe kuzeyi	39°39'10.41"	39°38'11.85"
14	E3	-	Sürperen Köyü	39°38'03.9"	39°47' 34.4"
15	E4	-	Sürperen Köyü doğusu, Koru Tepe	39°38'07.1"	39°47' 55.4"
16	E5	-	Pişkidağ Köyü Güneyi, Pelitli Tepe KB'sı	39°39' 49.2"	39°45' 7.2"
17	E6	-	Pişkidağ Köyü GD'su, Sakızlık Tepe	39°39' 6.5"	39°46' 13.5"
18	E7	767	Pişkidağ Köyü GD'su, Sakızlık Tepe kuzeyi	39°39'34.36"	39°45'37.95"
19	E8	-	Pişkidağ Köyü Batısı, Kaynarca Tepe	39°39' 45.4"	39°43' 31.4"
20	E9	770	Pişkidağ Köyü Batısı, Ağılı Tepe	39°39'47.18"	39°44'29.74"
21	E10	-	Pişkidağ Köyü Batısı, Ağılı Tepe	39°40' 3.2"	39°44' 46"
22	E11	-	Pişkidağ Köyü Batısı, Boztepe GD'su	39°40' 13.4"	39°44' 11.7"
23	E12	-	Pişkidağ Köyü Batısı, Boztepe D'su	39°40' 33.6"	39°44' 22.3"

24	E13	774	Pişkidağ Köyü Batısı, Taşlı Tepe	39°40'28.81"	39°42'53.92"
25	E14	-	Pişkidağ Köyü Batısı, Taşlı Tepe	39° 40' 27.5"	39° 42' 54.7"
26	E15	813	Üzümlü Güneyi, Kara Tepe	39°43'56.54"	39°35'38.24"
27	E16	-	Üzümlü Güneyi, Kara Tepe	39° 41' 18.4"	39° 41' 53.1"
28	E17	780	Üzümlü Güneyi, Kara Tepe	39°40'54.81"	39°41'54.25"
29	E18a	777-778	Üzümlü Güneyi, Köy Tepe	39° 42' 21.3"	39° 42' 36.3"
30	E19	784	Üzümlü GB'sı, Kara Tepe KB'sı	39°41'22.71"	39°41'12.08"
31	E20	789	Üzümlü KB'sı, Alikotaşı Tepe	39° 43' 15.6"	39° 40' 33"
32	E21	789	Üzümlü KB'sı, Alikotaşı Tepe	39°43'22.88"	39°40'10.56"
33	E24	826	Üzümlü KB'sı, Günebakan Köyü	39°43'48.57"	39°38'57.43"
34	E25	824	Üzümlü KB'sı, Güney Tepe	39°44'16.80"	39°37'26.87"
35	E26	822	Üzümlü KB'sı, Güney Tepe	39°44'37.16"	39°37'8.64"
36	E28	814	Küçükçakırman Köyü	39°45'19.98"	39°36'16.02"
37	E29	816	Küçükçakırman Köyü	39°45'13.03"	39°36'40.03"
38	E30a	814	Küçükköşünlükler Köyü	39° 45'34.00"	39° 35' 28"
39	E34	787	Üzümlü GB'sı, Iraduh Tepe	39°42'26.13"	39°40'11.92"
40	E35	818	Erzincan Doğusu, Saz Tepe	39°43'03.52"	39°36'47.79"

* Koyu renkte yazılmış olan örnekler değerlendirilebilir yaş elde edilmiş örneklerdir.

Tablo 3.5 Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik çıkış merkezlerindeki lavlardan önceki çalışmalarda elde edilen jeokronolojik yaşların dağılımı.

ÖRNEK NO	PALEOMANYETİK ÖRNEK NO KARŞILIĞI	KONUM	KOORDİNATLAR		YAŞ (Ka)	REFERANS
			KUZEY	DOĞU		
ER-92-1	763	Molla Tepe	39°37'57	39°34'27	<140	Adıyaman vd. (2001)
ER-92-4	764, 765, 767	Pişkidağ, Sakızlık Tepe Batısı	39°39'02	39°45'59	<64	Adıyaman vd. (2001)
ER-92-10	772, 773, 774	Pişkidağ Batısı, Boz Tepe	39°40'31	39°44'08	<60	Adıyaman vd. (2001)
ER-92-15	775, 777, 778	Üzümlü Güneyi, Köy Tepe	39°42'20	39°42'27	53±21	Adıyaman vd. (2001)
ER-92-17	789*	Geyikli Köyü	39°43'50	39°40'20	<112	Adıyaman vd. (2001)
ER-92-20	813*	Ekşisu, Ilıca	39°44'04	39°35'14	<12	Adıyaman vd. (2001)
IL	813	Ekşisu, Ilıca	39°44'04	39°35'14	102±1	Karlı (2006)**
-	818	Saz Tepe	39°43'3.52"	39°36'47.79"	273 (±0.04)	Linneman (2002)
-	763	Molla Tepe	39°38'19.63"	39°34'34.45"	246 (±0.026)	Linneman (2002)
MT3*	763	Molla Tepe	39°38'19.63"	39°34'34.45"	297.89±2.83	Karlı vd. (2008)
ST1*	818	Saz Tepe	39°43'3.52"	39°36'47.79"	305.42±11.90	Karlı vd. (2008)
IR2*	787	İraduh Tepe	39°42'26.13"	39°40'11.92"	297.66±6.71	Karlı vd. (2008)
T1*	785-786	Tatoğlu Tepe	39°41'44.52"	39°40'47.27"	294.68±9.21	Karlı vd. (2008)
AT2*	820	Altun Tepe	39°41'46.14"	39°38'47.33"	299.91±6.87	Karlı vd. (2008)

* Örnekler mikrolitlerde "unspiked" K-Ar kullanılarak yaşlandırılmıştır. Ters izokron verileri yaş değerleri olarak alınmıştır.

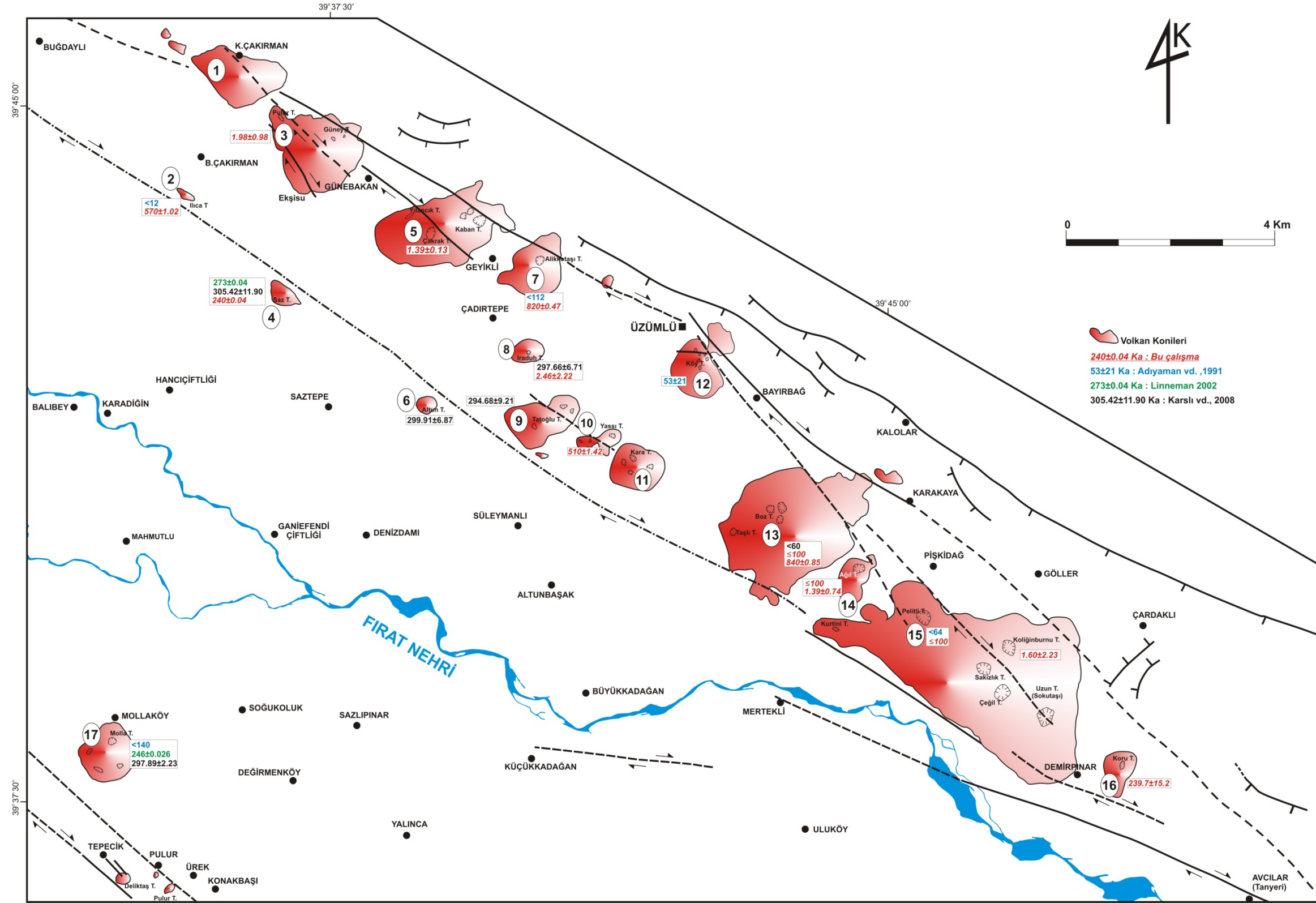
Tablo 3.6 Erzincan Havzası'ndan bu çalışma kapsamında elde edilen jeokronolojik yaşların dağılımı.

ÖRNEK NO	PALEOMANYETİK ÖRNEK NO KARŞILIĞI	KONUM	KOORDİNATLAR		YAŞ (Ka)	REFERANS
			KUZEY	DOĞU		
2	766	Erzincan GD'su, Kuru Tepe	39°38'5.46"	39°48'15.05"	239.7±15.2	Bu çalışma
3	767	Pişkidağ Köyü (Pelitli Tepe)	39°39'34.36"	39°45'37.95"	≤100	Bu çalışma
4	771	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°39'50.52"	39°44'23.54"	≤100	Bu çalışma
5	773	Erzincan Havzası'nın GD'su	39°40'36.72"	39°42'44.11"	≤100	Bu çalışma
6	784	Üzümlü Güneyi (Yassı Tepe)	39°41'22.71"	39°41'12.08"	Elde edilemedi	Bu çalışma
7	785	Üzümlü Kasabası'nın Güneyi	39°41'44.52"	39°40'47.27"	Elde edilemedi	Bu çalışma
E-3	764-765-766	Erzincan GD'su, Sürperen Köyü	39° 38' 3.9"	39° 47' 34.4"	1.60±2.23 Ma	Bu çalışma
E-8	-	Pişkidağ Batısı, Kaynarca Tepe	39° 39' 45.4"	39° 43' 31.4"	840±0.65	Bu çalışma
E-9	770	Pişkidağ Köyü Batısı, Ağılı Tepe	39°39'47.18"	39°44'29.74"	1.39±0.74 Ma	Bu çalışma
E-15	813	Üzümlü Güneyi, Kara Tepe	39°43'56.54"	39°35'38.24"	570±1.02	Bu çalışma
E-19	784	Üzümlü Güneyi, Kara Tepe Batısı	39°41'22.71"	39°41'12.08"	510±1.42	Bu çalışma
E-21	789	Üzümlü KB'sı, Alikotaşı Tepe	39°43'22.88"	39°40'10.56"	820±0.47	Bu çalışma
E-24	826	Üzümlü KB'sı, Günebakan Köyü	39°43'48.57"	39°38'57.43"	1.39±0.13 Ma	Bu çalışma
E-25	824	Üzümlü KB'sı, Güney Tepe	39°44'16.80"	39°37'26.87"	1.98±0.98 Ma	Bu çalışma
E-34	787	Üzümlü GB'sı, Iraduh Tepe	39°42'26.13"	39°40'11.92"	2.46±2.22 Ma	Bu çalışma
E-35	818	Erzincan Doğusu, Saz Tepe	39°43'3.52"	39°36'47.79"	240±0.04	Bu çalışma

*Tüm veriler aynı zamanda Auburn Üniversitesi (Alabama, A.B.D.) Jeokronoloji Laboratuvarında yeniden değerlendirilmiş ve bu tabloda kullanılmıştır.

Tablo 3.7 Erzincan Havzası'ndan bu çalışma kapsamında elde edilen $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ jeokronolojik yaşlandırmaya ait ayrıntılı verilerinin dağılımı.

Örnek No	Mineral	K ₂ O (wt.%)	Weighted Plateau Age±2δ(ka)	MSWD	Normal Isochron Age±2δ(ka)	$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (i)±δ	MSWD	$^{39}\text{Ar}_{(K)}$ %	(n)	K/Ca±2δ
2	Tüm Kayaç		239±15.2	0.63	242±47.5	294.9057	0.92	68.37	4	4.701±1.648
6	Yaş verisi elde edilemedi									
7	Yaş verisi elde edilemedi									
E-3	Plajiyoklaz		1.60±2.23 MY	17.04	0.78±1.49	0.20±0.18	1.92	67.73	7	0.112±0.004
E-8	Hornblend		840±0.65	0.67	1.19±5.33	1.04±1.20	0.96	69.49	4	0.063±0.003
E-9	Plajiyoklaz		1.39±0.74	1.34	0.62±3.18	0.45±0.47	1.07	53.90	6	0.118±0.008
E-15	Matriks		570±1.02	0.00	4.37±3.00	4.14±1.83	1.17	86.93	14	0.027±0.026
E-19	Plajiyoklaz		510±1.42	0.16	1.26±1.69	2.15±0.84	0.74	37.09	5	0.036±0.004
E-21	Plajiyoklaz		820±0.47	1.80	0.10±1.23	0.18±0.21	0.97	66.12	5	0.033±0.001
E-24	Plajiyoklaz		1.39±0.13 MY	22.57	0.18±0.48	0.32±0.28	0.52	83.94	5	0.182±0.009
E-25	Potasyum feldispat		1.98±0.98 MY	3.48	0.08±2.15	0.41±0.32	2.14	81.96	8	0.128±0.007
E-34	Plajiyoklaz		2.46±2.22 MY	0.58	2.44±2.71	2.60±2.20	0.41	13.76	4	0.030±0.003
E-35	Potasyum feldispat		240±0.04	0.80	0.20±0.17	0.23±0.12	1.02	67.79	7	4.741±3.132



Şekil 3.10 Erzurum Havzası'nda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalara ait çıkış merkezlerinden daha önceki çalışmalarda ve bu çalışmada elde edilen jeokronolojik yaş (bin yıl, ka) değerlerini gösterir harita.

BÖLÜM 4

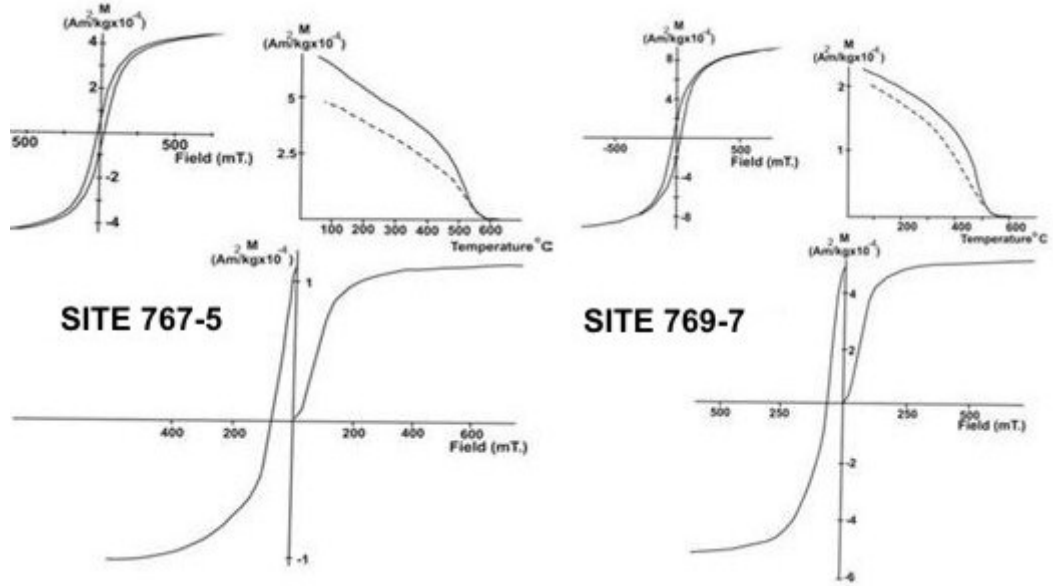
KAYAÇ MANYETİZMASI VE MANYETİK DUYARLILIK ANİZOTROPİSİ ÇALIŞMALARI

4. 1. Kayaç Manyetizması Çalışmaları

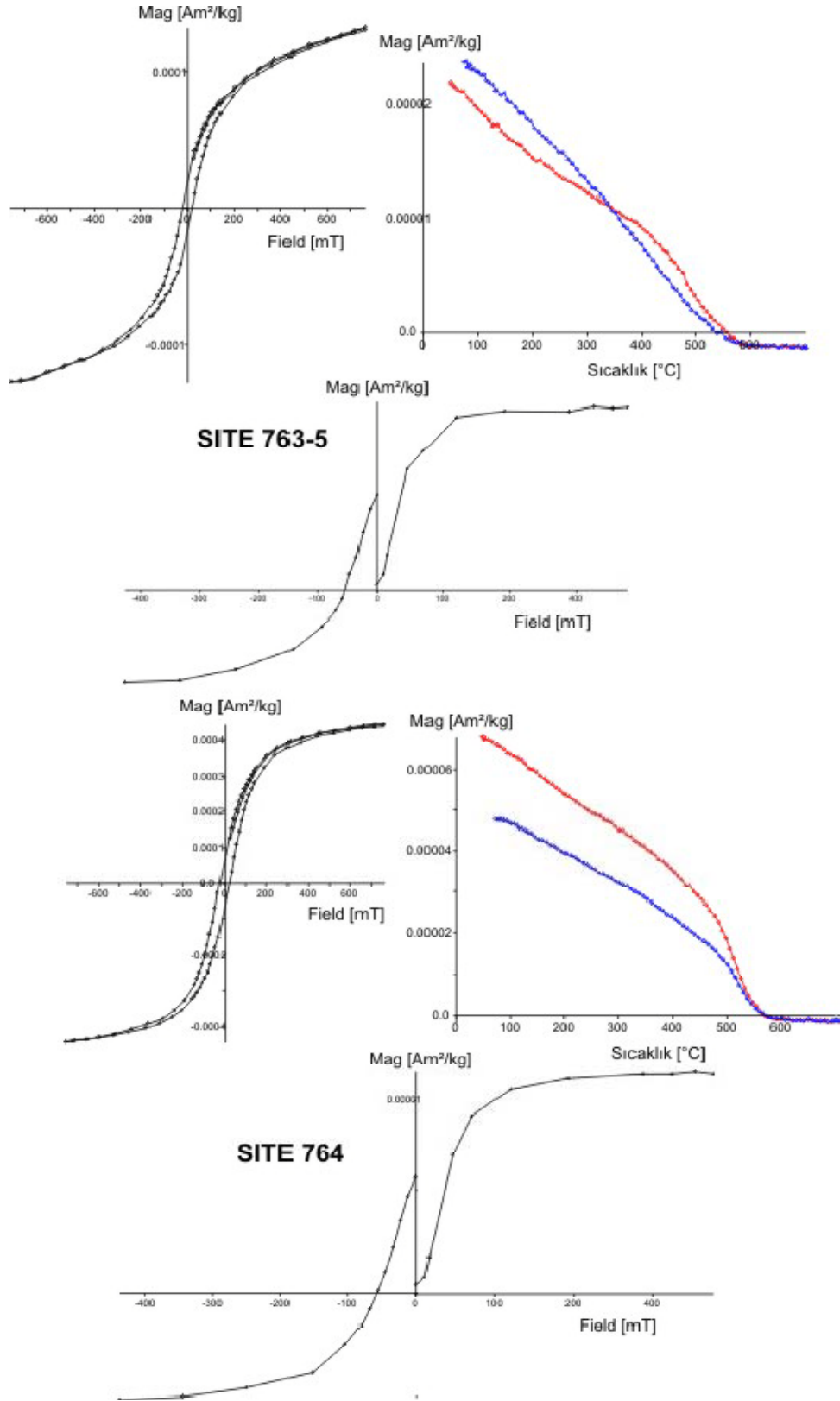
Kayaç manyetizmasına ait veriler Tablo 4.1’de özetlenerek verilmiş, Şekil 4.1-4.5’de ise gösterilmiştir. Tablo 4.2’de ise kayaç manyetizması verileri ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Termomanyetik ölçümler çoğunlukla aynı ısınma ve soğuma eğrilerine sahip olup, Curie noktaları ferromanyetik olarak düşük dereceli Ti-titanomanyetit içermektedir (Şekil 4.1-4.5). Bazı örneklerde, Curie noktası ~510°C’ye kadar düşmektedir. Bu durum Erzincan Havzası’ndaki genç volkanik kayaçların uzun süreli yarı akışkan halde bir oluşum sürecine sahip olmadığını göstermektedir. Buna karşın daha yaşlı kayaçlar 580°C’lik Curie noktalarına kadar çıkabilmektedir. Histerezis özellikleri, ferromanyetik mineralojinin ve manyetik alanın bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır: Ti-titanomanyetitler ve titanomaghemitler 300 mT ya da daha az manyetik alanlarda doymuş hale gelirken, titanomanyetitler daha yüksek manyetik alanlarda doymuş hale gelebilmektedir. Bu özellikleri ifade eden parametreler; doymuş mıknatıslanma (M_s), doymuş kalıntı mıknatıslanma (M_{rs}) ve kalıntı mıknatıslanmayı giderici güç (coercive force, H_c) şeklinde adlandırılmaktadır. M_s ve M_{rs} parametreleri varolan manyetik mineral türü ve yoğunluğundan bağımsız olarak davranmaktadır. M_s bağımsız tane boyutunu ifade ederken, M_{rs} değeri, çoklu manyetik alan (MD) değerlerinde, tek manyetik alan değerlerinden daha küçük olarak gözlenmektedir. Bu nedenle M_{rs}/M_s oranı manyetik alanların durumunu gösteren önemli bir belirteç olarak karşımıza çıkmaktadır. Eğer M_{rs}/M_s oranı <0.1 ise örnekte SD taneciklerinin baskın olduğu anlaşılır. Buna karşın eğer M_{rs}/M_s oranı >0.1 ise, örnekte küçük fakat belirgin SD taneciklerinin baskın MD topluluğu içerisinde gözlendiği anlaşılmaktadır. Eğer manyetit içerisinde sadece karışık manyetik alan (domain) değerleri gözleniyorsa ($M_{rs}/M_s = 0.2-0.5$ gibi), bu durumda $X_{md}=(0.5-(M_{rs}/M_s))/0.48$ denklemi varolan MD taneciklerinin fraksiyonununun yarı-kantitatif tahmini bir değerine ulaşacaktır.

IRM verisi de, çoğunlukla 30 mT civarında baskın titanomanyetiti göstermektedir. Titanomanyetitle karakterize edilen daha yüksek kalıntı

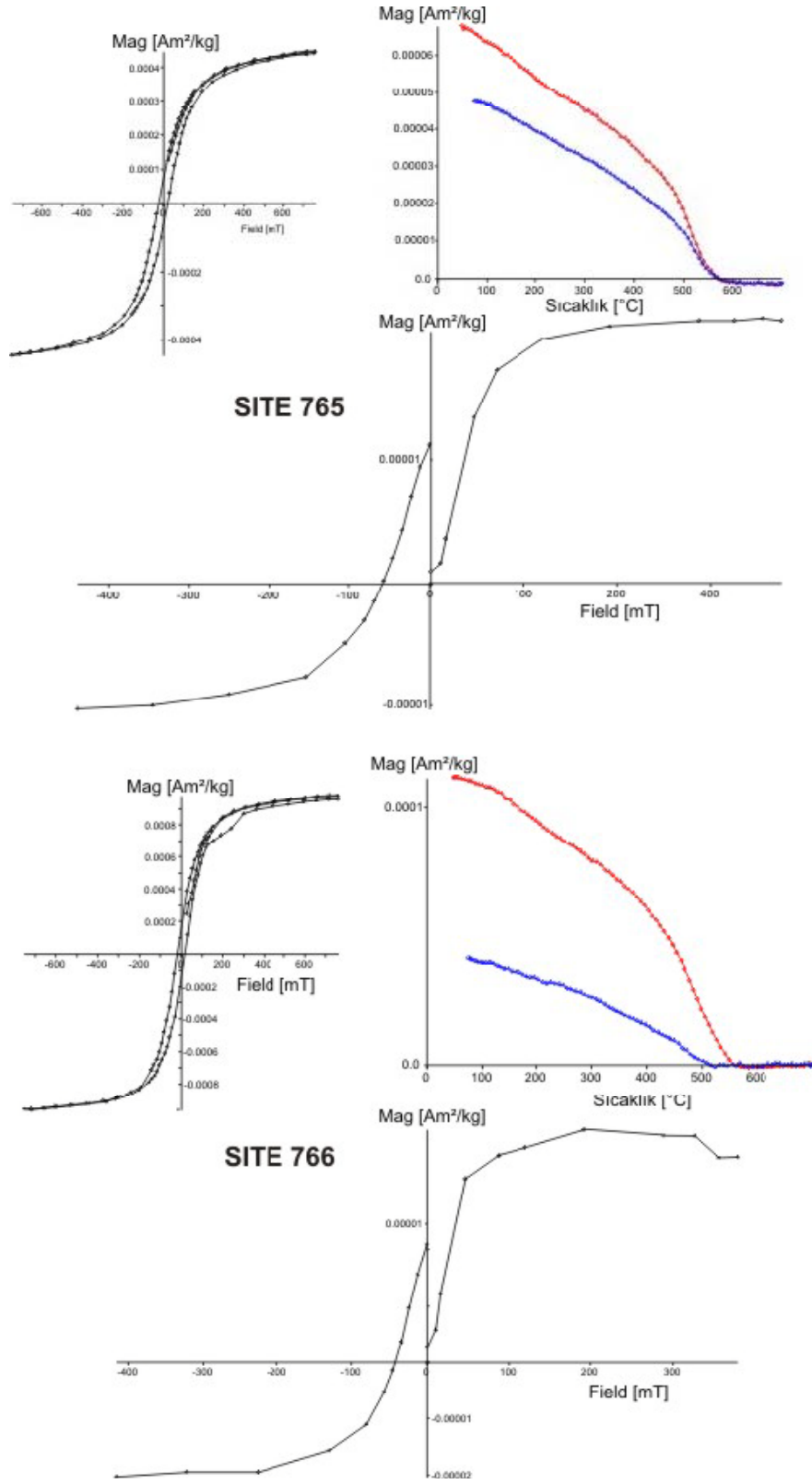
mıknatıslanma değerleri bu değerün üstüne çoğu kez çıkmamaktadır. Histerezis özellikleri titanomanyetitın manyetik alan (domain) boyutunun çoğunlukla MD olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, SD taneciklerinin belirgin fraksiyonları (% 10-40) örneklerin büyük bir çoğunluğunda demanyetizasyon sırasında gözlenen yüksek manyetik duraylılığın da nedeni olabilir. Histerezis eğrilerinde gözlenen şekiller tümüyle şişkindir. Karışık yüksek ve düşük manyetik alan bileşenlerinin genel uyum içinde gözlenmemesi, yüksek IRM özelliklerinin bulunmaması bu volkanik kayalar içerisinde hematitin varlığını işaret etmektedir.



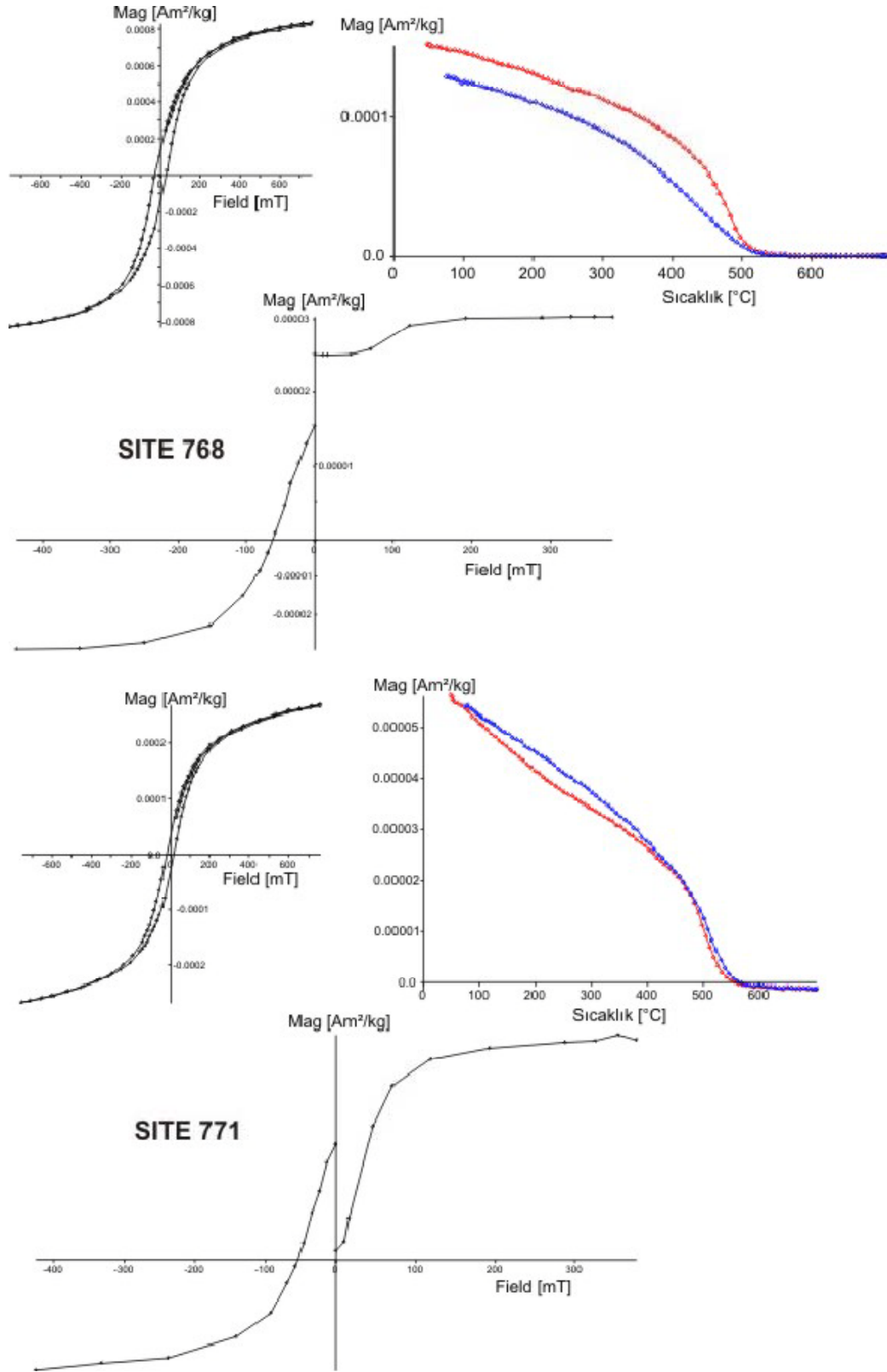
Şekil 4.1 Erzincan Havzası'ndaki örnekleme istasyonlarını temsil edici iki örneğin manyetik özelliklerini gösterir diyagramlar. Histerezis eğrisi düşük manyetik alanlarda doygunluğa erişmiş tek manyetik evre göstermektedir. Termomanyetik hesaplamalar ferromanyetik mineral olarak düşük Curie noktasına sahip Titanomanyetitlerin olduğunu göstermektedir. Kesikli çizgiler soğuma eğrileridir. IRM İleri ve geri alan eğrileri baskın olarak düşük manyetik alana sahip ferromanyetikleri, olasılıkla titanomanyetitleri işaret etmektedir.



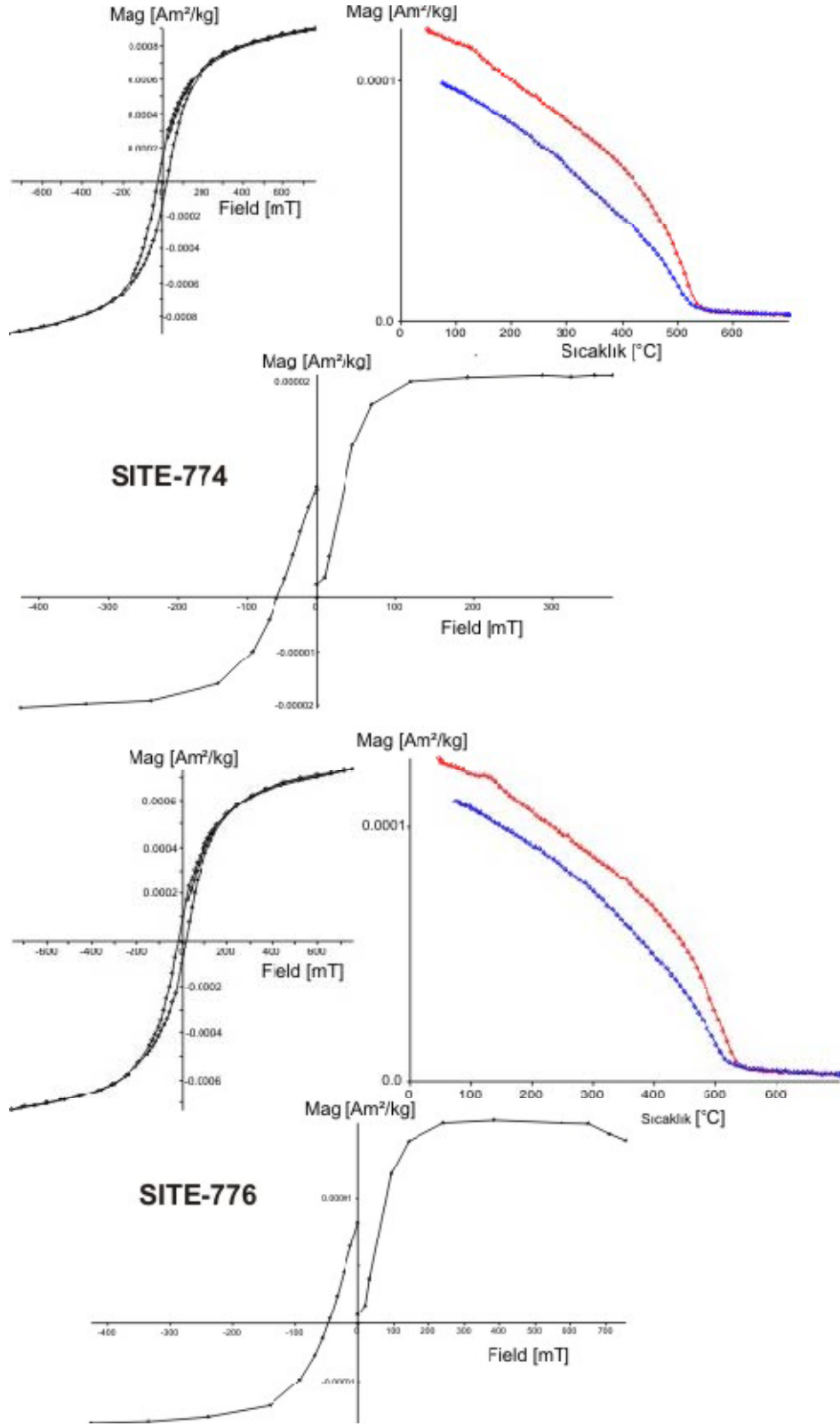
Şekil 4.2 Erzincan Havzası'ndaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar. Açıklama için Şekil 4.1'e bakınız.



Şekil 4.3 Erzincan Havzası'ndaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar. Açıklama için Şekil 4.1'e bakınız.



Şekil 4.4 Erzincan Havzası'ndaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar. Açıklama için Şekil 4.1'e bakınız.



Şekil 4.5 Erzincan Havzası'ndaki örnekleme istasyonlarına ait iki temsil edici örneğe ait manyetik özellikleri gösterir diyagramlar. Açıklama için Şekil 4.1'e bakınız.

Tablo 4.1 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan alınan bazı örneklerle ait kayaç manyetizması sonuçları.

Site	IRM		M_{rs}	M_{rs}/M_s	B_{cr}/B_c	Histerezis Eğri Şekli	Curie Nokt. (°C)
	B_{cr} (mT.)	Doygunluk @ 300 mT.					
763	53.1	0.95	1.7×10^{-5}	0.18	2.50	Pb	570
764	58.7	0.93	6.3	0.16	2.71	pb	-
765	58.7	0.93	6.3	0.16	2.72	pb	560
766	42.3	0.97	1.4	0.16	2.42	pb	550
767	53.7	0.94	9.2	0.11	3.44	pb	520
768	61.0	0.97	13.9	0.20	2.14	pb	506
769	60.3	0.97	17.1	0.21	2.06	pb	510
771	53.1	0.95	2.9	0.14	2.93	pb	530
774	55.6	0.98	12.4	0.17	2.57	pb	540
776	48.1	0.98	7.9	0.13	2.96	pb	530

Dipnot: pb = şişkin (pot-bellied) histerezis halkası; İnce belli (wasp-waisted) örnekgözlenmemiştir. B: Manyetik endüksiyon (indüklenme).

Tablo 4.2 Erzincan Havzası'ndaki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda yapılan VFTB – (Variable Frequency Translation Balance) analizlerine ait sonuçlar.

Erzincan Havzası, KAFZ, Türkiye, VFTB Analizleri																		
Örnek Verisi		Koersivite Eğrisi			Histerizis Eğrisi									Termomanyetik Eğri				
Örnek	Ağırlık [mg]	Sic./ °C	Bcr /mT	S @ 300mT	Sic./ °C	Mrs/Am2/kg	Ms/Am2/kg	Bc/ mT	Mrs/ Ms	Bcr/ Bc	Brh/ Bcr	Brh/m T	shape param	field/m T	Tc(h) °C	Tc (cool) °C	para/dia slope	diamag cont/Am2/kg
763-05	180	18	53.08	0.95	18	1.70e-005	9.30e-005	21.27	0.18	2.50	1.50	79.62	-0.63	759	570	nd	4.95e-008	-0.000014
764	160	19	58.73	0.93	19	6.34e-005	3.88e-004	21.70	0.16	2.71	1.59	93.15	-0.63	758	nd	nd	7.41e-008	-0.000020
765	180	19	58.73	0.93	19	6.34e-005	3.88e-004	21.70	0.16	2.71	1.59	93.15	-0.63	758	550	556	7.41e-008	-0.000020
766	120	19	42.31	0.97	19	1.43e-004	8.95e-004	17.48	0.16	2.42	1.84	78.06	-0.46	759	550	Nd	9.89e-008	-0.000027
767	200	19	53.70	0.94	19	9.19e-005	8.62e-004	15.63	0.11	3.44	1.52	81.59	-0.91	758	520	526	1.16e-007	-0.000030
768	190	19	61.03	0.97	19	1.39e-004	7.02e-004	28.52	0.20	2.14	1.32	80.51	-0.94	759	280	506	1.71e-007	-0.000045
769	250	19	60.33	0.97	19	1.71e-004	7.98e-004	29.26	0.21	2.06	1.22	73.86	-1.05	757	510	526	1.70e-007	-0.000044
771	220	19	53.11	0.95	19	2.94e-005	2.10e-004	18.11	0.14	2.93	1.56	83.01	-0.73	757	530	545	7.71e-008	-0.000021
774	140	19	55.62	0.98	19	1.24e-004	7.24e-004	21.60	0.17	2.57	1.43	79.50	-0.87	757	540	527	2.29e-007	-0.000057
776	180	10	48.07	0.98	19	7.92e-005	6.27e-004	16.25	0.13	2.96	1.53	73.56	-0.93	757	530	516	1.28e-007	-0.000029

4. 2. Erzincan Havzası Volkanik Kayaçları AMS Doku Çalışması

Manyetik yöntemde, yön bağımlı davranışlar gözlenir. Çoğunlukla vektörle tanımlanan davranışlar nedeniyle manyetik alan ve diğer türdeki vektörel büyüklükler olarak tanımlanır. Ancak manyetik duyarlılık yön bağımsızdır, skaler bir büyüklüktür. Farklı nedenlerle yön bağımlı hale gelir, yani anizotropi gösterir. Genellikle, manyetik duyarlılık anizotropisi (AMS, anisotropy of magnetic susceptibility) ve kalıntı mıknatıslanma anizotropisi (AIRM, anisotropy of isothermal remanent magnetization; AARM, anisotropy of anhysteretic remanent magnetization; v.b.) arasında bir ayırım yapılabilir.

Lavlarda AMS (Anisotropy of Magnetic Susceptibility) doku çalışmaları, halen çok yaygın olarak kullanılmamakla birlikte son yıllarda yapılmış bazı çalışmalar bulunmaktadır (Knight ve Walker, 1988, MacDonald ve Palmer, 1990). Erzincan Havzası'ndaki genç volkanik kayaçlara ait lavlar zayıf dokusal özellik göstermektedir. Bu değerler çoğunlukla <1.1 ya da % 10 civarındadır ve tahmini elipsoid izleri hemen hemen nötrdür. Lavların, kuvvetli düzlemsel (oblate=planar) ya da çizgisel (prolate=linear) doku özelliği bulunmamaktadır. Bir çok örnekleme istasyonunda k_1 , k_2 ve k_3 eksenleri belirgin gruplanma göstermektedir (Tablo 4.3). Bu dağılımlara elipsoidleri yerleştirmek yerine, baskın eksen yönleri tahmin edilerek, bunlar Tablo 4.3'te listelenmiştir. Bunun yanısıra, bu yönlerin çift kutuplu (bipolar) olduğunu unutmamak gerekir. Bu nedenle örneğin, $186^\circ/15^\circ$ değeri, $6^\circ/-15^\circ$ değeri ile aynıdır. Genellikle, k_1 değeri (■) akıntı yönünü göstermektedir. Çünkü, lavların viskoz akışı kıvrılmaya ve oksit tanelerinin uzanımına uygundur. Fakat bu yönelim her zaman gerçekleşmeyebilir. Bazen, diğer iki eksen bir kuşak halinde akış yönünde yönlenebilir. Bununla birlikte, bazen k_2 (▲) yada k_3 (●) akış yönünde olabilmektedir. Öte yandan, doku değerlerinin silindir karot örnekleri üzerinde ölçülmesinden dolayı, bazı karotlarda aynı zamanda eksenin terslendiği de görülmektedir. Örneğin; bazı karotlarda k_3 yönleri, k_1 ya da k_2 ile karışmış durumdadır.

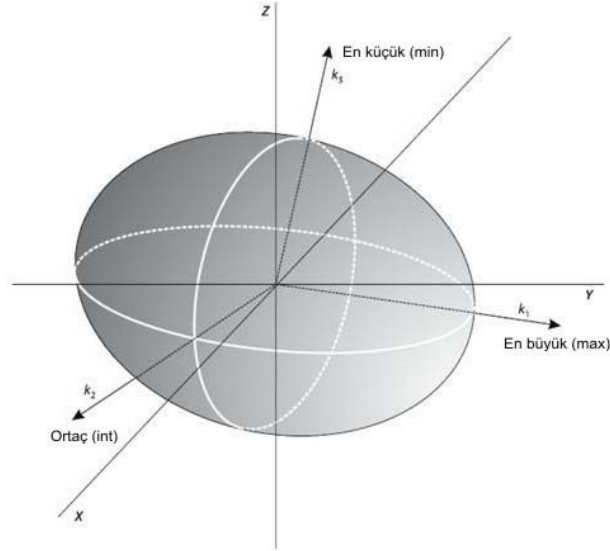
Akıntı yönünün kabaca yatay olması beklenir. Bu nedenle Tablo 4.3 deki düşük inklinasyon değerlerine sahip yönler lavların akış düzlemlerine paralel yönler olmalıdır. Eğer kuşak oluşumu söz konusu ise bu durum akış yönünün bulunmasına yardımcı olur. Bu durumda, Tablo 4.3'de koyu renkle işaretlenen değerler, lavların

olası akış yönünü göstermektedir. Bu değerlerin lavların çıktığı konilerin jeolojik-jeomorfolojik konumları ile karşılaştırılması önemlidir.

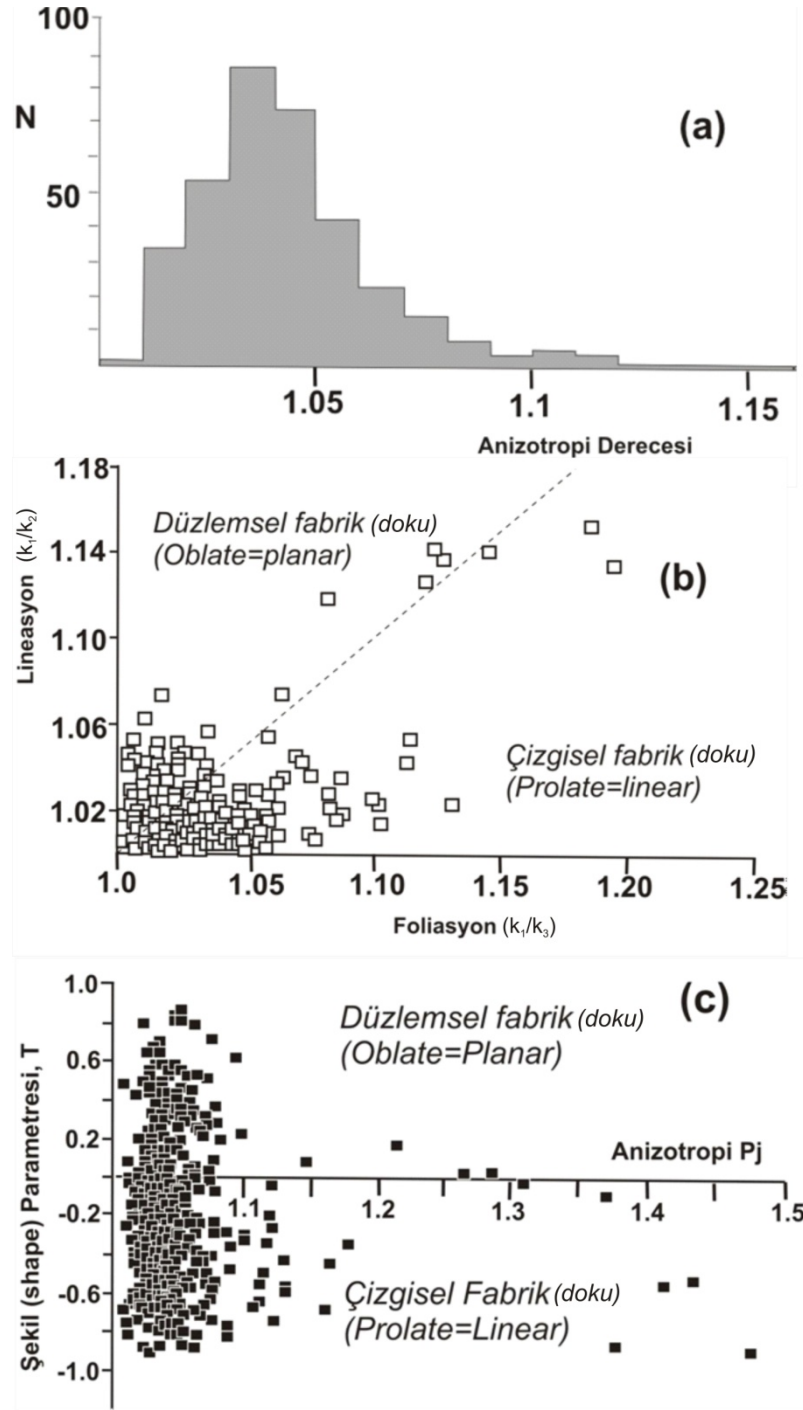
Tablo 4.3 Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalardan elde edilen k_1 , k_2 ve k_3 eksenlerine ait AMS değerleri.

Site No	k_1 (Maksimum) (■)	k_2 (Ortaç) (▲)	k_3 (Minimum) (●)
763	30/40	190/35	95/5
764	5/5	95/45	270/45
765	90/55	-	205/20
766	130/25	240/40	15/65
767	5/10	95/0	135/80
768	245/5	140/30	-
769	160/85	55/5	300/20
770	140/15	60/40	255/55
771	90/50	28/40	15/0
772	130/0	240/40	35/80
773	30/5	115/10	-
774	85/0	195/10	290/50
775	Dağılık yönler		
776	225/0	-	130/10
777	240/70	110/15	10/0
778	40/55	160/20	250/25
779	190/15	-	210/40
780	175/55	285/5	25/25
781	80/5	130/65	345/25
782	235/25	85/25	-
783	80/0	320/85	170/0
784	220/20	-	85/65
785	150/60	280/30	10/25
786	80/80	-	290/20
787	45/45	335/0	230/55
788	190/20	110/10	-
789	190/15	105/0	30/70
790	110/65	330/20	270/20
813	80/10	-	165/20
814	290/10	225/15	-
815	110/65	230/5	320/20
816	215/20	100/70	-
817	140/10	230/0	330/75
819	Dağılık yönler		
820	120/0	50/10	190/70
826	Dağılık yönler		
827	185/15	120/10	-

Manyetik Duyarlılık Anizotropisi (AMS) ortogonal maksimum (k_1 veya k_{max}), ortaç (k_2 veya k_{int}) ve minimum (k_3 veya k_{min}) eksenleri ile tanımlanan üç eksenli bir elipsoidle tahmin edilmektedir (Şekil 4.6). Bu elipsoidin oluşumunu tanımlamak için kullanılan değişik parametreler vardır. Bunlar lineasyon (L) (k_1/k_2), foliasyon (F) (k_2/k_3) ve anizotropi dereceleridir (P) (k_1/k_3). Gravite akışları ile oluşan volkanik ve viskoz magmatik kayalarda çok yaygın olarak gözlemlendiği üzere, anizotropi değerleri oldukça düşüktür (Tarling ve Hrouda, 1993) ve çoğunlukla % 5'in altındadır (Şekil 4.7a). Elipsoid şekilleri nötr, fakat çoğunlukla düzlemsel (oblate=planar) değil, çizgisel (prolate=linear) biçimlidir. Bu durum en iyi şekilde, düzeltilmiş anizotropi değeri (P_j) ile şekil parametresinin (shape parameter, T) birlikte gösterildiği grafikte (Şekil 4.7c) gözlenmektedir. Grafikteki, $T = (2\eta_2 - \eta_1 - \eta_3) / (\eta_1 - \eta_3)$ ve η değerleri duyarlılığın doğal logaritmasını göstermektedir (Jelinek, 1981; Hrouda, 1982). Bu grafik (Şekil 4.7c), Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen genç volkanik kayalardaki düşük dereceli ve kutuplara doğru uzamış doku özelliği gösteren bir anizotropiyi ifade etmektedir. Bununla birlikte birkaç örnek, daha yüksek anizotropi değerleri göstermektedir.



Şekil 4.6 Manyetik duyarlılık anizotropisi üç eksenli ($k_1 > k_2 > k_3$) bir elipsoidle ifade edilir (Lanza ve Meloni, 2006).



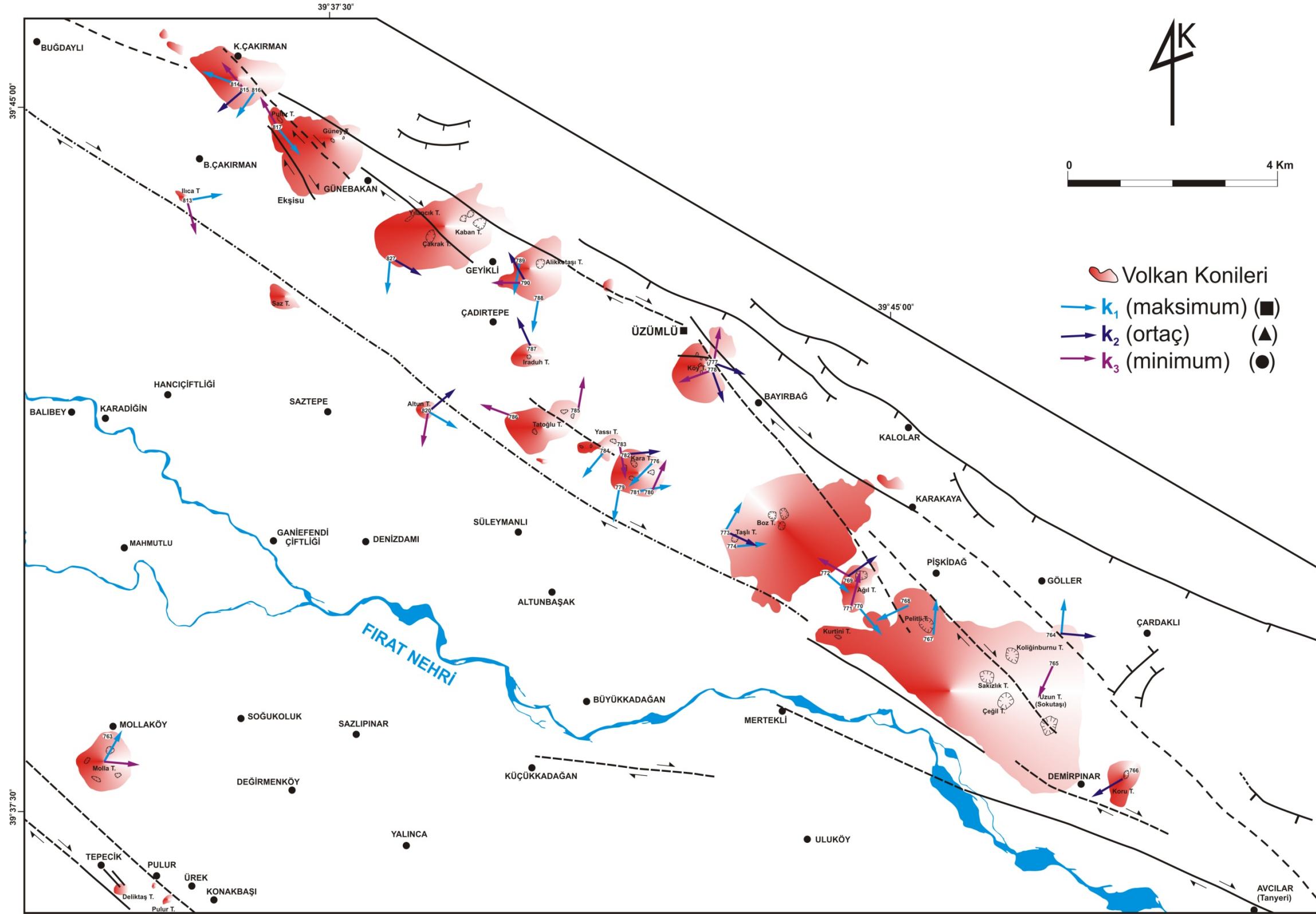
Şekil 4.7 (a) Erzincan Havzası'ndaki lav akıntılarının elipsoid AMS özelliklerini ve anizotropi derecesinin yoğunluk dağılımını gösteren diyagram. (b) Foliasyon-lineasyon diyagramı; eğimli kesik çizgi düzlemsel (oblate) ve çizgisel (prolate) dokuyu birbirinden ayırmaktadır. (c) Düzeltilmiş anizotropi derecesi-şekil parametresi diyagramı (Jelinek, 1981); yatay eksen düzlemsel (oblate) ve çizgisel (prolate) dokuyu birbirinden ayırmaktadır.

Çizgisel (prolate=linear) doku özelliği lavlarda çok yaygın bir özellik değildir (Tarling ve Hrouda 1993). Bununla birlikte Erzincan Havzası'ndaki lav akıntılarında bu özelliğin göze çarpması, olasılıkla yüksek eğimli koni yamaçlarından borumsu, aşağıya doğru bir akışın varlığını işaret etmektedir. Lav akıntılarında gözlenen doku genelde düşük oranlarda titanomanyetit tanecikleri şeklindedir; bunlar eğer kısmi olarak kristalize olurlarsa, lavlar içerisindeki akıntularla birlikte yönelim kazanabilirler. Bu durum çoğu kez soğumanın hızlı olduğu ve soğuma sonrası oluşan dokunun genelde önemli olmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, AMS yönelimi ile akıntı yönü arasındaki ilişki ile ilgili uzun zamandan bu yana belirsizlik bulunmaktadır. Mekanik modeller k_{max} değerinin akıntı yönüne dik olduğunu göstermektedir (Khan, 1962), bununla birlikte deneysel modeller ve arazi çalışmaları ise k_{max} değerinin daha çok akıntı yönüne paralel yöneldiğini göstermektedir (Wingfatt ve Stacey, 1966, Knight ve Walker, 1988, MacDonald vd., 1992). En son çalışmalar, elipsoid yönelimi ile bunun akış rejimi arasındaki ilişkisinin karmaşıklığını ortaya koymaktadır (Canon-Tapia, 2004).

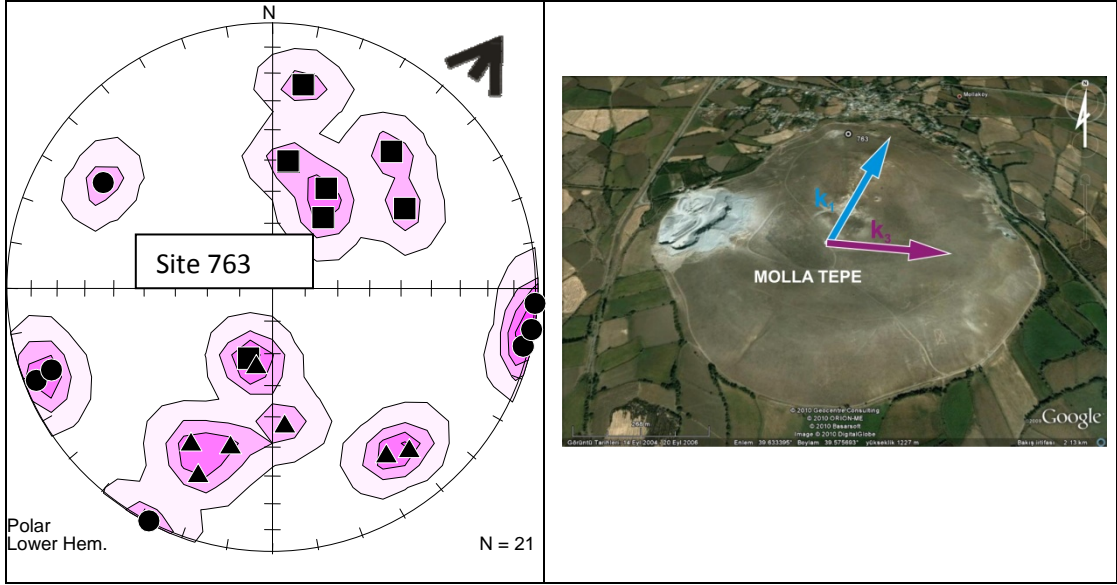
Bu çalışmada, az miktarlardaki lav akıntılarının koni ağzlarından püskürerek eğimli koni yamaçlarından aşağıya doğru aktığını görmekteyiz. Bu durum hem AMS değerleri hem de arazide yapılan çalışmalarda da çok belirgindir. Bu akıntılardan dokuyu (fabric), eski akıntı yönüne (paleohorizontal) çevirerek saptamak mümkün değildir. Bununla birlikte, genç yüzey şekillerinin korunmuş olması akıntı yönünün saptanmasını kolaylaştırmaktadır. Bu şekilde, genç yüzey şekilleri ve AMS doku yönelimlerinden yola çıkarak Erzincan Havzası'nda yüzeyleyen genç volkan konilerinde akıntı yönleri deneysel modeller ve arazi çalışmaları ışığında, saptanmaya çalışılmıştır. Şekil 4.8'de Erzincan Havzası'ndaki volkan konilerine ait lavların örnekleme noktalarındaki yamaç aşağı akıntı yönleri harita üzerinde gösterilmektedir. Şekil 4.9 ile Şekil 4.30 arasında ise her bir istasyondan AMS çalışmaları ile elde edilen doku yönelimleri ile bu istasyonlara ait uydu görüntüleri birlikte değerlendirilerek, akıntı yönleri irdelenmeye çalışılmıştır. Bu diyagramlarda doku yönelimleri maksimum (kare), ortaç (üçgen) ve minimum (daire) elipsoid eksenleri ile gösterilmiş olup, tüm örnekleme istasyonları birbiriyle uyumlu paleomanyetik sonuçlar vermektedir (Tablo 3.3). Şekil 4.8'de değişik örnekleme istasyonlarındaki volkanik kayalardan elde edilen AMS değerleri (akıntı yönleri)

incelendiğinde, kabaca doğu-batı olan birkaç örnek haricinde, konilerdeki akıntı yönlerinin büyük bir çoğunluğunun kuzeye ya da güneye doğru olduğu görülmektedir. Bölgede yer alan 10 ayrı lav akıntısına ait k_{max} eksenlerinin çok nadir eksen terslenmesi ile, akıntı yönüne (763, 764, 770, 772, 778, 783, 785, 787, 790 ve 817) yakın olduğu gözlenmektedir. Diğer 13 örnek ortaç ve minimum eksen yönleri ile çok açık bir yönelim göstermemektedir ve çoğunlukla k_{max} değeri bir kuşakla çevrelenmiş halde, elipsoidin doğrusal (çizgisel-prolate) yönelimini gösterir halde gözlenir. İki örnek [820 (6 nolu koni) ve 826 (5 nolu koni)] koni zirvesine yakın bir yerden alındığı için doku (fabrik) yönelimleri neredeyse düzenlidir ve dolayısıyla akıntı yönleri çok belirgin değildir (Şekil 4.20 ve Şekil 4.21).

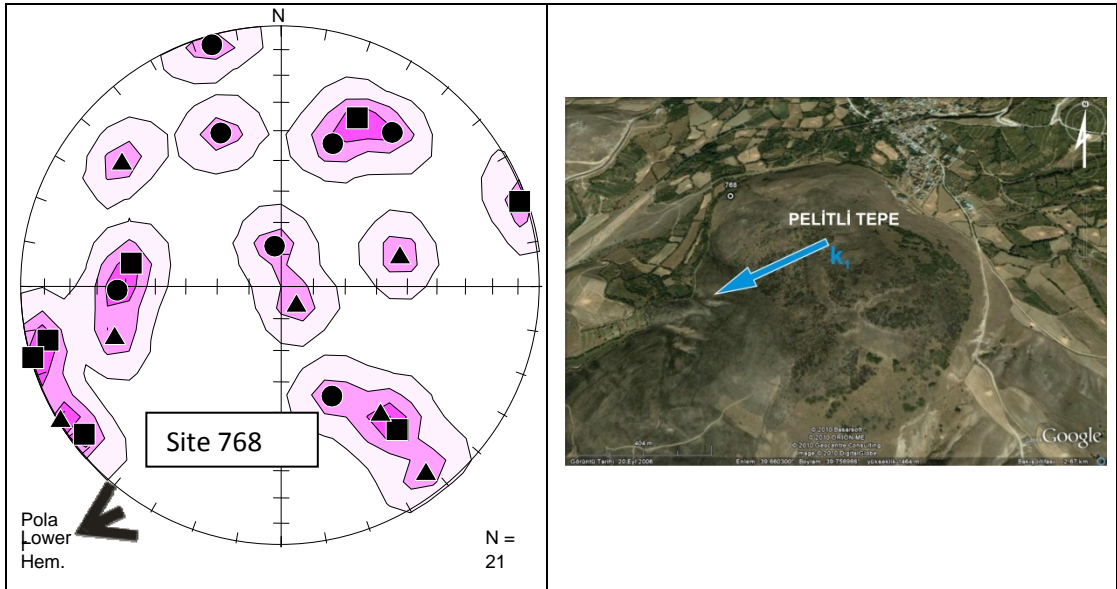
Bu nedenle, Erzincan Havzası'nda yer alan lav akıntılarında, AMS verileri ile akıntı yönü ve tane dizilimleri arasındaki ilişki oldukça karmaşık gözükmektedir. Bu durum olasılıkla hem bu akıntıların hacimsel olarak az olması hem de bu lavların eğimleri yaklaşık 30° 'yi bulan koni yamaçlarından akışlarındaki karmaşıklıktan kaynaklanmaktadır.



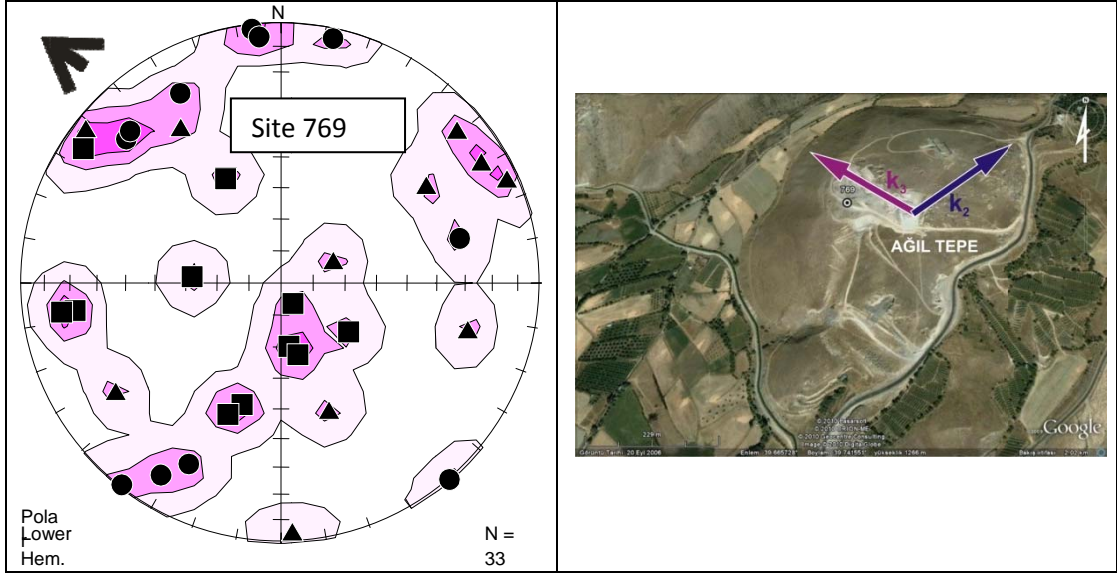
Şekil 4.8 Erzincan Havzası'ndaki volkan konilerine ait lavların akıntı yönlerini gösteren harita. Oklar akış yönlerini göstermekte olup, bu akış yönleri volkanik konilerin topografik konumu ve her bir istasyona ait kontur dağılımlarından saptanmıştır.



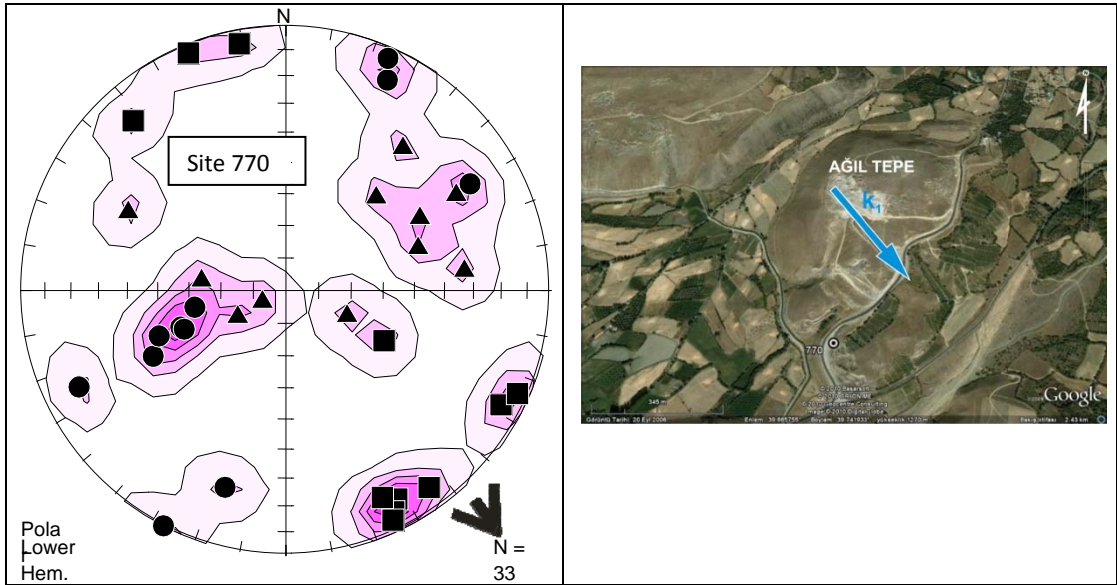
Şekil 4.9 Molla Tepe konisindeki 763 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



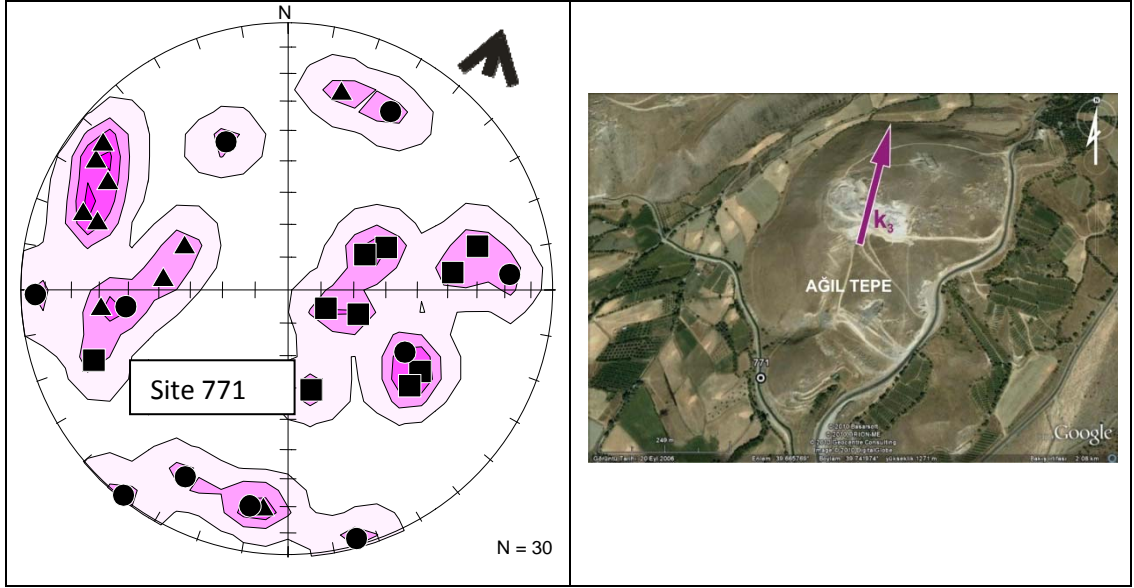
Şekil 4.10 Pelitli Tepe konisindeki 768 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



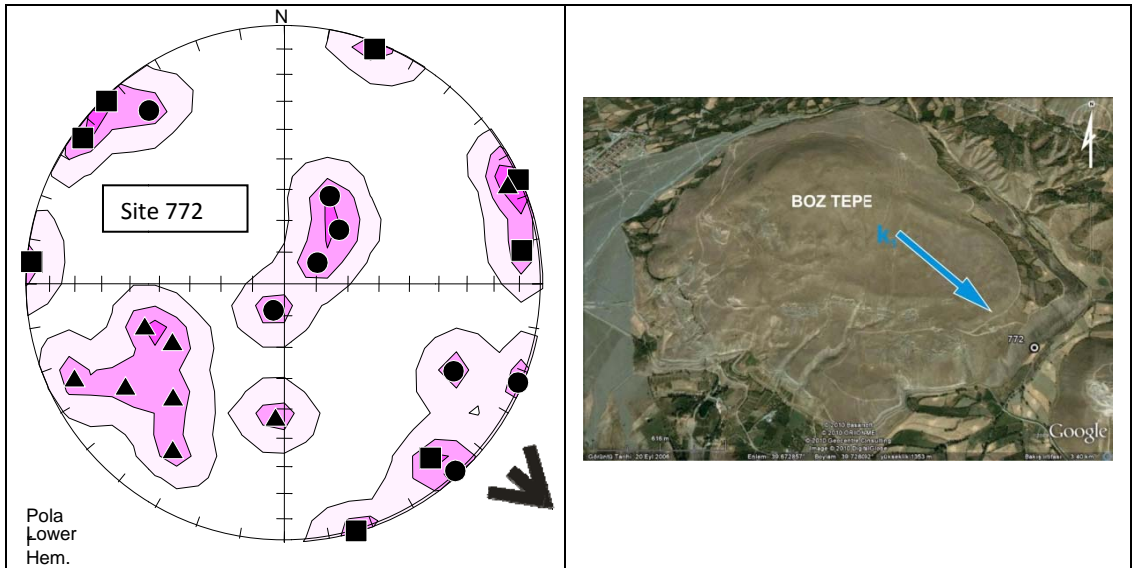
Şekil 4.11 Ağıl Tepe konisindeki 769 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



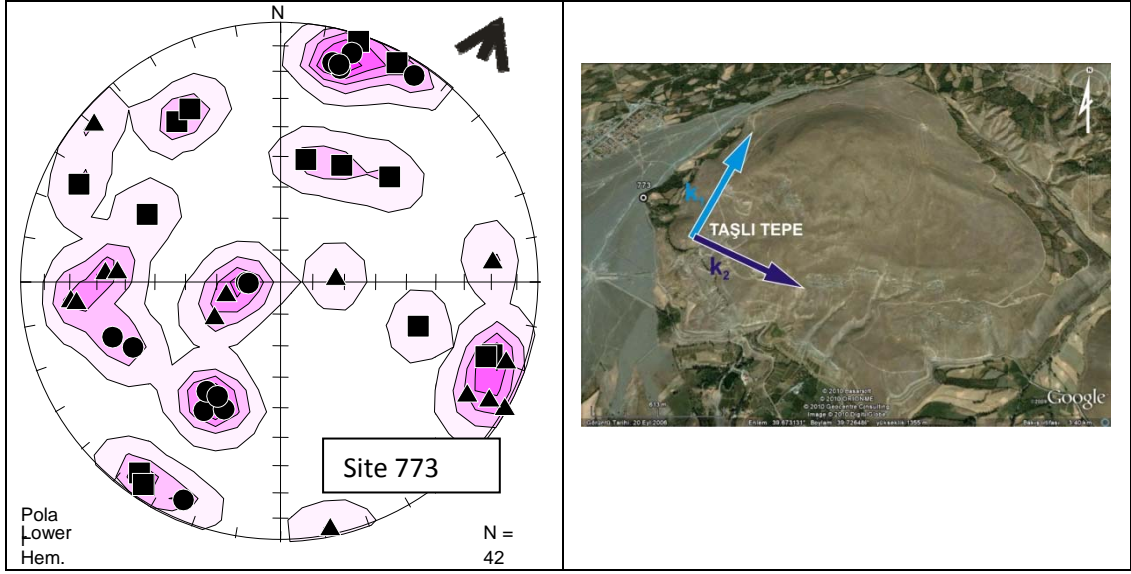
Şekil 4.12 Ağıl Tepe konisinin güney yamacından alınan 770 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



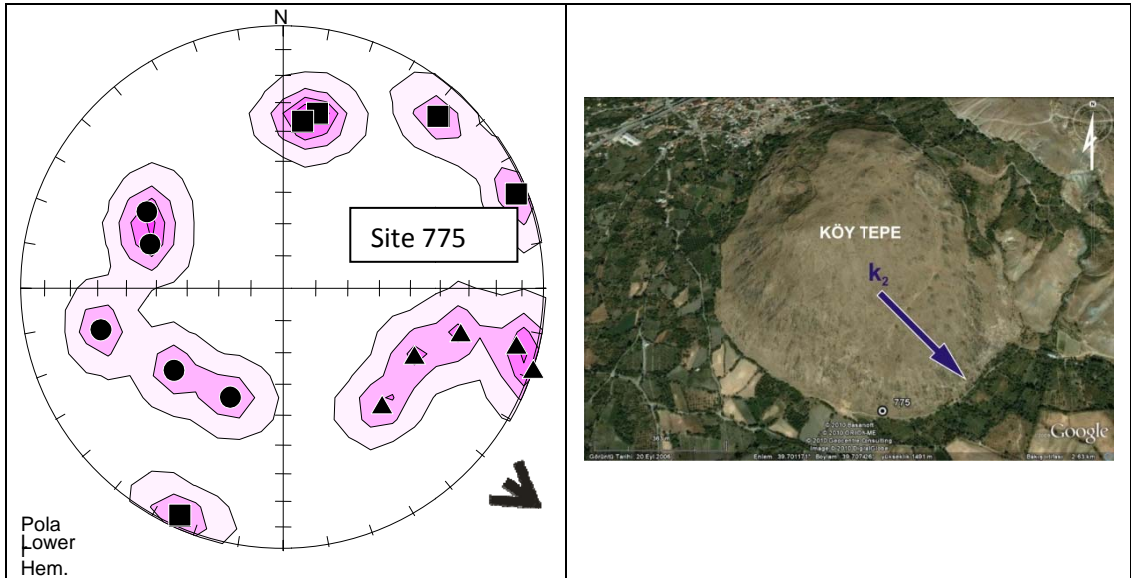
Şekil 4.13 Ağıl Tepe Konisinin GB yamacından alınan 771 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



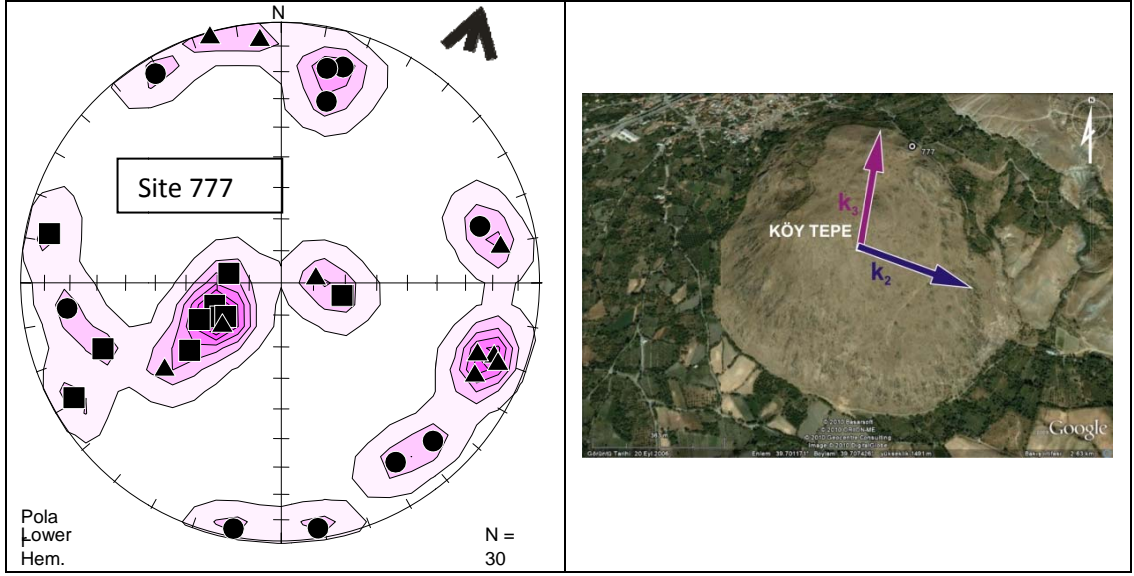
Şekil 4.14 Boz Tepe konisindeki 772 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



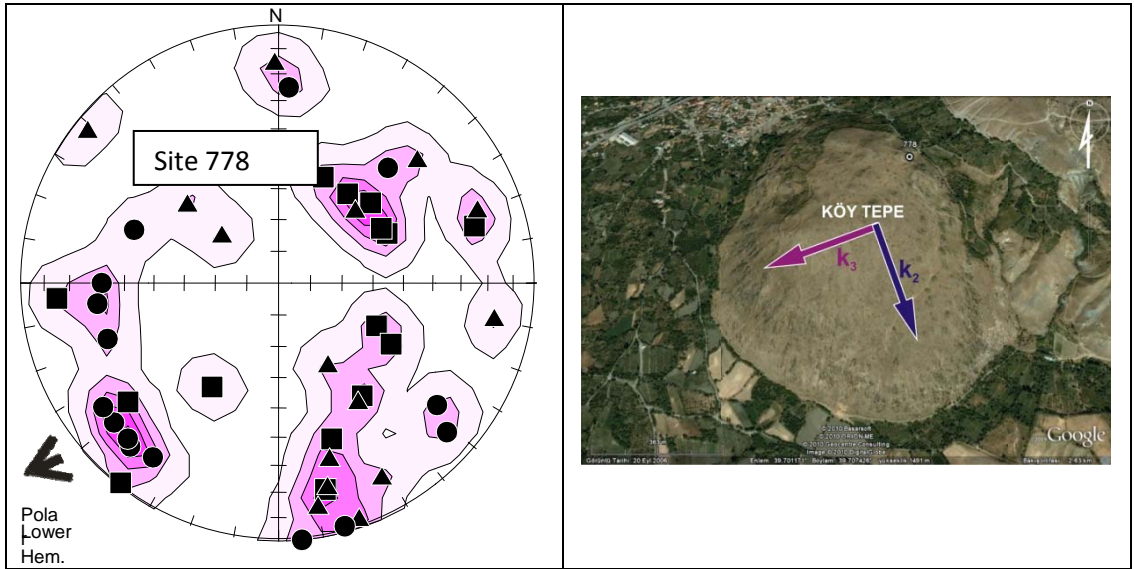
Şekil 4.15 Taşlı Tepe konisindeki 773 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



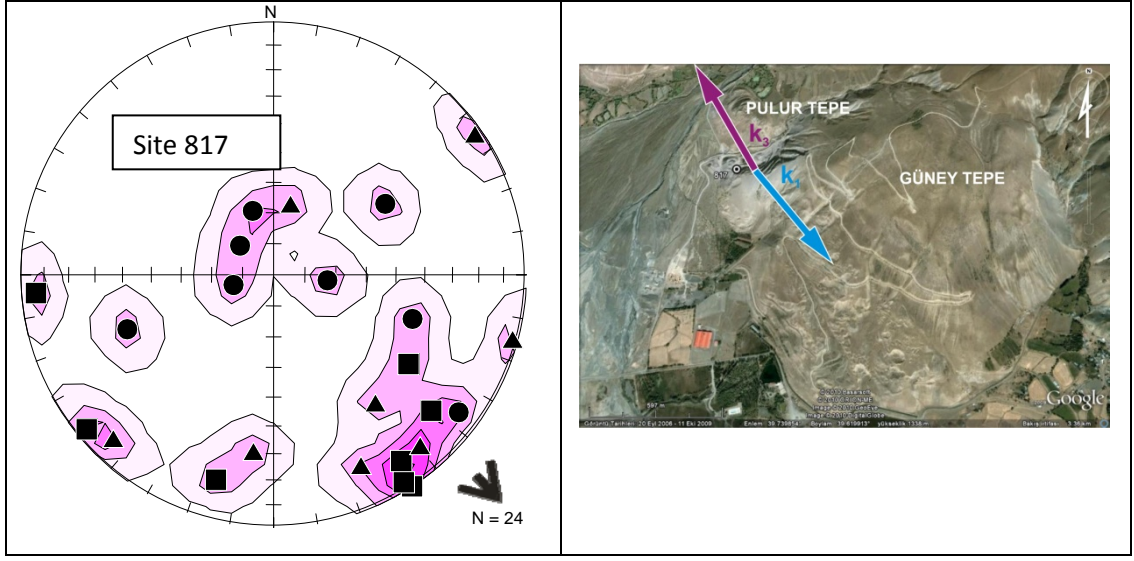
Şekil 4.16 Köy Tepe Konisindeki 775 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



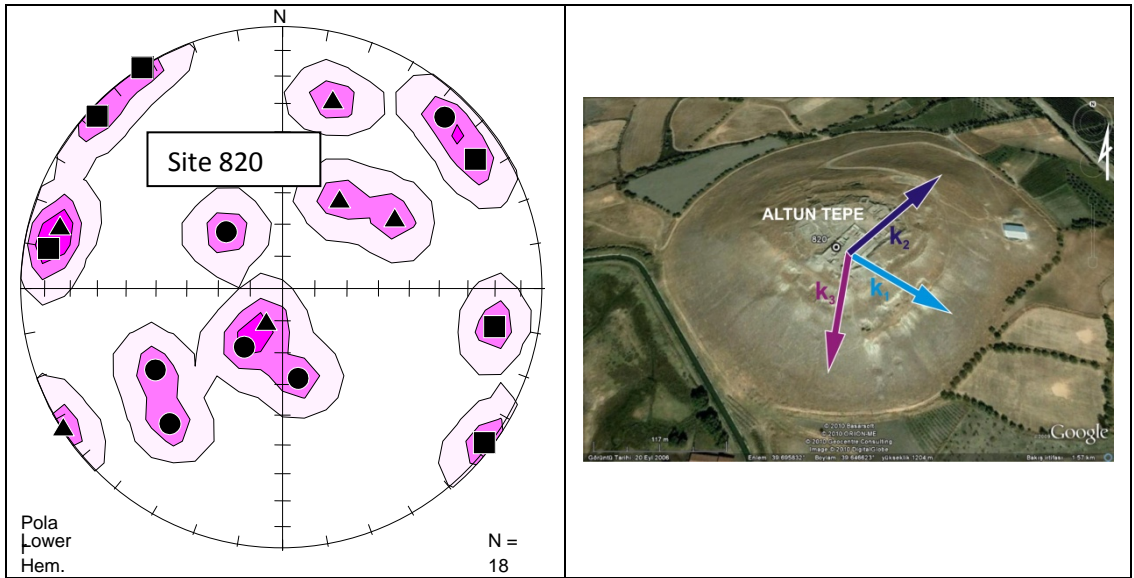
Şekil 4.17 Köy Tepe konisinin KD'sundan alınan 777 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



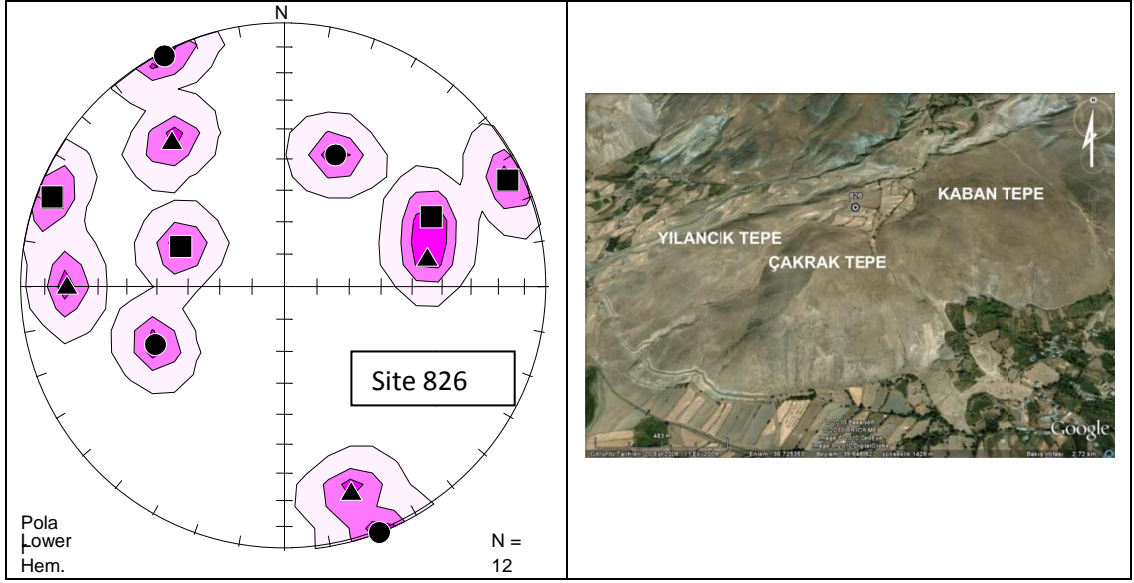
Şekil 4.18 Köy Tepe Konisinin KD'sundan alınan 778 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



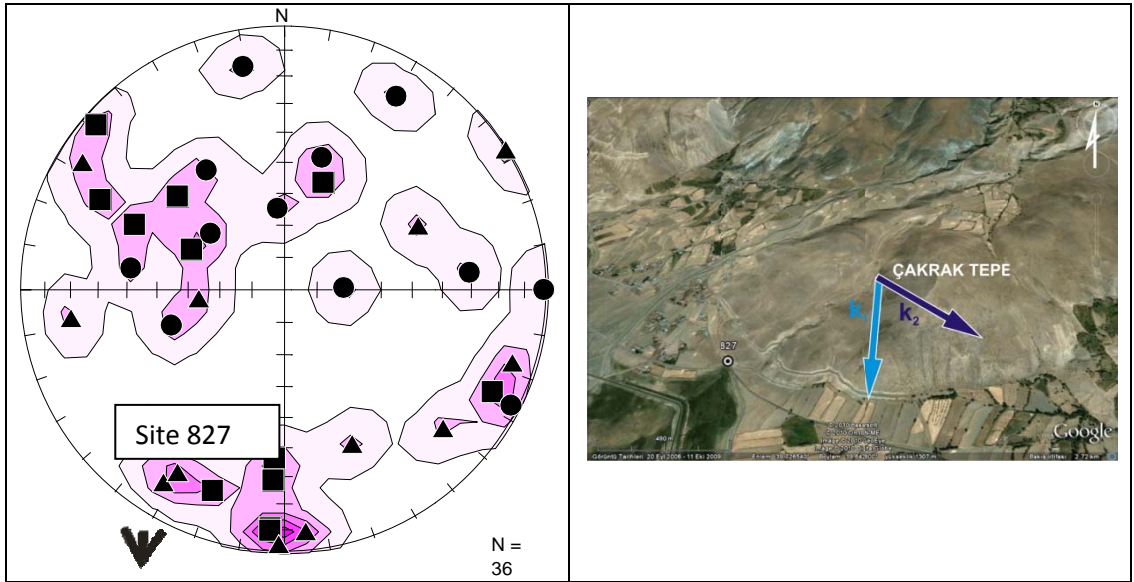
Şekil 4.19 Pulur Tepe Konisindeki 817 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



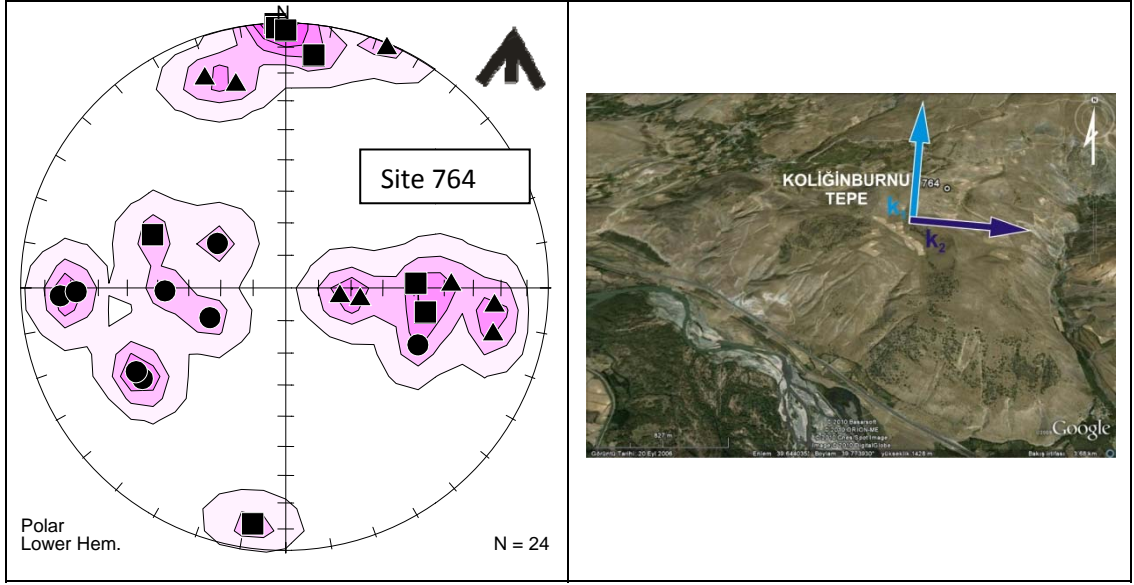
Şekil 4.20 Altın Tepe konisindeki 820 nolu örneğin AMS doku verilerini gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Bu örnekten elde edilen doku verileri, akıntı yönü ile ilgili belli bir yönlenmeyi göstermemektedir.



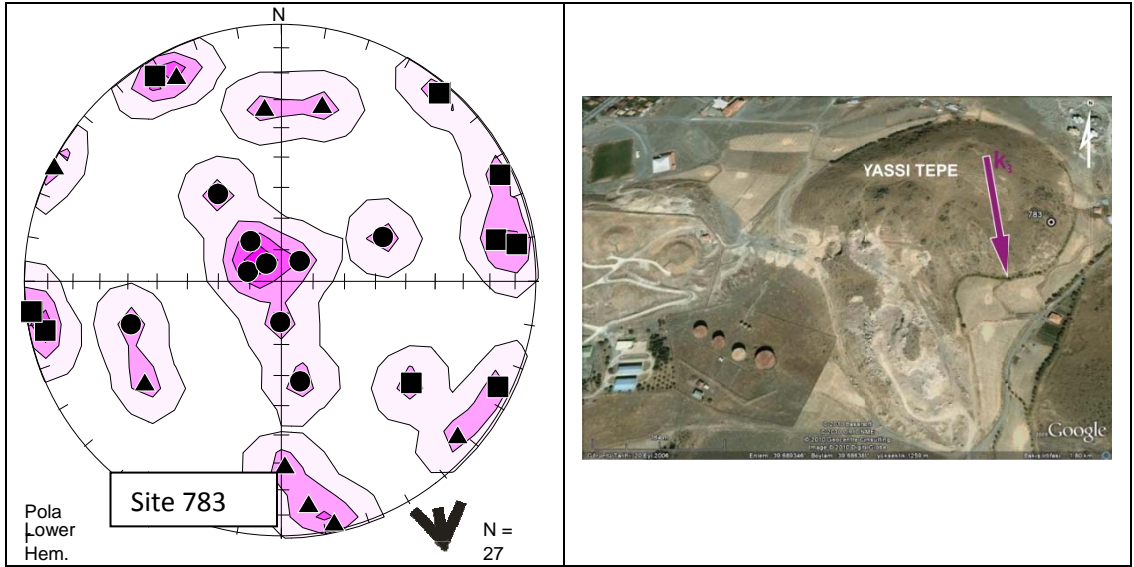
Şekil 4.21 Çakrak Tepe konisindeki 826 nolu örneğin AMS doku verilerini gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Bu örnekten elde edilen doku verileri, akıntı yönü ile ilgili belli bir yönlenmeyi göstermemektedir.



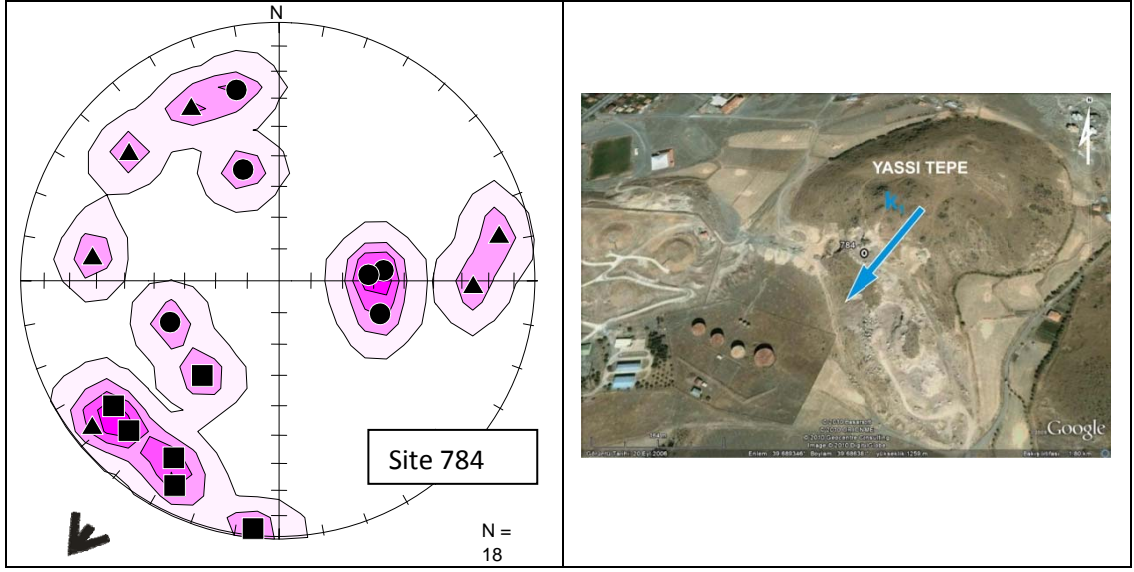
Şekil 4.22 Çakrak Tepe konisindeki 827 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



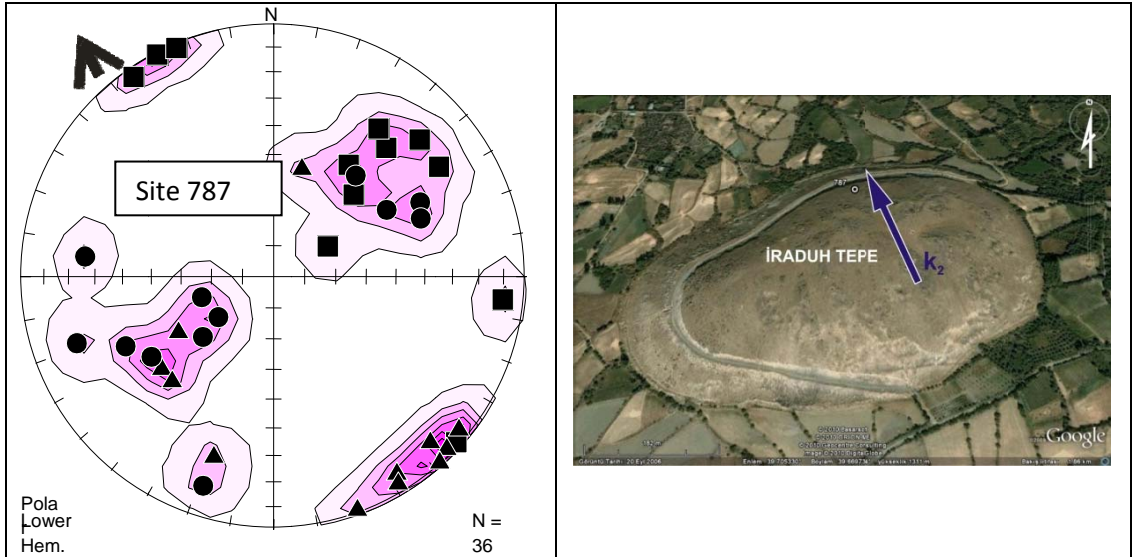
Şekil 4.23 Koliğınburnu Tepe'deki 764 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



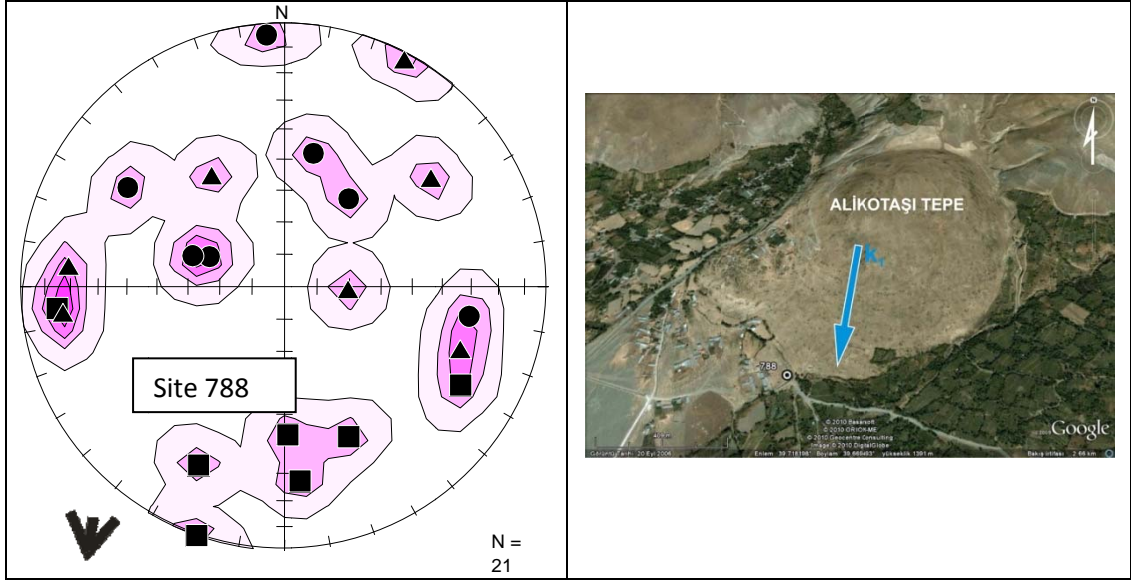
Şekil 4.24 Yassı Tepe konisindeki 783 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



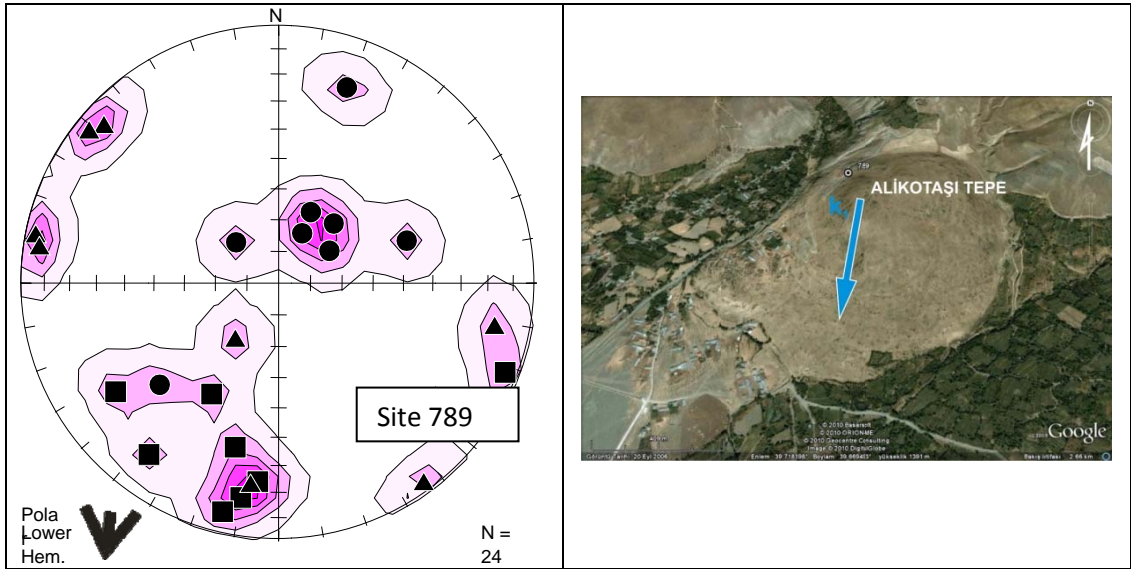
Şekil 4.25 Yassı Tepe konisi batısındaki 784 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



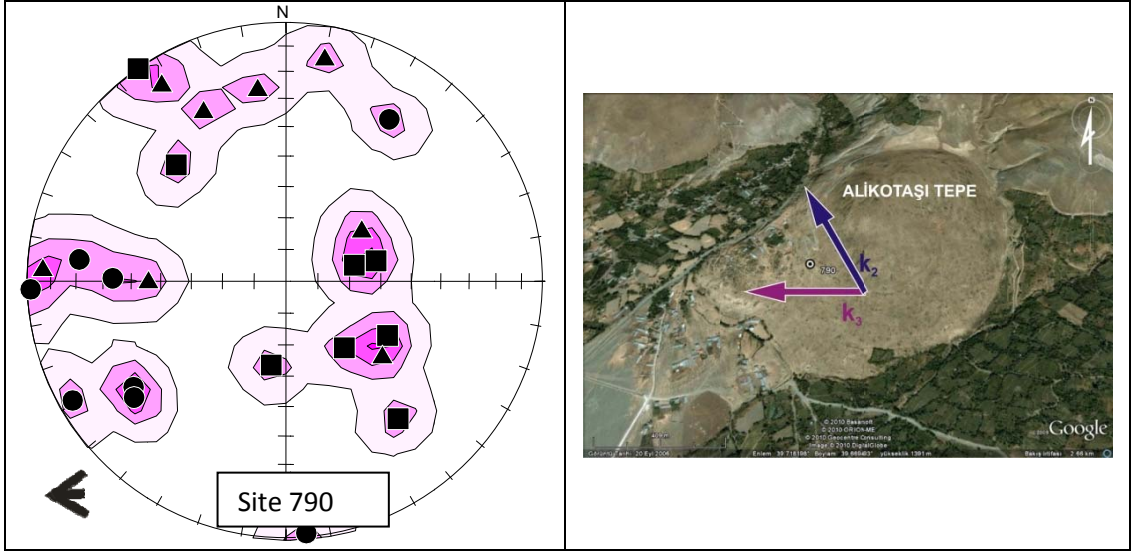
Şekil 4.26 İraduh Tepe konisindeki 787 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



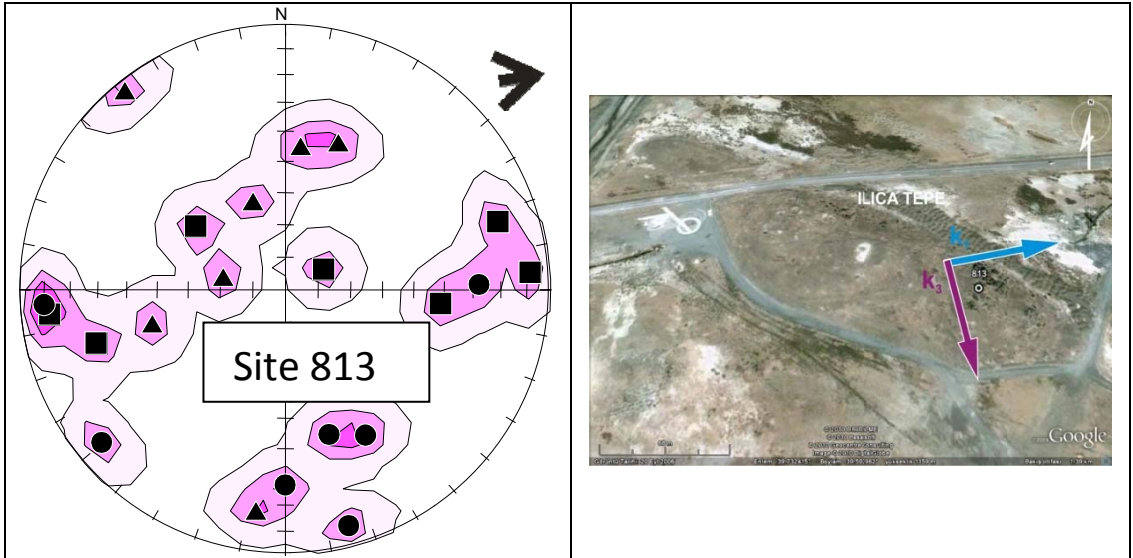
Şekil 4.27 Alikotaşı Tepe konisindeki 778 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



Şekil 4.28 Alikotaşı Tepe konisindeki 789 nolu örneğin edilen AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



Şekil 4.29 Alıkotaşı Tepe konisindeki 790 nolu örneğin AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur diyagramı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.



Şekil 4.30 Ilıca Tepe'den alınan 813 nolu örnekten elde edilen AMS doku verilerine göre akıntı yönünü gösterir kontur dağılımı ve örnekleme istasyonuna ait genel uydu görüntüsü. Oklar olası akıntı yönünü göstermektedir.

BÖLÜM 5

ERZİNCAN HAVZASINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN JEOFİZİK (GRAVİTE VE MANYETİK) ÇALIŞMALARI

Kuzey Anadolu Fay Zonu'na (KAFZ) bağlı olarak çek-ayır havza niteliğinde gelişmiş Erzincan Havzası içerisinde, özellikle kuzey kenarı boyunca yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar yer almaktadır. Havza içerisinde yüzeyleyen bu genç volkanik kayaların paleomanyetik yöntemlerle incelenmesi, bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Ancak havza dolgusunu oluşturan genç çökellerin içerisinde bugün herhangi bir morfolojik ve jeolojik belirtisi saptanamayan, özellikle tarihsel dönemde oluşmuş depremler sonucunda gelişen yüzey kırıklarının uzanımlarının saptanabilmesi ve bunların paleomanyetik yöntemlerle elde edilen sonuçlarla denetlenilerek daha sağlıklı veriler üretilmesi için, bu çalışma kapsamında paleomanyetik yöntemlere ek olarak, jeofizik (gravite ve manyetik) çalışmalarının da yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Bu amaçla, bölgeye ait Rejijonal Gravite Harita sayısal veriler MTA Genel Müdürlüğü'nden satın alınmıştır. 1/100.000 ölçekli İ-42 ve İ-43 paftalarını kapsayan bölgeye ait Rejijonal Gravite (Bouguer anomali) Haritaları (Grid aralığı 1 Km) birleştirilerek yoğunluk değeri 2.4 gr/cm^3 olacak şekilde düzeltme uygulanmıştır. Daha sonra gravite anomalilerine yatay gradyan dönüşümü uygulanarak, gravite anomalilerinin yatay gradyanlarının en büyük değerli yerleri yapı sınırı ve süreksizlik olarak yorumlanmıştır. Böylece çalışma alanına ait yeni bir süreksizlik haritası oluşturulmuş ve mevcut yüzey jeolojisi ile karşılaştırılmıştır.

Bunun yanında, genç havza dolgusu çökelleri içerisinde gömülü olarak var olabileceği düşünülen fayların uzanımının manyetik yöntemlerle tespitine yönelik, havzanın kuzeyinde ve güneyinde bazı dar alanlarda bir çalışma yapılmıştır. Kayaların manyetik duyarlılık özelliklerinden yararlanılarak süreksizliklerin saptanması amacıyla yapılan bu çalışmadan elde edilen verilerle de bir çizgisellik haritası oluşturulmuş ve mevcut yüzey jeolojisi ile karşılaştırılmıştır.

5.1. Yerçekimi Kavramı ve Newton Yasaları

Bilim tarihindeki önemli basamaklardan birini oluşturan yerçekimi kavramı, Isaac Newton tarafından 1685-1687 yılları arasında iki dilde yayınlanan bir makale ile ortaya konulmuştur. Newton'un birinci yasası olarak bilinen çekim yasası, oluşan çekim kuvvetinin büyüklüğü, doğrultusu ve yönü hakkında bilgi verir. Yani, iki kütle birbirini nasıl çektiği sorusu bu yasayla açıklanmıştır. Ancak, yasada iki kütle birbirini neden çeker sorusunun yanıtı yoktur. Newton'dan sonra günümüze gelinceye kadar da bu soruya yanıt bulunamamıştır. İzleyen iki paragrafta Newton'un iki Yasası ile ilgili bilgiler verilmektedir.

Newton'un Birinci Yasası

$$F = G (Mm / q^2) \mathbf{q} \quad (5.1)$$

F: Çekim kuvveti (vektör) – Din (gr.cm/s²)

G: evrensel çekim sabiti

6.673x10⁻⁸ din.cm² / gr² "din" in fiziksel boyutları yerine konursa

6.673x10⁻⁸ cm³ / gr.s²

M, m: Çekim olayına katılan kütleler – (gr)

q: Kütle merkezleri arasındaki uzaklık – (cm)

q: Artan "q" yönünde birim vektör

M kütlesi genellikle çeken kütle olarak düşünülür. X, Y, Z koordinat eksenleri çeken kütlelerin merkezine yerleştirilir. Bu durumda artan "q" çeken kütleden uzaklaşacak yönde olur. Öte yandan "F" çeken kütleye doğru olacağından, bu işaret farkını gidermek için Newton Yasası bazı yayınlarda;

$$F = - G (Mm / q^2) \mathbf{q} \text{ şeklinde verilmektedir.}$$

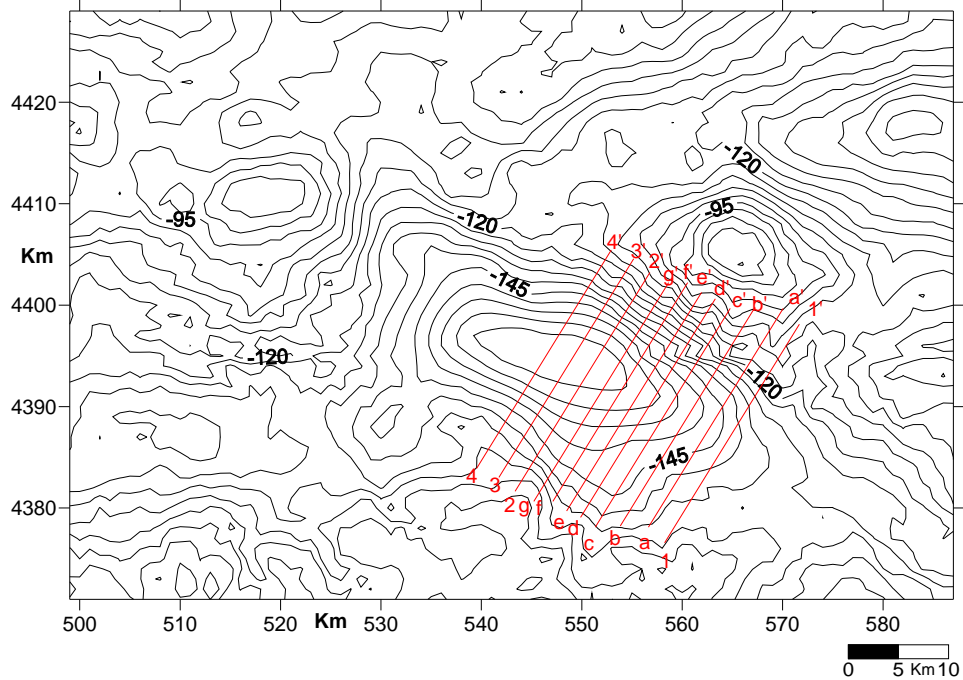
Newton'un İkinci Yasası

Newton'un ikinci yasası, çeken kütle (M) nin oluşturduğu çekim alanı içinde yer alan küçük bir (m) kütlelerinin hareketi ile ilişkilidir ve $F = m.a$ (a: hareketin ivmesi) bağıntısı ile verilir. Bu ifadeye göre "m" kütlesi F alanı içinde $a = F/m$ büyüklüğündeki bir ivme ile hareket edecektir. Çeken kütleye doğru yaklaştıkça $a=F/m$ bağıntısındaki F'in büyüklüğü artacağından "m" kütlelerinin algılayacağı ivme sürekli artacaktır. $a = F/m$ bağıntısında F kuvveti yerine $F = G (Mm / q^2) \mathbf{q}$ bağıntısı skaler olarak yazılırsa $a = G.M / q^2$ bağıntısı bulunur. Gravite arama (propeksiyon)

yönteminde çekim ivmesi "g" sembolü ile gösterildiğinden, $g = G.M / q^2$ bağıntısı bulunur. (Sanver ve İşseven, 2007).

5.2. Erzincan Havzası Gravite Verileri ve Tektonik Anlamı

Erzincan Havzası ve çevresine ait (İ42-İ43 topografik paftalarını kapsayan) gravite verileri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) Jeofizik Etütler Dairesi'nden elde edilmiştir. Bu veri grubu Türkiye Rejyonel Veri Grubu'na aittir. Gravite verileri 1 km aralıklarla bölmelenmiş ve düzeltmeler MTA tarafından yapılmıştır. 2.67 gr/cm^3 olan yoğunluk değeri, havza dolgu malzemesinin alüvyonlardan oluşması nedeni ile 2.40 gr/cm^3 yoğunluk değerine göre Bouguer düzeltmesi yeniden yapılmış ve bu verilere göre kontur haritası (Şekil 5.1) hazırlanarak bu haritadan gravite alanının yatay gradyanının en büyük yerlerinin (maxspot) haritası (Şekil 5.2) elde edilmiştir. Bouguer anomalilerinin 100 mGal'a kadar ulaşan iniş çıkışları, bölgedeki kabuğun kalınlığını veya üst kabuğun düşük yoğunluklu tabakalarının kalınlaştığını gösterir. Buna ek olarak negatif değerlere sahip Bouguer anomalileri ise jeolojik haritada (EK 1) yer alan örtü birimleri (Alüvyonlar) ile denestirilebilir.



Şekil 5.1 Erzincan Havzası ve çevresinin Bouguer anomali haritası. Kontur aralığı 5 mGal (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f' ve g-g'; gravite kesit güzergahları).

Gravite Anomalilerinin Yatay Gradyanlarının En Büyük Yerlerinin Belirlenmesi

Blakely ve Simpson (1986) tarafından, gridlenmiş manyetik veya gravite verileri ile yatay gradyan büyüklüklerini içeren bir kontur haritası üzerinde en büyük yerleri tanımlamak için bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntem, hem küçük ölçekleri araştırmalara hem de manyetik ve gravite verileri iyi bir şekilde derlenerek kıta ölçeğinde uygulanabilmektedir. Yöntemin amacı, manyetik veya gravite verilerinin belirlenen sınırlar içindeki plan görünümünü üretmektir. Bazı araştırmacılar bu yöntemi başarılı bir şekilde uygulamışlardır (Ateş ve Kearey, 1993; Kadioğlu vd., 1998; Büyüksaraç vd., 1998; Büyüksaraç, 2007).

Yassılaştırılmış bir hacmin (kütlenin) neden olduğu bir gravite anomalisinin en dik yatay gradyanı (eğim), alanın kenarlarını üzerleme eğilimindedir. Eğer kenar dik ve diğer bütün kenarlar ve kaynaklardan uzağa taşınmışsa, en dik gradyan direkt olarak bu hacmin (kütlenin) üzerinde yer alacaktır (Blakely, 1995). Sığ hacimler (kütleler), yaklaşık kenarları üzerinde yer alan maksimum yatay gradyanlarla gravite anomalileri üretir. Yatay gradyan verileri bir dikdörtgen grid üzerinde kullanılabilir durumdadır. Her grid kesişimi (bileşkesi, arakesiti) $y_{i,j}$, satır, sütun ve eğer incelemek için bir maksimum mevcut ise her iki köşegen boyunca dört yönde kendisine en yakın sekiz komşusuyla karşılaştırılır (Blakely ve Simpson, 1986).

$$g_{i-1,j} < g_{i,j} > g_{i+1,j}$$

$$g_{i,j-1} < g_{i,j} > g_{i,j+1}$$

$$g_{i+1,j-1} < g_{i,j} > g_{i-1,j+1}$$

$$g_{i-1,j-1} < g_{i,j} > g_{i+1,j+1}$$

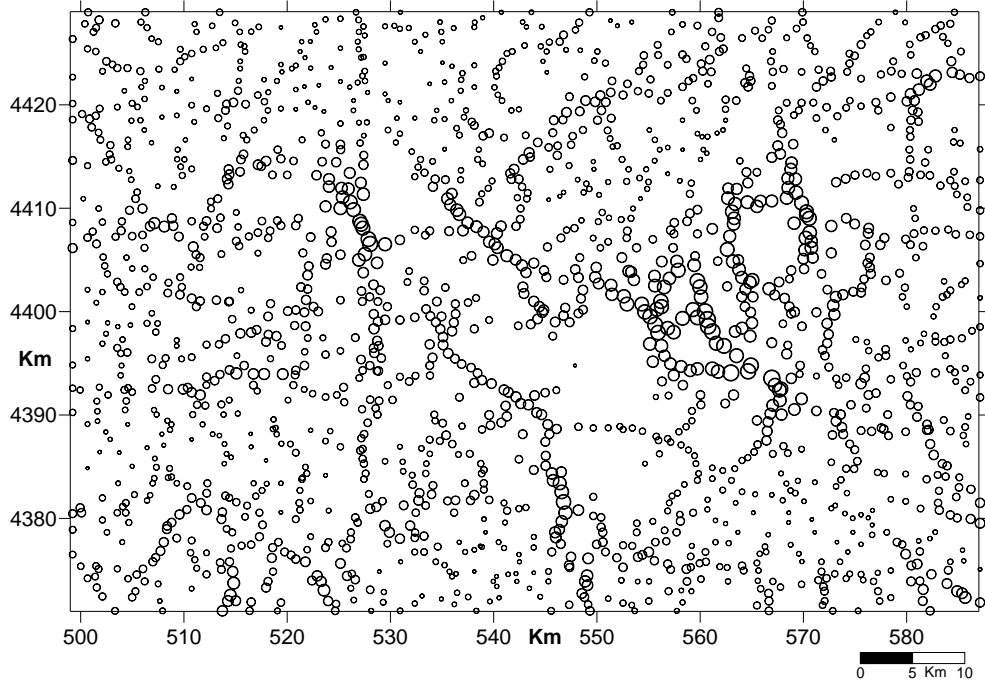
Sağlanan her eşitsizlik için, yatay lokasyon ve maksimum büyüklük, üçlü noktalar aracılığıyla, bir ikinci derece polinom ara değeri hesaplanarak bulunur. Örneğin eşitlik (1) de, $g_{i,j}$ 'nin pozisyonuna göre maksimumun yatay lokasyonu;

$x_{\max} = -hd/2a$ ile verilir. Burada;

$$a = 1/2(g_i - 2g_{i,j} + g_{i+1,j})$$

$$b = 1/2(g_{i+1,j} - g_{i-1,j})$$

ve d grid arakesitleri (kesişim noktaları) arasındaki mesafedir. Yatay gradyanın x_{\max} 'daki değeri; $g_{\max} = ax_{\max}^2 + bx_{\max} + g_{i,j}$ ile verilir.



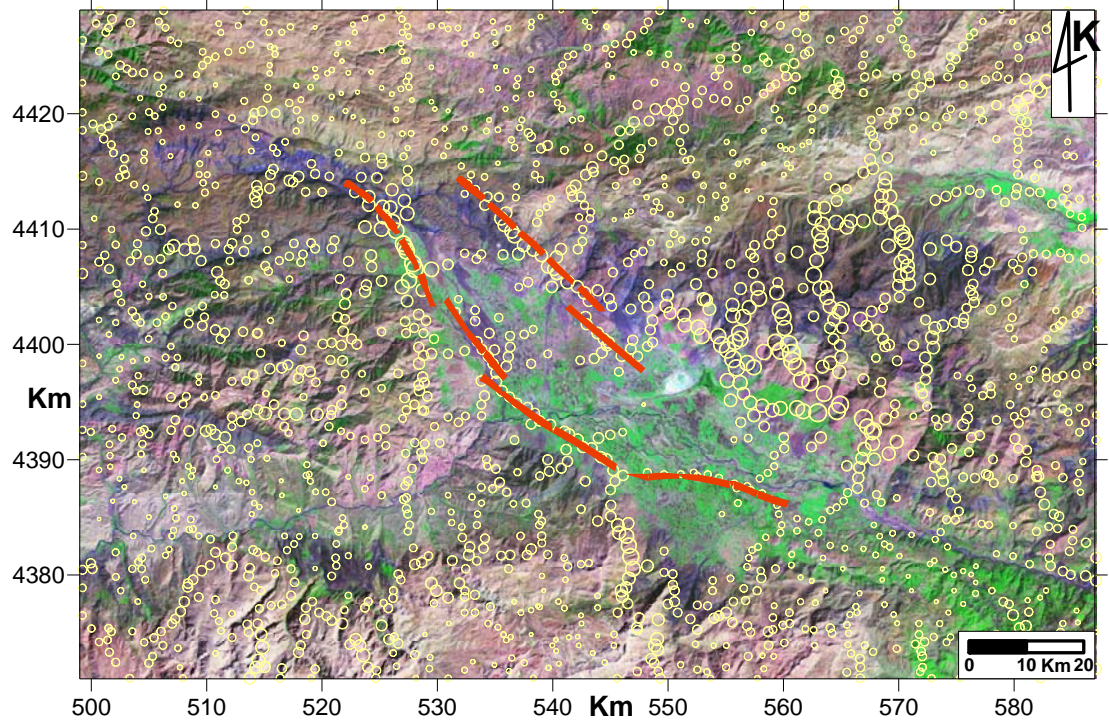
Şekil 5.2 Erzincan Havzası ve çevresinin yatay gradyanının en büyük yerleri. Dairelerin boyutu gradyan büyüklüğü ile orantılıdır.

Gravitenin yatay gradyanının büyüklüğü;

$$h(x, y) = [(\partial g_z(x, y)/\partial x)^2 + (\partial g_z(x, y)/\partial y)^2]^{1/2} \quad (5.2)$$

ile verilir ve basit sonlu-fark ilişkisini kullanarak yapılan kolay bir hesaplamadır (Blakely, 1995). Yatay gradyan gravite kaynaklarının kenarları üzerinde bulunan en büyük değeri içerme eğilimindedir. İki boyutlu incelemelere uygulandığında, yatay gradyan, manyetizasyon ve yoğunlukta beklenmedik değişimlerin gözlemlendiği dar sırtlar üzerine yerleşme eğilimindedir. Bu yöntem Bouguer anomali haritasında (Şekil 5.1) gösterildiği gibi artan sürekli gravite anomalilerine uygulanır. Bouguer anomalilerinin yatay gradyanlarının maxspotları hesaplanmış, dairelerle gösterilmiş ve daire büyüklükleri yatay gradyanların büyüklüğüne göre belirlenmiştir. Yatay gradyan (maxspot) haritasının en büyük yerleri, Şekil 5.2’de gösterilmektedir. Burada, büyük dairelerden oluşan maxspotlar yüksek frekanslı yüzeye yakın olayları, küçük dairelerden oluşanlar ise nispeten daha düşük frekanslı ve derindeki olayları temsil ederler. Maxspotların konturlara benzer şekilde kapanım oluşturdukları alanlar yapılarla, kapanım oluşturmayıp bir hat boyunca dizildikleri kesimler ise çizgiselliklere karşılık gelmektedir. Maxspotların çizgisellikleri ile Erzincan

Havzası'nın tektonik hatları arasında, havzanın kuzey kenarında iyi bir uyum gözlenmezken, güney kenarında nispeten bir uyum gözlenmektedir (Şekil 5.2-5.3-5.14). Şekil 5.3'de gösterilen çizgisellik haritası maxspot haritasına göre, Şekil 5.14'de gösterilen çizgisellik haritası ise saha gözlemlerine göre hazırlanmıştır.

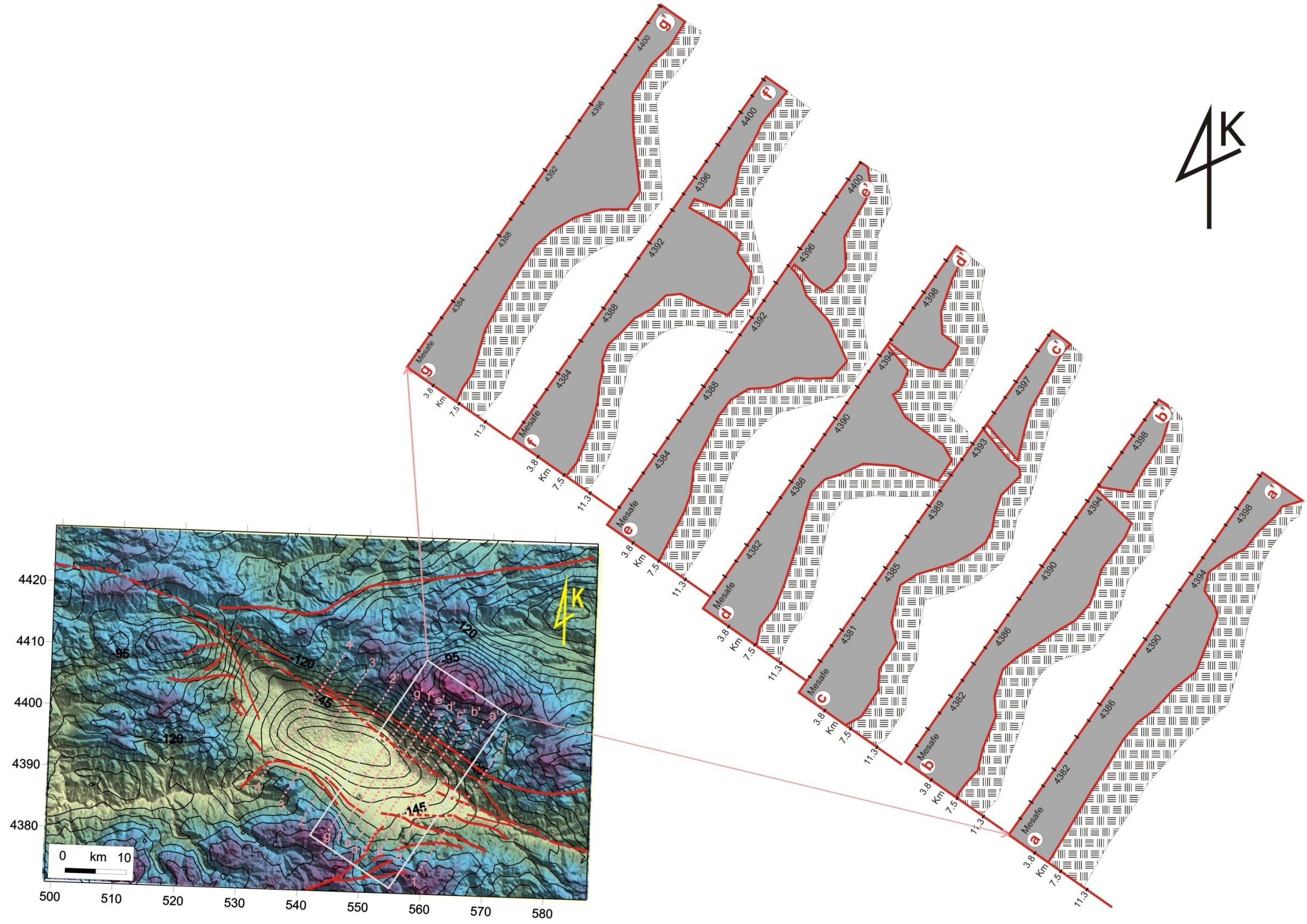


Şekil 5.3 Erzincan Havzası'ndaki maksima lokasyonlarından üretilen çizgisellikler.

Şekil 5.1 de gösterilen Erzincan Havzası'na ait Bouguer Anomali haritasından alınan GB-KD yönlü kesitlerin (1-1', 2-2', 3-3', 4-4', a-a', b-b', c-c', d-d', e-e', f-f' ve g-g') 2.5-B olarak modellenmesi amacıyla, Cooper (1998) tarafından geliştirilen GEOMODEL adlı interaktif modelleme programı kullanılmıştır. Bu program, 2.5-B Talwani modellemesi algoritmasını kullanmaktadır. Modeller oluşturulurken, gravite anomalilerini oluşturduğu düşünülen yapılar, önceden belirlenmiş yoğunluk kontrastı da göz önünde bulundurularak yerlerine yerleştirilir. Bir model oluşturulurken en fazla 50 adet yapı kullanılabilen ve bu yapıların sahip olacakları köşe sayısı en fazla 150 olabilmektedir. GEOMODEL programı, bir anomali haritası üzerinden seçilen bir profilden elde edilen anomali eğrisi ile, kullanıcı tarafından oluşturulan modelin

yarattığı anomali eğrisinin birbiriyle çakıştırılması prensibine göre modellerin oluşturulmasını sağlamaktadır.

Erzincan Havzası'nın doğu kesiminden alınan GB-KD yönlü kesitlerin, yoğunluk farkı -0.86 gr/cm^3 alınarak 2.5 boyutlu modelleri oluşturulmuştur (Şekil 5.4). Elde edilen modeller ve saha gözlemleri ile oluşturulan çizgisellik haritası (Şekil 5.14 ve EK 1) karşılaştırıldığında, havzanın kuzey kenarında Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun ana kolu (S2) ile bu kesitlerde görülen kırık hattının örtüştüğü görülmektedir. Bu modellerden elde edilen kırık hattının (Şekil 5.4) hesaplanan genişliği ise, 0.2-2.35 km arasındadır. Havzadaki 1-1', 2-2', 3-3' ve 4-4' kesit güzergahlarından elde edilen modellerden ise anlamlı sonuçlar elde edilememiştir. Daha duyarlı ve sık aralıklı alınacak gravite verileri ile bu kesit güzergahlarındaki modeller yeniden oluşturulduğu takdirde, bu kısımdaki yapısal unsurlar daha net yorumlanabilir.



Şekil 5.4 Erzincan Havzası'nın Bouguer anomali haritasından (Şekil 5.1) alınan havzanın doğusuna ait gravite modelleri.

5.3. Manyetik Kuvvet Kavramı ve Coulomb Yasası

Manyetik kuvvet, şekil olarak Newton Yasasına çok benzeyen Coulomb Yasası yardımı ile tanımlanır.

$$F = (P_1 P_2 / \mu r^2) r_1 \quad (5.3)$$

cgs elektromanyetik birim sisteminde (cgs-emb) bağıntıda kullanılan simgelerin anlamı şöyledir.

P_1 ve P_2 : manyetik kutupların büyüklüğü (şiddeti)

r : kutuplar arasındaki uzaklık (cm)

r_1 : yönü P_1 'den P_2 'ye doğru olan birim vektör (P_1 kutbu etki eden, P_2 kutbu etkilenen kutup olarak düşünülmüştür).

F : P_2 kutbu üstüne etki eden manyetik kuvvet (büyüklüğü "din" olarak)

μ : manyetik kutupların içinde bulunduğu ortamın manyetik geçirgenliği

$\mu = 1.00000004 \approx 1.0$

Coulomb Yasasının kullanılışı ile ilgili bazı özellikler;

a) P_1 ve P_2 kutuplarının büyüklüğü (şiddeti) 1 emb ve kutuplar arasındaki uzaklık $r = 1$ cm ise oluşacak F kuvvetinin büyüklüğü "1 din" dir (1 din'lik kuvvet; 1 gr'lık bir kütleyle 1 cm/sn²'lik ivme kazandırabilen kuvvetin büyüklüğüdür).

b) Kutuplar benzer işaretli ise F kuvveti itici bir kuvvete (bu durumda F kuvvetinin işareti pozitif olur), kutuplar zıt işaretli ise F kuvveti çekici kuvvete (bu durumda F kuvvetinin işareti negatif olur) karşı gelir.

c) Çok önceleri yapılan kabule göre; bir kutup yerin kuzey manyetik kutbu tarafından çekiliyorsa "+" işaretli itiliyorsa "-" işaretlidir.

Manyetik kutuplar doğada hiçbir zaman yalnız başlarına bulunmazlar, muhakkak suretle biri negatif diğeri pozitif işaretli iki kutup bir dipol oluşturacak biçimde bir araya gelirler. Bu bakımdan Coulomb Yasası manyetik kutuplar halinde uygulanırken şöyle bir kabul yapmış oluyoruz. İki adet çok uzun çubuk mıknatısın birer kutbunu, mıknatısların boyuna göre çok kısa olan bir uzaklıkta karşı karşıya getirelim. Bu durumda, birbirine yakın kutuplar arasındaki etki Coulomb Yasası ile ifade edilebilir. Mıknatısların diğer kutuplarının, göz önüne alınan kutuplar üzerindeki etkisi böylece ihmal edilmiş olmaktadır (Sanver ve İşseven, 2007).

5.3.1. Manyetik Alan Şiddeti

Uygulamada bir kutbun kendisinden uzak bir noktada oluşturduğu manyetik çekme veya manyetik itme kuvveti yerine, kutbun sözü edilen noktada oluşturduğu manyetik alanın şiddetini kullanmak daha uygun olmaktadır. Uygulamada alan şiddetini hesapladığımız noktada aletimiz vardır ve aletler alanın şiddetini ölçecek biçimde düzenlenmiştir.

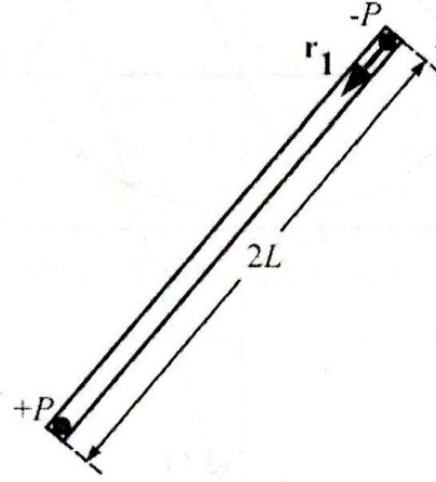
Bir kutbun bir noktada oluşturduğu manyetik alanın şiddeti, o kutbun göz önüne alınan noktada bulunduğu varsayılan "+1" şiddetindeki bir kutba uyguladığı çekme veya itme kuvvetlerinin büyüklüğü olarak tanımlanır. Manyetik alan vektörünü H ile gösterirsek;

$H = (P_1 \cdot 1 / \mu r^2) r_1$ olur. Bu bağıntıya göre en genel halde P_1 şiddetindeki bir kutbun, P_2 şiddetindeki diğer kutbun bulunduğu noktada doğuracağı manyetik alanın şiddeti; $H = F / P_2$ bağıntısı ile ifade edilebilir. emb (cgs) birimler sisteminde alan şiddeti birimi din/birim kutup=Oersted'dir. Hal böyle olmakla birlikte Oersted (Oe) gerek yer manyetik alanı ile ilgili ölçmeler için gerekse manyetik ölçmeler için genel olarak büyük bir alan şiddetini tanımlar. Ancak uygulamada manyetik alan şiddetinde değişimler küçük olduğundan Oersted'in 10^5 'de biri olan Gamma (γ) kullanılır. Bu duruma göre yeryüzünde bir noktada 0.497 Oe'lik bir alan ölçülmüşse, aynı alan γ cinsinde 49700 γ olarak ifade edilir.

5.3.2. Manyetik Moment

" +P" ve "-P" şiddetinde kutuplara sahip ve kutupları arasındaki uzaklık "2L" olan bir çubuk mıknatısın (Şekil 5.5) manyetik momentini; $M = 2LP_1$ bağıntısı ile verilir. " r_1 " birim vektör olup yönü "-P" kutbundan "+P" kutbuna doğrudur. cgs-emb sisteminde manyetik momentin birimi "kutup şiddeti x cm" dir.

Mıknatıslanabilme özelliği olan her cismin, eşit büyüklükte, biri pozitif diğeri negatif iki kutbu olduğundan, manyetik moment göz önüne alınan cismin manyetik özelliklerini yansıtan bir temel fiziksel büyüklüktür. Aynı manyetik moment değerine sahip mıknatıslar birbirinden çok farklı uzunluklara sahip olabilirler.

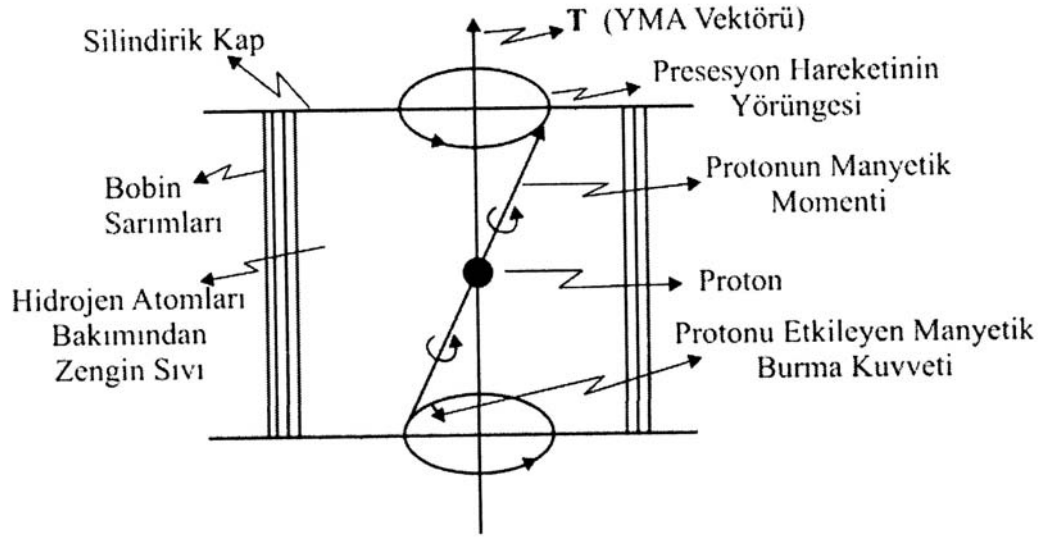


Şekil 5.5 Büyüklüğü $M=(2L)P$ olarak tanımlanan manyetik momentin yönü "-P" kutbundan "+P" kutbuna doğrudur.

5.3.3. Proton Manyetometresi

Bu alet uygulamada protonun presesyon manyetometresi veya nükleer presesyon manyetometresi adları ile anılır. Protonun kuvvetli manyetik alanlar içinde topaç hareketi (presesyon hareketi) yaptığı önceleri bilinmekte idi. 1950 yılında protonun yer manyetik alanı kadar zayıf dış alanlarda da topaç hareketi yaptığı keşfedilmiştir. Bu fizik olayından yararlanılarak zayıf manyetik alanları ölçecek alet teknolojisinin geliştirilmesine 1954 de başlanmıştır.

Hidrojen atomunun kütesine denk kütleyle sahip olan protonun zayıf manyetik alanlar içindeki davranışı, uzun eksenini etrafında dönme hareketi yapan bir çubuk mıknatısı hareketine çok benzemektedir. Proton bir taraftan mıknatıs özelliği nedeni ile içinde bulunduğu yer manyetik alan vektörünün doğrultusunu almaya çalışırken, kendi eksenini etrafında yapmakta olduğu dönme hareketi (jiroskopik hareket) nedeniyle gerçekleştirmek istediği yönelmeyi hemen sağlayamaz. Bu nedenle, protonun manyetik momenti (vektörel büyüklük) protonun bulunduğu noktadaki manyetik alan vektörü veya protonun bulunduğu noktadan geçen manyetik alan kuvvet çizgisi etrafında topaç hareketi yapmaya başlar (Şekil 5.6). Proton manyetometresinde sözü edilen topaç hareketinin frekansı ölçülür. Topaç hareketinin frekansı, protonun içinde yer aldığı manyetik alanın şiddeti ile doğru orantılıdır.



Şekil 5.6 Algılayıcının bir kısmı ve algılayıcı içindeki bir protonun topaç hareketi ile fiziksel büyüklükler (Telford vd., 1990; Sanver ve İşseven, 2007)..

Manyetik alan ne kadar şiddetli ise topaç hareketinin frekansı o kadar büyük olur.

$$da/dt = \mu \Delta T = \mu T \sin \theta \quad (5.4)$$

T: Protonun bulunduğu noktadaki yermanyetik alan vektörü,

a: Protonun kinetik momentini (veya protonun kendi eksenini etrafında yapmakta olduğu dönme (spin) hareketinin açısal momentini) ve

μ : Protonun manyetik momentini gösterir.

Aletin algılayıcı birimi, manyetik olmayan malzemedan yapılmış silindirik şekilli bir kap olup, içi benzen, etilalkol, metanol gibi hidrojen bakımından zengin bir sıvı ile doldurulmuştur. Silindirik kabın dışında ince telden bir bobin sarılmıştır. Bu bobine doğru akım uygulandığında bobinin oluşturduğu manyetik alan, bobin eksenini doğrultusunda olur. Bu ölçüm tekniği ile kurgulanmış olan sistem, arazide hızlı bir şekilde, geniş alanlarda hassas olarak, manyetik alanların ölçülmesine olanak tanır. Ölçü sırasında yer manyetik alan yönü olan kuzey-güney doğrultusu ölçüm eksenini olarak alınır ve bu doğrultu algılayıcının yönlendirilmesi şeklinde ölçüm boyunca korunur. Dolayısıyla, ölçü profili farklı yönde olsa dahi algılayıcı kuzey-güney yönünde tutulur.

5.3.4. Yarı Sonsuz Yatay Levha (Fay Anomalisine Yaklaşım)

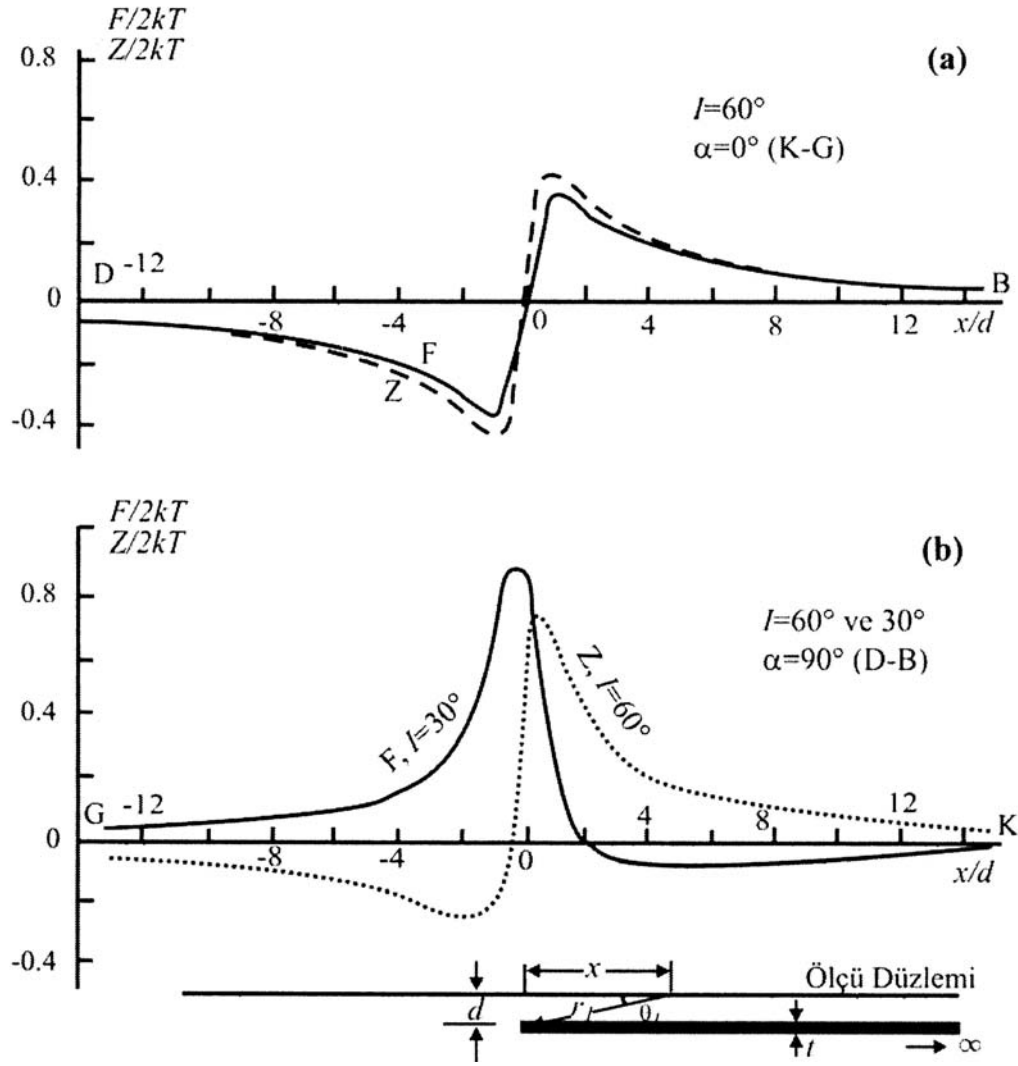
Bu model kütle, bir tarafı normal fay ile kesilerek büyük derinliğe atılmış yarı sonsuz yatay levhaya (ince tabakaya) karşı gelir. Levhanın kalınlığı "t" olup, levhanın üst yüzünün ölçüm düzleminde derinliği "d" dir. Söz konusu yarı sonsuz levhanın sağa doğru uzandığı varsayıldığında (Şekil 5.7), yani; ölçü düzlemindeki her noktanın levhanın sağ ucuna uzaklığı (r_2) sonsuz büyüktür. Bu durumda;

$$Z = -(2ktT / r_1^2) (d \cos I \sin \alpha + x \sin I) \quad (5.5)$$

$$F = -(2ktT / r_1^2) (d \sin 2I \sin \alpha - x (\cos^2 I \sin^2 \alpha - \sin^2 I)) \quad (5.6)$$

bağıntıları yazılabilir. Bu durum ile ilgili anomaliler ve model Şekil 5.7a ve b de verilmiştir. Şekil 5.7a daki anomaliler $I=60^\circ$ olan bir yörede kuzey-güney doğrultusunda uzanan ($\alpha=0^\circ$) yarı sonsuz yatay levhaya aittir. Görüldüğü gibi, F (toplam alan) ve Z (düşey bileşen) anomalileri asimetrik şekle sahiptir. Şekil 5.7b de verilen F ve Z anomalileri ise doğu-batı doğrultusunda uzanan ($\alpha=90^\circ$) yarı sonsuz bir yatay levhaya ait oldukları halde sanki derinlerde yer alan bir kütle ile ilişkiymiş gibi görünüm sergilemektedirler. Bu anomaliler halinde, anomaliye neden olan yarı sonsuz tabakanın derinliği Z_{\max} ve Z_{\min} (veya F_{\max} ve F_{\min}) değerine sahip noktalar arasındaki yatay uzaklığa eşittir.

F ve Z anomalileri o bölgedeki yer manyetik alanının T ve Z değerlerine binmiş olarak kaydedilir. Arazi ölçümleri sırasında anomalilerin kuyruk etkisinin hangi uzaklığa kadar devam ettiğinin belirlenmesi gerektiğinde (bir başka deyişle anomalinin etkisinden kurtulmuş T ve Z değerlerinin ölçülmesi gerektiğinde) yarı sonsuz yatay düzlemin başlangıç noktasından ($x/d=0$) itibaren her iki tarafa doğru, yarı sonsuz levha derinliğinin 25 katı kadar uzaklara gidilmesi gerekir. Bunun nedeni anomalinin yarı sonsuz yatay düzlemden kaynaklanmakta olmasıdır. Durum böyle olmakla birlikte arazide bölgeye has T ve Z değerlerinin ölçülmesi yine de mümkün olmayabilir. Çünkü söz konusu uzaklıklar civarında genellikle bir başka kütleyle ait bir başka anomali ölçmeleri etkilemeye başlayabilir.



Şekil 5.7 Yarı sonsuz yatay levha modeline ait model parametreleri ve F ve Z anomalileri (Telford vd., 1990).

Küçük düşey atıma sahip normal ve ters faylanma sonucu gelişen manyetik kütle dağılımından kaynaklanan fay anomalilerinde ise durum farklıdır. Uygulamada daha sık karşılaşılan bu tür fay anomalilerine ait bağıntıları oluşturabilmek için, farklı derinlikteki ikinci bir yarı sonsuz düzlemin etkisini dikkate almak gerekir (Şekil 5.8). Fay düzleminin eğim açısı " β " ile gösterilir. Bu durumda Z ve F anomalileri;

$$Z = 2ktT \left[\frac{1}{r_2^2} \{D \cos I \sin \alpha + (x + D \operatorname{ctg} \beta) \sin I\} - \frac{1}{r_1^2} \{d \cos I \sin \alpha + (x+d \operatorname{ctg} \beta) \sin I\} \right] \quad (5.7)$$

$$F = 2ktT \left[\frac{1}{r_2^2} \{D \sin 2I \sin \alpha - (x+D \operatorname{ctg} \beta) (\cos^2 I \sin^2 \alpha - \sin^2 I)\} - \frac{1}{r_1^2} \{d \sin 2I \sin \alpha - (x+d \operatorname{ctg} \beta) (\cos^2 I \sin^2 \alpha - \sin^2 I)\} \right] \quad (5.8)$$

haline dönüşür. Şekil 5.8a'da görüldüğü gibi, $r_1^2 = d^2 + (x+d \operatorname{ctg} \beta)^2$ ve $r_2^2 = D^2 + (x+D \operatorname{ctg} \beta)^2$ dir.

Şekil 5.8'de verilen anomaliler ile şekilde gösterilmeyen başka model kütlelere ait fay anomalilerinin irdelenmesinden elde edilen sonuçlar şöyledir.

a) Farklı uzanım doğrultusuna ve farklı eğim açlarına sahip normal faylar, şekilde gösterilen düşey normal fay anomalisine çok benzer anomaliler oluştururlar.

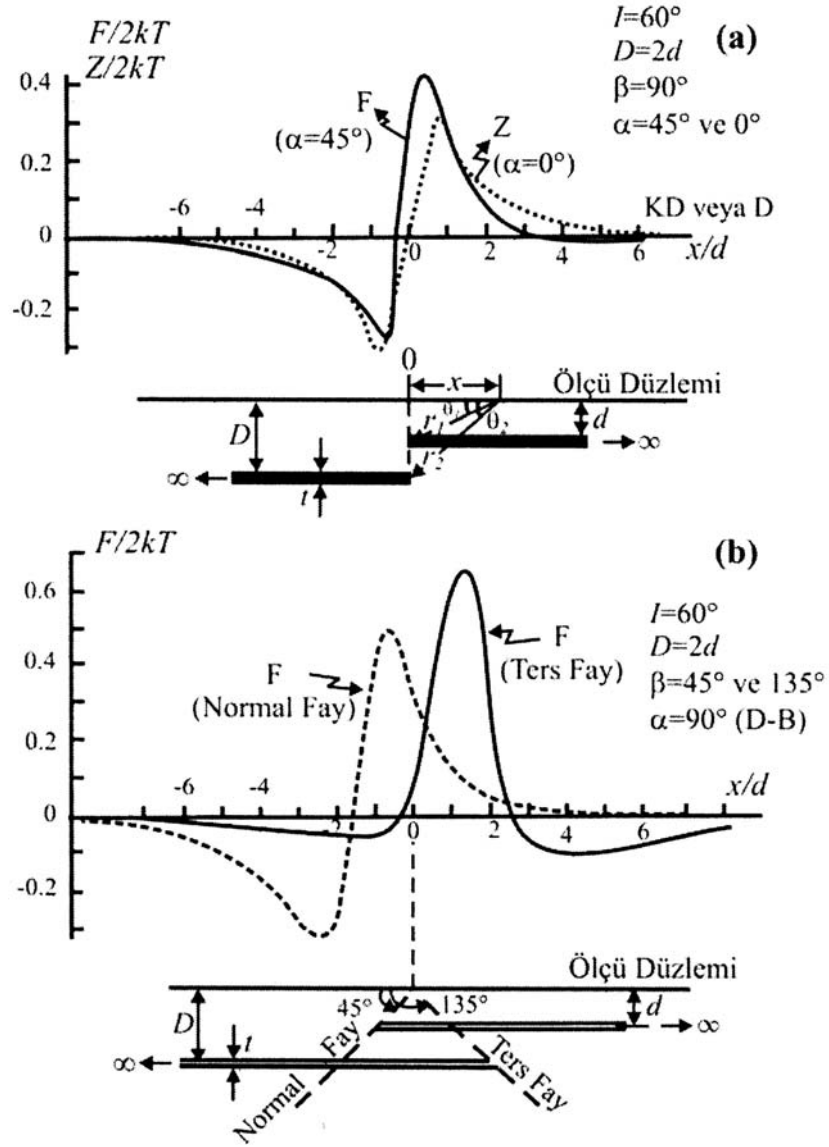
b) Ters faylar halinde anomalilerin genliği artmakta ve anomali sanki, daha derinlerde yer alan bir manyetik kütle etkisini vurgulayan bir görünüm kazanmaktadır. Bunun nedeni, yer içinde bir bölgede derin ve sığ yarı sonsuz levhalara ait levha parçalarının üst üste gelmesidir. Bir başka deyişle ters faylanmanın yer içinde bir yörede daha büyük manyetik kütle yığılmasına (dağılımına) neden olmuş olmasıdır.

c) Ters faylara ait Z anomalisinden sığ yarı sonsuz düzlemin derinliği, Z_{\max} ve Z_{\min} değerlerine sahip noktalar arasındaki uzaklığın yarısını ($x_{1/2}$) kullanarak belirlenebilir. Bu ilişki en genel halde $0.5 \leq x_{1/2}/d \leq 1.25$ bağıntısı ile verilir.

- $0.5 \leq x_{1/2}/d$ hali küçük düşey atımlı (küçük D/d oranına sahip) ters faylar için,

- $x_{1/2}/d \leq 1.25$ hali büyük düşey atımlı (büyük D/d oranına sahip) ters faylar için kullanılır.

d) Düşey fay ($\beta=90^\circ$) söz konusu ise, derine kayan yarı sonsuz düzlemin derinliği (D); $D = x_{1/2} \{Z_m[1 + (x_{1/2}^2/d^2)]/2x_{1/2} (dZ/dx)_{\max} - Z_m[1 + (x_{1/2}^2/d^2)]\}$ bağıntısından yaklaşık olarak bulunabilir. Bağıntıda geçen $Z_m = Z_{\max} - Z_{\min}$ ve $(dZ/dz)_{\max}$ anomaliye ait en büyük eğimi göstermektedir.



Şekil 5.8 (a) Düşey fay ve (b) Normal ve Ters faylara ilişkin modeller ve (Z) ve (F) anomali eğrileri. Normal ve Ters fayların fay düzlemine ait eğim açılarının saat ibresinin tersi yönünde ölçüldüğüne dikkat edilmelidir (Telford vd., 1990).

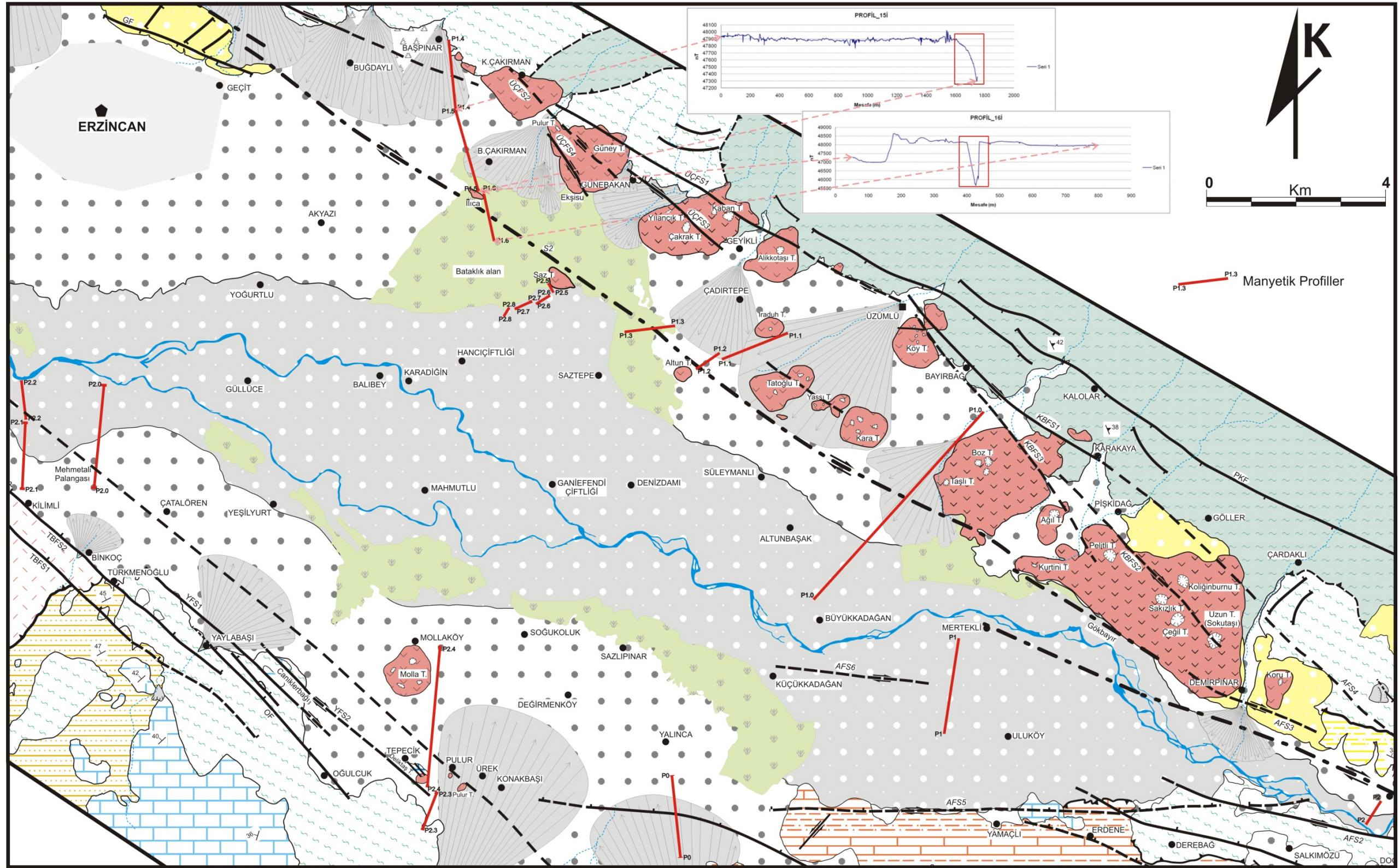
5.4. Erzincan Havzası'na Ait Manyetik Anomali Verileri

Erzincan Havzası'ndaki manyetik anomali ölçümleri havzanın kuzey ve güneyinde seçilen toplam 19 profil boyunca yapılmıştır (Şekil 5.9, EK_1). Arazide ölçü noktalarının yerleri belirlenirken tren yolları, tel örgüler, muhafaza boruları, betonarme köprüler, beton veya demirden yapılmış elektrik, telefon ve telgraf direklerinden ve yüksek gerilim hatlarından olabildiğince uzak durulmaya

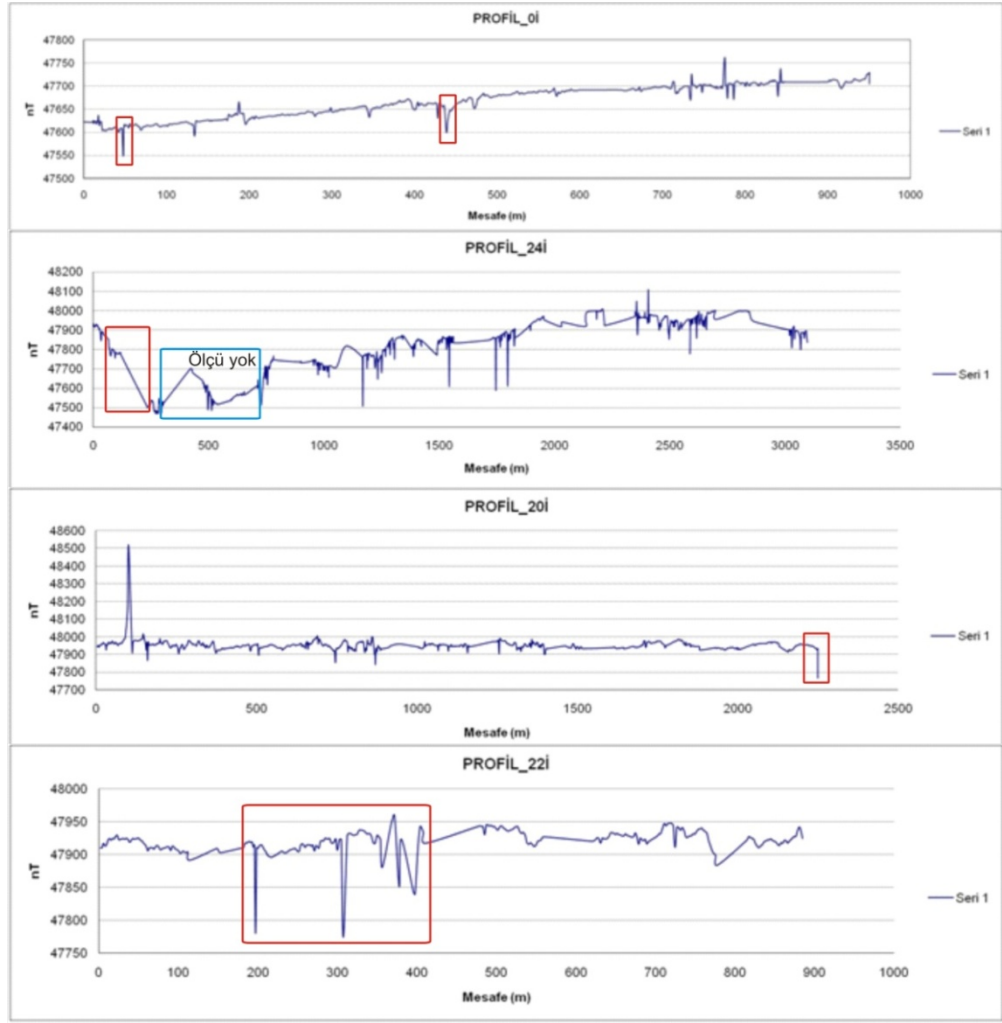
çalışılmıştır. Ölçümler, proton manyetometresi kullanılarak profiller doğrultusunda sürekli olarak alınmıştır. Profiller bu tür ölçümler için çok elverişli olmayan, havza dolgusunu oluşturan gevşek çimentolu alüvyal birimler üzerinde, havza içerisinde K-G ve KD-GB yönlerinde ölçülmüştür. Havza içindeki bataklık alanlar, havzayı doğudan batıya kateden Fırat Nehri ve ölçümlerde gürültüye neden olan bazı faktörlerden dolayı, havzayı kuzeyden güneye tam olarak geçen profiller ölçülemediği için. Aletsel hatalar nedeni ile bazı profil güzergahlarından sağlıklı sonuçlar elde edilememiştir. Ölçülen bazı profillerde yüzlerce nanotesla değişimler oluşmuş ve bu değişimler süreksizlik olarak yorumlanmıştır. Bu veriler kullanılarak, havzaya ait süreksizlikler çizilmiştir (Şekil 5.13). Bazı profillerde ise kayda değer değişimler gözlenmemiştir.

Proton manyetometresi kullanarak, havza içerisinde fay doğrultusuna dik elde edilen veriler bilgisayar ortamına aktarılarak, ölçümlerde gürültüye neden olan faktörlerin etkisini en aza indirmek için gürültü seviyesi % 0.4'e indirgenmiştir. İlgili programlar yardımıyla yapılan gürültü düzeltmesinden sonra, elde edilen yeni değerlere göre, her bir profile ait güzergah eğrileri ve aynı güzergahların gravite anomali haritası kullanılarak gravite eğrileri de çizilmiştir. Bu eğriler üzerinde gözlenebilen manyetik anomali değerlerindeki (nanotesla) değişimler, gravite eğrileri ile karşılaştırılarak, havza içerisindeki, bugün yüzeyde herhangi bir izi gözlenemeyen olası gömülü fayların neden olduğu süreksizlikler saptanmaya çalışılmıştır. Fakat gravite verilerinin grid aralığı 1 km olduğu için, gravite eğrileri üzerinde detay veriler elde edilememiştir.

Profil 0, Profil 23, Profil 24, Profil 20, Profil 21, Profil 22 sırasıyla, havzanın güney kenarında doğudan batıya doğru, kuzey-güney yönünde havzayı enine kesecek şekilde ölçülmüştür (Şekil 5.9, EK-1). Profil 0, Yalınca Köyü güneyinde yer alan alüvyon yelpazesi üzerinde yaklaşık 950 m'lik bir uzunluğu kapsamaktadır. Profil 23 ve 24 birbirinin devamı olarak Mollaköy'ün güneybatısından başlayıp Mollaköy'e kadar yaklaşık 4.5 km lik bir uzunluğa sahiptir. Profil 2.0 Binkoç Köyü kuzeyinden itibaren yaklaşık 2.3 km uzunluğundaki bir profil boyunca alüvyonlar üzerinde ölçülmüştür. Profil 21 ve 22 ise, birbirinin devamı şeklinde Kilimli Köyü kuzeyinde, bataklık alanda güneyden kuzeye doğru Fırat Nehri'ne kadar yaklaşık 2.3 km olarak ölçülmüştür.



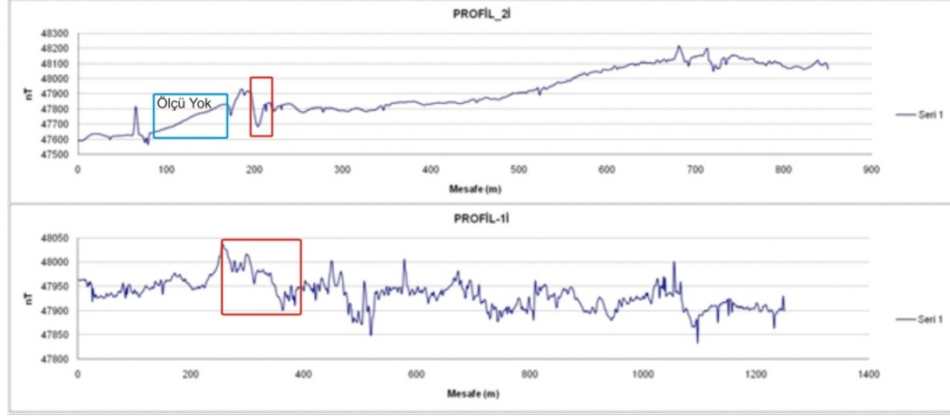
Şekil 5.9 Manyetik profil güzergahlarının yerlerini gösteren jeolojik harita (Açıklamalar için bakınız EK1) ve bu profillerden en iyi sonuç gözlenen 15 ve 16 nolu profillere ait grafikler.



Şekil 5.10 Erzincan Havzası'nın güneyinden ölçülen manyetik anomali profillerine ait kesitler (kırmızı çerçeve ile gösterilen manyetik anomalideki değişimler fayları ifade etmektedir).

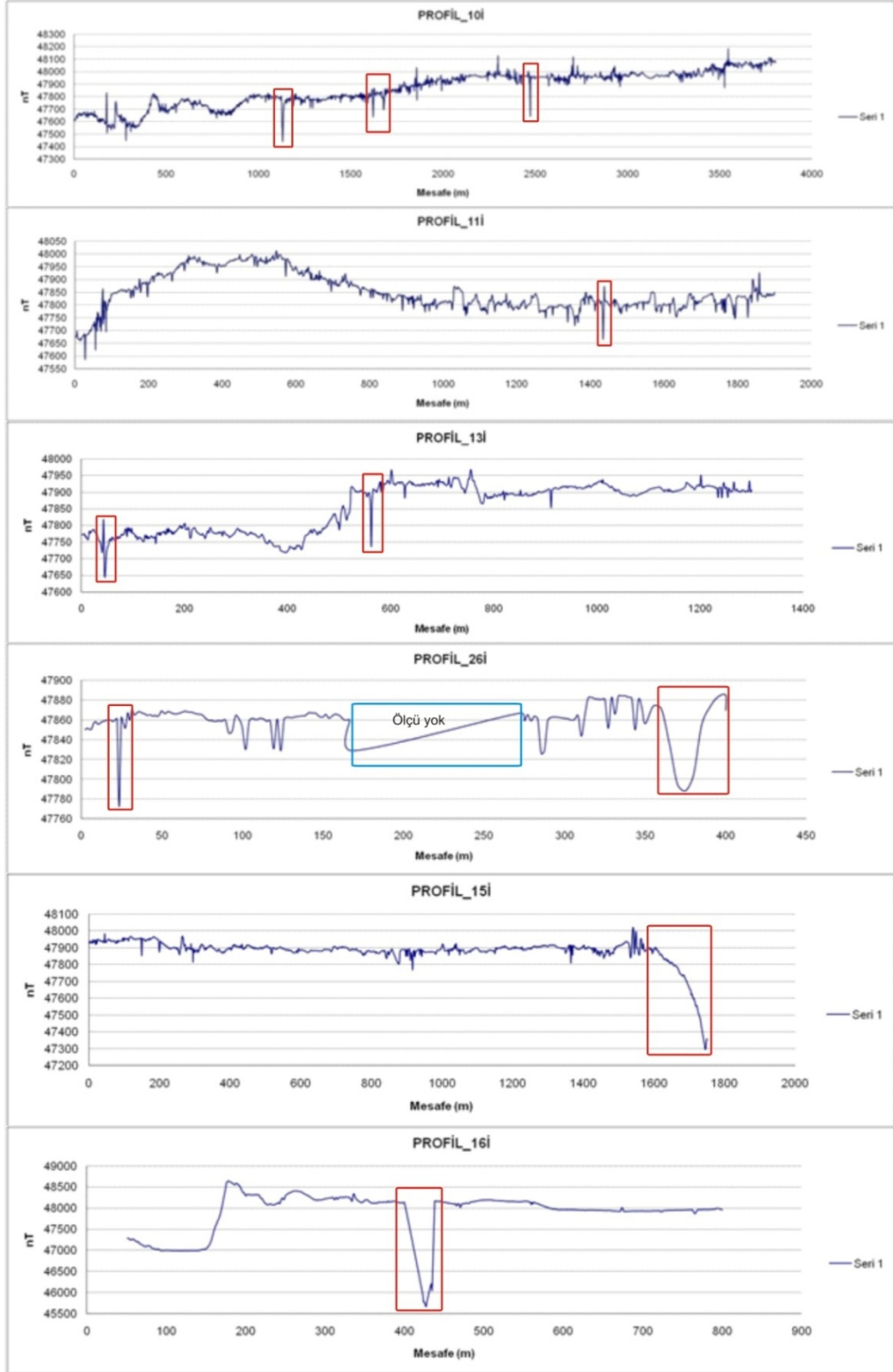
Şekil 5.10'daki Profil 0'da 0-100 ve 400-500 metreler arasındaki manyetik anomalide meydana gelen yaklaşık 50-70 nT değişimler süreksizliklere karşılık gelmekte ve bu kesimde saha gözlemleri ile belirlenen yaklaşık D-B doğrultulu bir normal fayın doğrultusu ile örtüşmektedir (EK 1 ve Şekil 5.13-5.14). Profil 24'te 0-500 metreler arasındaki yaklaşık 450 nT değişim ile Profil 22'de 200-400 metreler arasındaki, 50-150 nT arasındaki değişimler ve Profil 20'de 2000-2500 metreler arasında yer alan yaklaşık 150 nT değişim aynı doğrultu üzerinde yer almakta ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun doğrultusu ile uyushmaktadır (Şekil 5.10 -EK 1). Ancak profil 24 boyunca alınan ölçümlerde sonlara doğru yaşanan kalibrasyon

sorunundan dolayı bu profilin büyük bölümünde sağlıklı bir sonuç elde edilememiştir. Bununla birlikte, Profil 23 ve 21’de ise manyetik anomalide anlamlı değişimler görülmemektedir.



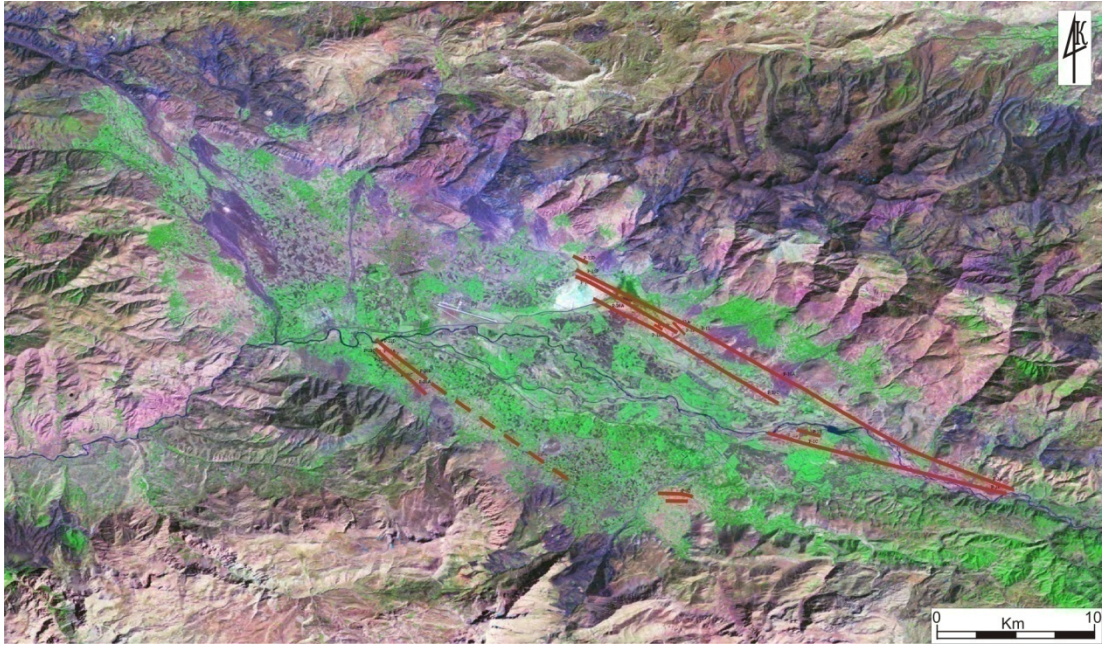
Şekil 5.11 Havzanın doğu ucundan alınan Profil 2 ve Profil 1’e ait manyetik anomali kesitleri (kırmızı çerçeve ile gösterilen manyetik anomalideki değişimler fayları ifade etmektedir).

Profil 2, Profil 1, Profil 10, Profil 11-12, Profil 13, Profil 25-26-27-28, Profil 14-15-16 sırasıyla, havzanın kuzey kenarında doğudan batıya doğru, kuzey-güney yönünde, Kuzey Anadolu Fay Zonu’nun havzanın kuzeyinden geçen ana segmentlerini dik kesecek şekilde ölçülmüştür (Şekil 5.9). Profil 2 Avcılar Köyü’nün batısında, Erzinan-Erzurum karayolundan Fırat Nehri’ne kadar yaklaşık 900 m’lik uzunluğunda alüvyonlar üzerinde alınmıştır. Profil 1 ise Profil 2 ile aynı doğrultuda olup, Uluköy’ün kuzeybatısından başlayıp Mertekli Köyü’nün kuzeyine kadar yaklaşık 3 km olarak ölçülmüştür. Profil 10 Bayırbağ Köyü’nün güneyinde Boz Tepe’nin batı yamacından başlayıp Büyükkadağan Köyü’ne kadar olan yaklaşık 5 km mesafede yer almaktadır. Profil 11, 12 ve 13 birbirlerinin devamı şeklinde Iraduh Tepe’nin doğu yamacından başlayıp, Altun Tepe’nin hemen batısından geçerek, Erzinan-Erzurum karayoluna kadar olan 2.4 km’lik mesafede ölçülmüş, kuzey yarısı alüvyonlar, güney yarısında ise bataklık çökelleri üzerinde bulunmaktadır. Profil 25, 26, 27, ve 28 Saz Tepe’nin hemen batı kenarından başlayıp, Erzinan-Erzurum karayoluna doğru 1.3 km’lik mesafede bataklık çökelleri üzerinde alınmıştır. Profil 14, 15 ve 16 ise yine birbirlerinin devamı şeklinde Başpınar Köyü’nden başlayıp Ilıca mevkiine kadar yaklaşık 3.7 km’lik bir mesafeyi kapsamaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.12 Erzincan Havzası'nın kuzeyinden ölçülen manyetik anomali profillerine ait kesitler (kırmızı çerçeve ile gösterilen manyetik anomalideki değişimler fayları ifade etmektedir).

Profil 2’de 200. m’de manyetik anomalideki yaklaşık 200 nT değişim ile Profil 1’de 200-400 metreler arasındaki yaklaşık 120 nT değişim aynı doğrultu üzerinde yer almakta ve bunların gömülü bir süreksizliğe karşılık geldiği düşünülmektedir (Şekil 5.11). Yine aynı şekilde Profil 2’de 700-800 metreler arasında manyetik anomalideki 150nT değişim ile, Profil 1’de 1000-1200 metreler arasındaki yaklaşık 150 nT değişim, saha gözlemleri ile de olası olarak tespit edilen D-B gidişli bir süreksizliğe karşılık gelmektedir (EK 1-Şekil 5.13).

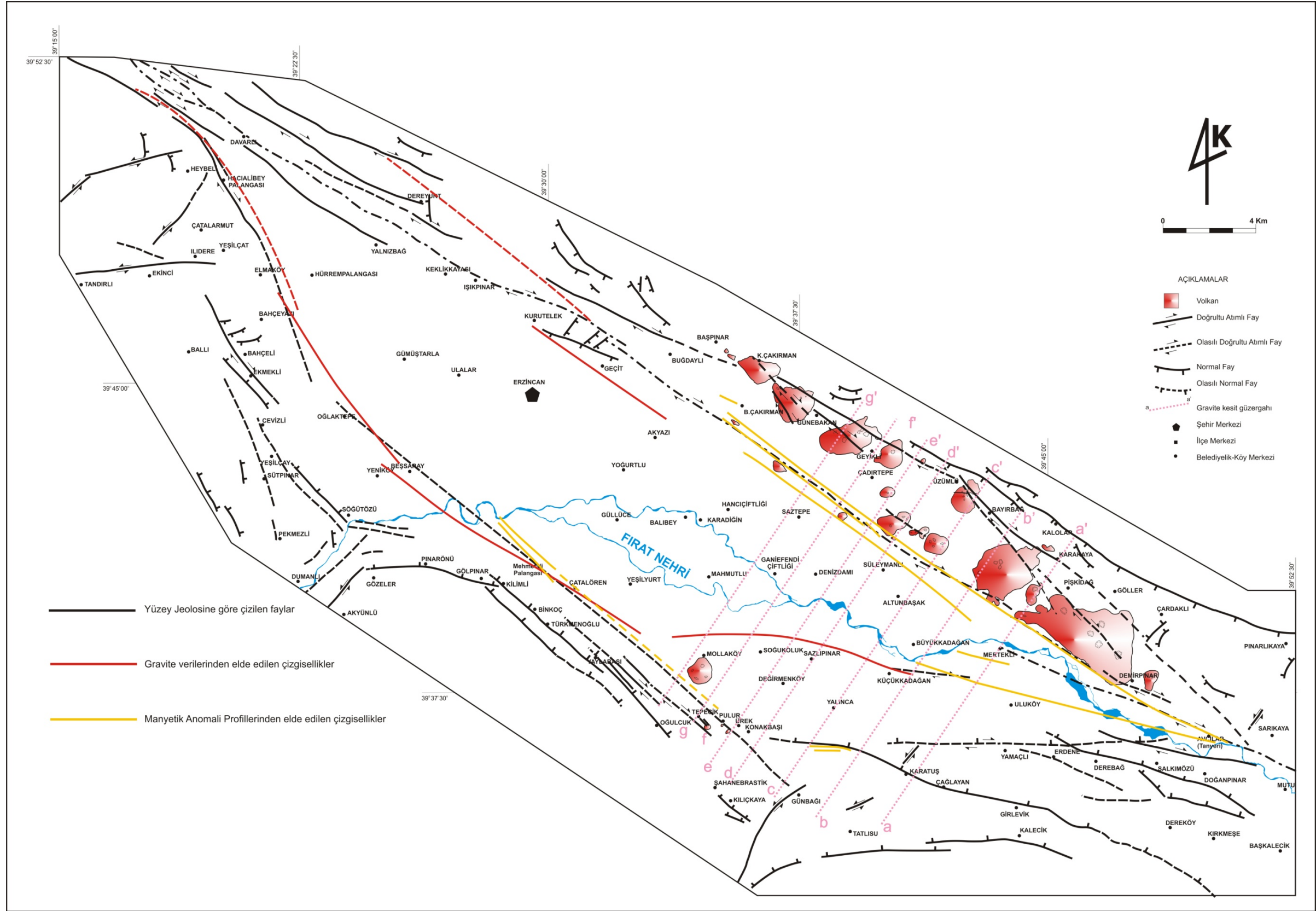


Şekil 5.13 Erzincan Havzası’nda ölçülen manyetik anomali profillerinden elde edilen çizgisellikler.

Profil 10’da 1000-1500 metreler arasında 400 nT, 1500-2000 metreler arasında 200 nT ve 2500. m’deki 300 nT; Profil 11’de 1400-1600 metreler arasındaki 150 nT; Profil 13’de 0-200 metreler arasındaki 150 nT ve 400-600 metreler arasındaki 170 nT; Profil 26’da 0-50 metreler arasındaki 100 nT ve 350-400 metreler arasındaki 100 nT; Profil 15’de 1600-1800 metreler arasındaki 600 nT ve Profil 16’da 400-500 metreler arasındaki 2500 nT şeklinde manyetik anomalide meydana gelen değişimler aynı doğrultuda yer almakta ve havzanın kuzeyinden geçen, saha gözlemleriyle de belirlenmiş olan ana kırık zonuna karşılık gelmektedir (Şekil 5.12).

Bu kesimde Profil 12-14-25-27 ve 28'de ise manyetik anomalide anlamlı değişimler elde edilememiştir.

Erzincan Havzası'ndan elde edilen manyetik anomali verileri kullanılarak, çalışma alanında profillerin alındığı kesimlerde tespit edilen süreksizlik hatları çizilmiştir (Şekil 5.13). Bu süreksizlik hatları, çalışma alanında saha gözlemleri ile tespit edilerek haritalanan (EK 1, Şekil 5.14) faylarla karşılaştırıldığında, bunların büyük oranda birbirleriyle çakıştığı gözlenmiştir.



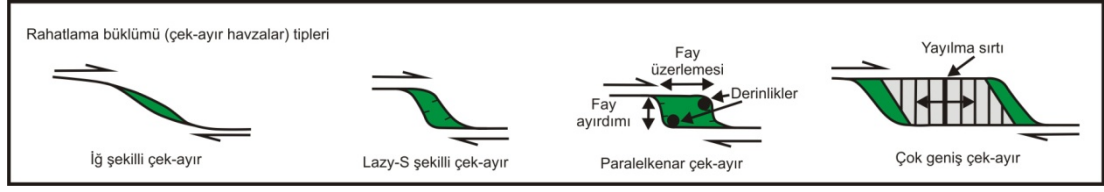
Şekil 5.14 Erzurum Havzası'na ait yüzey jeolojisi, gravite ve manyetik verilerle saptanan çizgisellik haritası.

BÖLÜM 6

TARTIŞMA VE SONUÇLAR

6.1 Erzincan Havzası'nın Yapısı ve Evrimi

Kıtasal ölçekli büyük doğrultu atımlı fay sistemlerinin kollarının sıçrama yaptığı ve/veya yön değiştirdiği yerlerde gevşeten-sıkıştıran büklümlü, süreksiz geometrili, sıçramalı fayların denetiminde *çek-ayır*, *fay kaması havzaları* ve/veya *blok biçimli yükselteler (push-up)* şeklinde gelişmiş morfolojik yapılar çok belirgindir. Doğrultu atımlı fayların gevşeten büklüm yaptığı bölgelerde Z, S, eşkenar dörtgen ve iğ şekilli değişik boyutta havzalar gelişirken (Şekil 6.1), sıkıştıran büklüm bölgelerinde ise kenarları faylarla sınırlı, çevresine göre belirgin biçimde topografik yükselteler oluşabilmektedir. Ayrıca yanal atımlı sistemlerde sıçrama yapan iki büyük fay segmentini birbirine bağlayan aynı karakterli fakat farklı doğrultudaki kavisli faylarla ilişkili *doğrultu atım çiftleri (strike-slip duplexes)* de gelişebilmektedir. Her iki fayı birbirine bağlayan gevşeten büklüm nitelikli bu doğrultu-atım çiftleri arasında genişlemeli boşluklar arasında sigmoidal boşluklar ve/veya havza çökellerinin birikmesine uygun çöküntü alanları gelişebilmektedir. Doğrultu atımlı fayların genişlemeli büklümler yaptığı bölgelerde negatif çiçek yapıları olarak tanımlanan yapılar da gözlenebilmektedir. Çek-ayır havzalar, havzanın çökmesi ve yerdeğiştirme biçimi, fayların yeraltındaki yönelimine dayanarak, asimetrik, simetrik veya karmaşık olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır. Simetrik ya da asimetrik çek-ayır havzalar, doğrultu atımlı sistemin zıt kenarlarının model üzerinde çerçevesi belirlenmiş bir nokta üzerinde hassas olarak kontrol edilir (Rahe vd., 1998). Doğrultu atımlı fay sistemi içinde, havza tabanının her iki kenarının zıt yönlerde, fakat aynı büyüklükte yer değiştirdiği zaman simetrik çek-ayır havzalar oluşurken, temelin bir kenarı etkin bir biçimde sabitlendiği zaman (örneğin net yerdeğiştirme miktarı sıfır) diğerindeki hareket nedeniyle asimetrik çek-ayır havzalar oluşur.



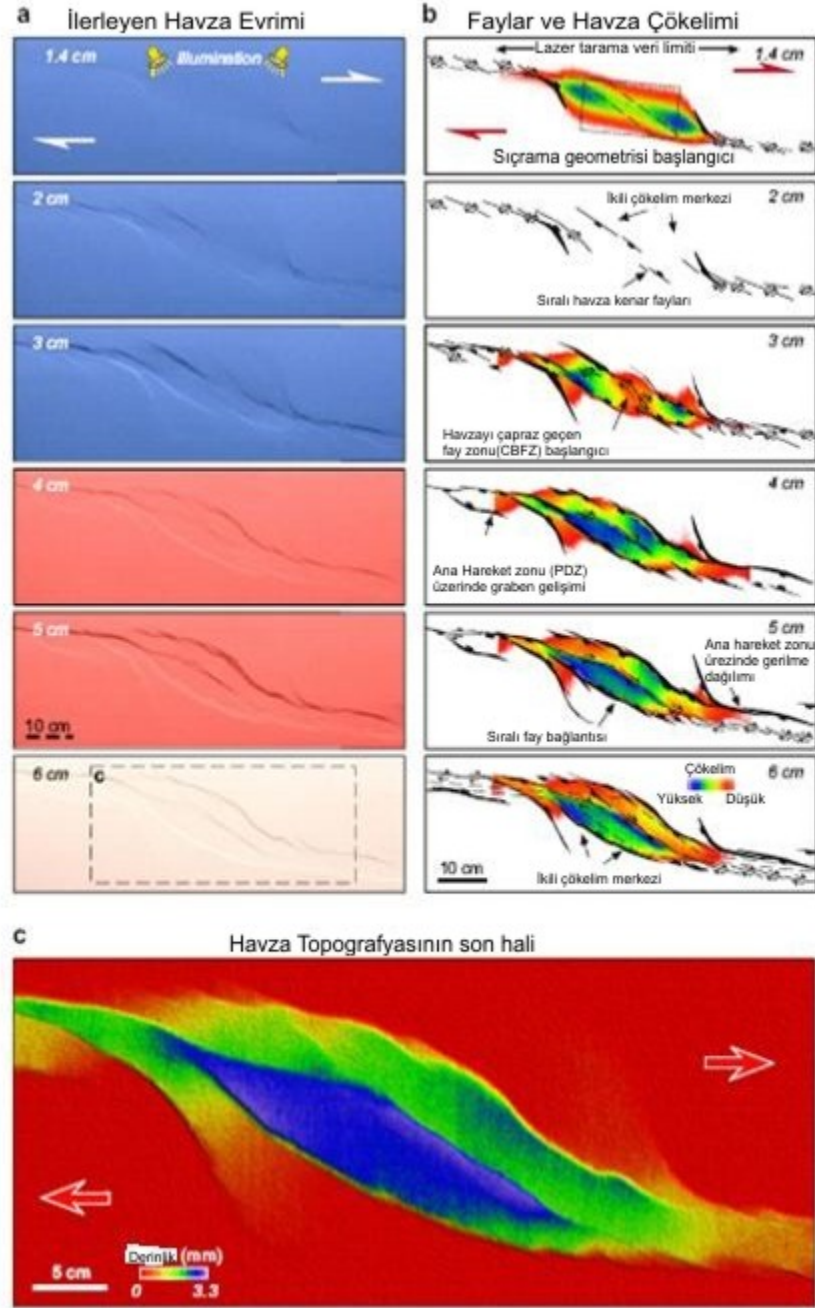
Şekil 6.1 Gevşeten bükümlü tipik doğrultu atımlı bir fay zonu üzerinde gelişen çek-ayır havza tipleri (Mann, 2007, Şekil 1-b den düzenlenmiştir).

Son yıllarda çek-ayır havzaların gelişiminin olgun evresini takiben, bunların yok olma sürecini izlemeye yönelik analog modellerde tekrarlanan özelliklerde olduğu gibi (Dooley ve McClay, 1997; Rahe vd., 1998; Wu vd., 2009), havza oluşumunun son evresinde, havzayı ortadan çapraz olarak kesen faylar gelişmektedir (Şekil 6.2). Arazi gözlemleri ve deneysel benzeşim modelleri, bu genişlemenin ileri aşamalarında *çapraz havza fayları* olarak adlandırılan bu fayların çek-ayır havza tabanlarını kestiğini ve ana yerdeğiştirme zonlarını birleştirdiğini gösterir (Zhang vd., 1989; Yoshioka, 1996; Rahe vd., 1998; Kuşcu, 2009).

KAFZ üzerinde doğrultu atım tektoniğinin kontrolünde gelişmiş olan Pliyo-Kuvaterner yaşlı çek-ayır havzalarında son yüzyılda meydana gelen depremlerde oluşan yüzey kırıkları, bu havzaları sınırlayan kenar faylarıyla uyuşmamaktadır. Bu yüzey kırıkları genelde havza ortasını izlemiştir (Gürbüz ve Gürer, 2009). Bu çek-ayır havzalar, kenarları boyunca aktif faylar olarak haritalanan büyük fay sarplıklarının oluşturduğu topografya ile çevrilmiştir. Genellikle son yüzyılda meydana gelen büyük depremlerin yüzey kırıkları, havza tabanını doğrudan keserek geçen faylarla karakteristiktir. Yazarlar, havzaların çevresinden ortasına doğru göç etmiş olan bu fayların çek-ayır havzaların yok olma modeli ile uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

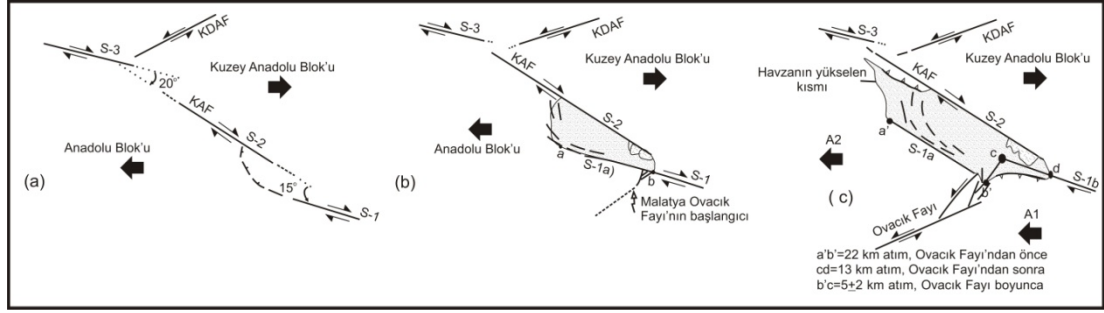
Yer yer genişliği 10 km ye ulaşan sismik yönden son derece aktif Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerinde Neojen-Kuvaterner yaşlı çek-ayır, fay kaması biçimli çeşitli havzalar oluşmuştur (Koçyiğit, 1989; Barka vd., 2000; Şengör vd., 2005). Bu havzalardan en belirginlerinden birisi de Erzincan Havzası'dır. Birçok araştırmacı Erzincan Havzası'nı tipik bir çek-ayır havza olarak yorumlamaktadır (Şengör, 1979; Aydın ve Nur, 1982; Hempton ve Dunne, 1984; Şengör vd., 1985; Koçyiğit, 1990, 2003). KB-GD uzanımlı KAFZ a paralel 50 km uzunluk ve 10 km genişliğindeki bu

havzanın özellikle KD kenarında Pliyo-Kuvaterner yaşlı trakiandezitik-dasitik, riyolitik ve bazaltik volkanizma yaygın olarak gözlenmektedir.



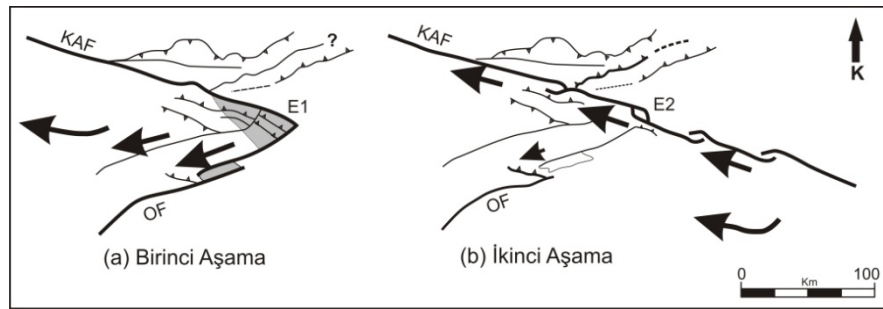
Şekil 6.2 Genişlemeli bir çek-ayır havzanın gelişim evrelerini gösteren deneysel benzeşim modeli (Wu vd., 2009).

Barka ve Gülen (1989) Erzincan Havzası'nın gelişimini iki evreli bir çek-ayır havza olarak açıklamakta ve havzanın güneydoğu kesimindeki Ovacık Fayı'nın etkisi ile karmaşık bir yapı kazandığını belirtmektedir (Şekil 6.3).



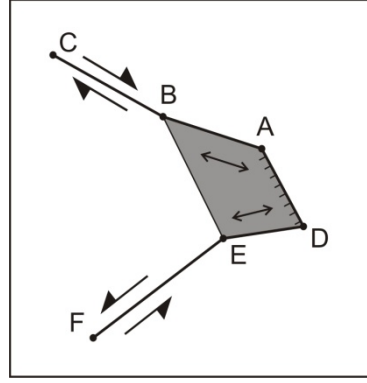
Şekil 6.3 Erzincan Havzası'nın tektonik evriminin aşamaları. a) 1 ve 3 segmentleri arasında gevşeten çift büküm oluşumu, b) Anadolu ve Kuzeydoğu Anadolu Bloklarının, sırasıyla batıya ve doğuya kaçışlarından dolayı, paralel olmayan ana (açılan) fay segmentleri arasında (S-1 ve S-2) Erzincan Havzası'nın (havza alanı taranmıştır) çek-ayır açılmanın (yaklaşık 22 km sağ yanal hareket) başlangıcı. Aynı zamanda bu aşamada havzanın doğu bölümünde volkanik aktivite de başlamıştır. c) Erzincan Havzası'nın açılmasını açıklayan iki aşamalı model (Barka ve Gülen, 1989).

Chorowicz vd. (1999) ve Adıyaman vd. (2001) ise Erzincan Havzası'ndaki Neojen-Kuvaterner volkanik etkinliğin doğrultu atım tektoniğini izleyen genişleme ile ilişkili iki evreli bir tektonik etkinlikle geliştiğini; ilk evrede (Pliyosen) yarı graben, ikinci evrede (Kuvaterner) ise havzada volkanik etkinliğin meydana geldiğini öne sürmektedir (Şekil 6.4).

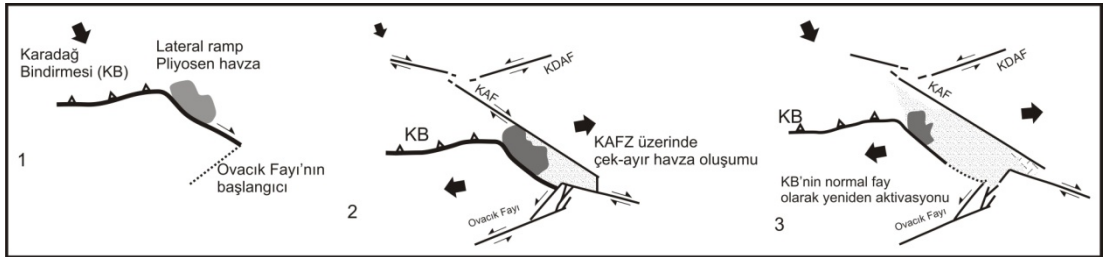


Şekil 6.4 Erzincan Havzası'nın tektonik evriminin yorumlanması. a) E1 havzasının güneybatı yönünde blok rotasyonu ile ilk olarak açılması. Bu E1 havzasını açan bir blok rotasyonuna denktir. b) Ovacık Fayı boyunca gelişen hareketin batıya devamı ile beraber, E2 çek-ayır havzasının açılmasını ve push-up oluşumlarına neden olan, KAF boyunca oluşan sağ yanal (transcurrent) hareket (Chorowicz vd., 1999).

Koçyiğit (1991, 2003) ise Erzincan Havzası'nın KAFZ, KDAFZ ve Ovacık Fayı arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak gelişmiş halen aktif bir çek-ayır havza olduğunu ve havzanın KB kesimindeki sıkıştırma türü deformasyonun sağ yanal KAFZ ile sol yanal KDAFZ arasındaki kilitleme sonucunda geliştiğini vurgulamaktadır. Westaway ve Arger (2001) ise KAFZ ve Ovacık Fay Zonu'nun Erzincan Havzası'nın doğusunda bir üçlü kavşak (Erzincan üçlü Kavşağı) oluşturduğunu belirtmiştir (Şekil 6.5). Temiz (2004) tarafından önerilen modele göre havzanın açılması sadece çek-ayır mekanizması ile değil, aynı zamanda Sivas Havzası boyunca gelişen geç Miyosen yaşlı GGD-KKB bindirmelerle ilişkili bir yanal yükselme (lateral ramp structure) ile de denetlenmektedir (Şekil 6.6).



Şekil 6.5 Sağ yanal ABC fayı ve sol yanal DEF fayı kesişmezler, fakat AD normal fay segmenti tarafından ayrılırlar. A ve D noktaları konverjana göre yatay olarak hareket etmezler. BC ve EF fayları, deforme olmayan blokları sınırlayan ve üniform atım oranlarının olduğu transform faylar olarak farz edilirler. Atım oranı, BA ve ED boyunca sıfıra yaklaşır ve buda ABED taralı alanında yaygın bir deformasyon gerektirir (Westaway ve Arger 2001).



Şekil 6.6 Temiz (2004) tarafından Erzincan Havzası için önerilen tektonik model. 1) Karadağ Bindirmesi'nin yatay (lateral) rampı üzerinde Pliyosen havza oluşumu. 2) KAFZ ve Ovacık Fayı'nın oluşumu ve KAFZ'nun iki segmenti arasındaki çek-ayır havzanın batıya doğru genişlemesi, 3) Karadağ Bindirmesinin bir normal fay olarak yeniden aktivasyonu ve havzanın güneybatıya genişlemesi.

Kenarları yüksek dağ sıralarıyla çevrili Erzincan Havzası'nın Pliyo-Kuvaterner yaşlı genç dolgu çökellerinin litolojik özellikleri nedeniyle havza içinde faylara ait yaygın jeomorfolojik ve morfolojik yapılar belirgin değildir. Ancak havza kenarlarında topografik, morfolojik yapılar belirginlik kazanmaktadır. Erzincan Havzası'nın kuzey kenarı, güney kenarına göre daha düzgün bir çek-ayır havza kenarına özgü morfolojik yapıya sahiptir. Yeraltı suyunun yüksek olduğu bu havza içerisinde açılmış olan birçok drenaj kanalı, yoğun faylanma gelişen havzalar içerisinde gözlenebilecek küçük doğal çöküntü gölcüklerinin (sag pond) doğal yapısını tahrip etmiştir. Havzanın KD kesiminde birbirinden bağımsız dairesel ve dikdörtgen geometrilili KB-GD uzanımlı bir seri volkanik dom ve koni dizilidir. Özellikle havzanın kuzey kenarı üzerinde genç alüvyon yelpazelerinde ve dere yataklarında sağ yanal ötelenmeler ve açılan bazı piroklastik ve pümis ocaklarında sağ yanal doğrultu atımlı faylar gözlenmektedir (Şekil 6.7).



Şekil 6.7 Büyük Çakırman Köyü yakınında piroklastik kayalarda açılan taşocağında gözlenen sağ yanal doğrultu atımlı fay (Ekşisu Mesire alanı 1 km kuzeyi, KB dan GD ya bakış)

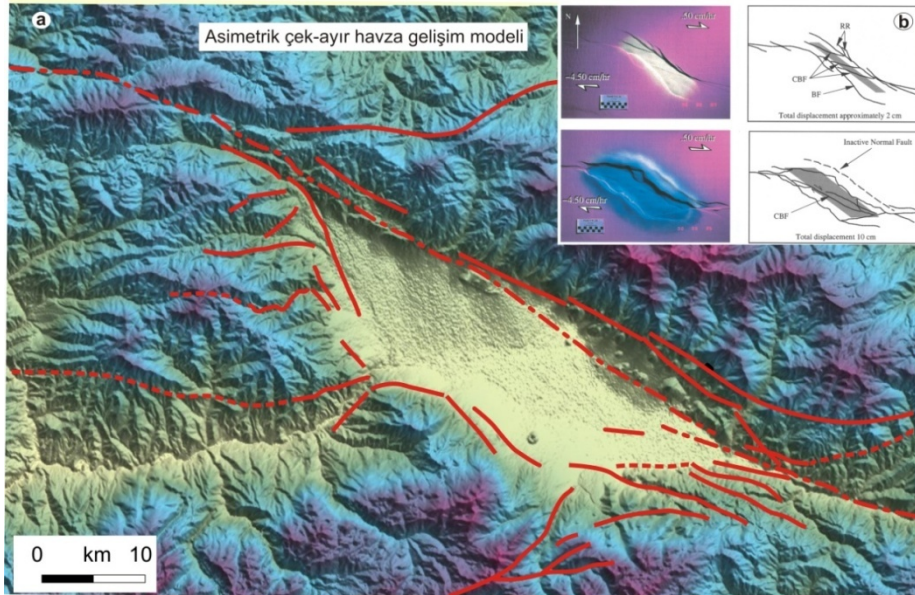
1939 Erzincan Depreminin yüzey kırığı, bugünkü kent yerleşiminin GD sında ova içerisinde başlayarak havzanın KB sına doğru uzanmaktadır. 1992 Erzincan Depreminin merkez üssü ise havzanın doğu yarısı içerisinde bulunmaktadır. Fakat belirgin biçimde yüzey kırığı gözlenemeyen 1992 depreminin artçı sarsıntıları, havzanın GD'sunda ova içerisinde Ovacık Fayı ile KAFZ arasında KAFZ'nin uzanımına paralel bir dağılım sunmaktadır (Barka ve Eyidoğan, 1993; Grosser vd., 1998). Tatar vd. (1993) tarafından da 1992 Erzincan depreminin merkez üssünün

KAFZ ile OF'nın birleştiği yerde meydana geldiği ve yüzey deformasyonunun Erzincan'ın 15 km güneydoğusuna kadar uzandığı belirtilmiştir. Ayrıca 2009 Çağlayan depreminin (Mw=4.6) merkez üssü de yine havzanın doğu yarısında, Fırat Nehri'nin güneyinde yer almaktadır (www.deprem.gov.tr). 1939 Erzincan Depreminin yüzey kırığının uzanımı ve 1992 Depreminin artçı sarsıntılarının dağılım geometrisi, çek-ayır havzalarda meydana gelen bu yüzey kırıklarının havza kenarlarından daha çok, havza ortasına doğru göç ettiğini doğrular niteliktedir. Rahe vd. (1998), deneysel benzeşim modelinin sonuçlarına göre 3 evrede gelişimini tamamlayan çek-ayır havzalarının ilk evresinde havza kenarlarını denetleyen dikçe eğimli normal fayların, havzanın olgun evresinde gelişen yüzey kırıklarının havza ortasına doğru göç ederek, yok olma süreçlerine bir katkı sağladığını belirtmektedir.

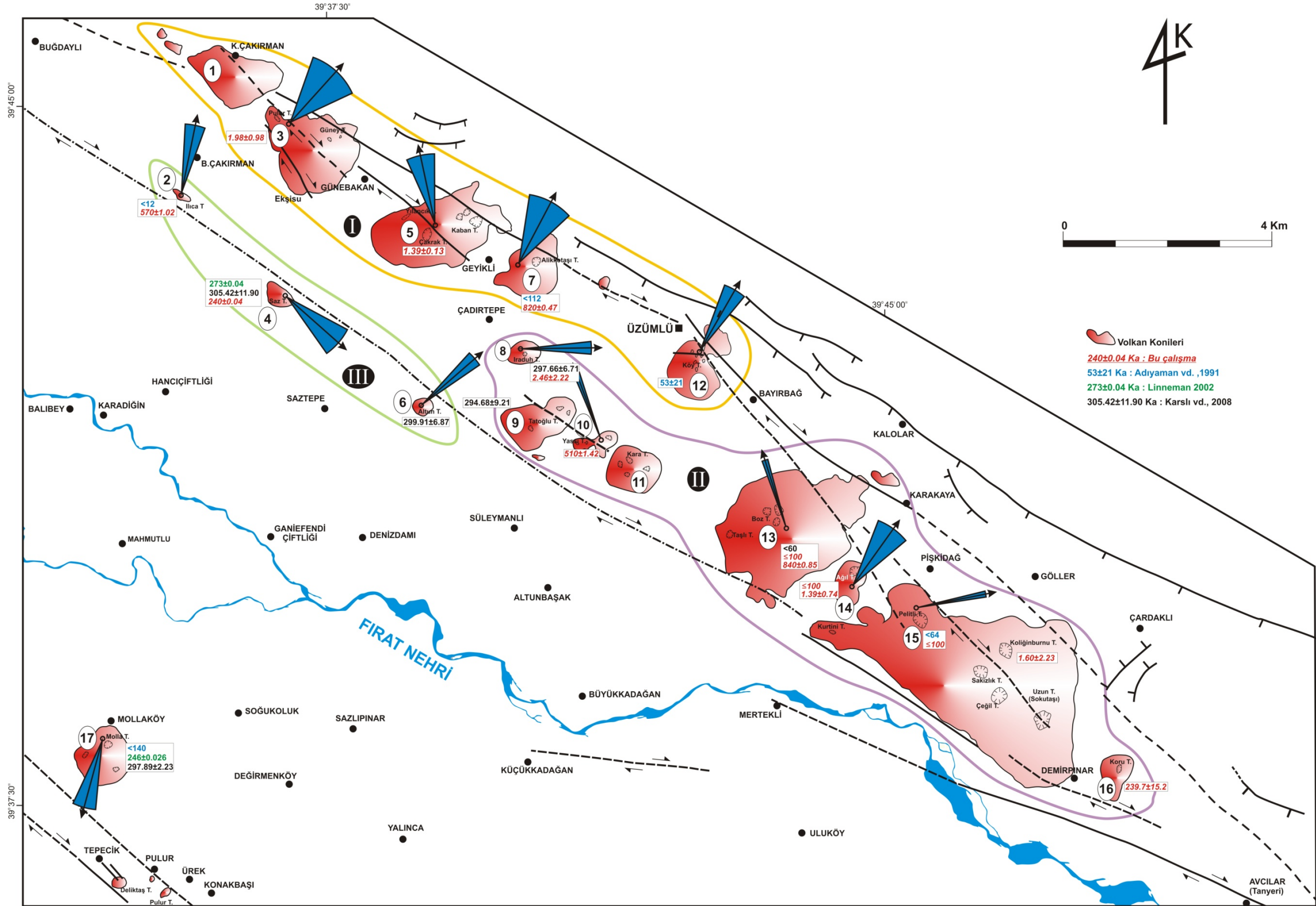
Havzanın kenar kısımlarında alüvyon yelpazelerini de kapsayan genç çökeller içerisinde, yüzeyde jeomorfolojik ve morfotektonik belirtisi gözlenmeyen fayların olup olmadığını araştırmak amacıyla KD-GB ve K-G gidişli hatlar boyunca bazı noktalarda ölçülen düzenli manyetik değerlerde, dar bir aralık içerisinde 50 ile 2500 nT arasında değişen ani sapmalar görülmüştür. Özellikle havzanın kuzey kenarındaki profillerdeki manyetik değerlerdeki bu ani sapmalar, volkanik çıkış merkezlerinin kenarlarında veya onlara yakın noktalarda yoğunlaşmaktadır. Birbirine koşut olan KKD-GGB gidişli manyetik profillerde sapma gözlenen bu noktalar bir doğru ile birleştirildiği takdirde, havzanın genel geometrisine uygun bir gidişe sahip, yüzeyde morfolojik belirti sunmayan gömülü fayların var olabileceğine işaret etmektedir (Şekil 5.13-EK-1). Bu manyetik anomali gözlenen noktalar, havza kenarından biraz daha güneyde ve çoğunlukla Ilıca Tepe, Saz Tepe, Altın Tepe gibi bağımsız küçük volkan konilerinin her iki kenarında yoğunlaşmaktadır. Bu dizilim, çek-ayır havzaların gelişimi ile ilgili olarak zamanla havza ortasında gelişen ve mevcut çek-ayır havzanın yok olmasına neden olan bir havza-içi çapraz faylanmanın varlığının işareti olabilir. Manyetik profillerden elde edilen bu çizgiselliklerin/gömülü fayların gerek yüzeyde varlıkları saptanan faylarla, gerekse gravite verilerinden belirlenen çizgisellikle uyumlu bir gidiş sunduğu gözlenmektedir (Şekil 5.14).

Manyetik profillerde saptanan değişimlerden başka, Erzincan Havzası'nın Bouguer Anomali Haritasından (Şekil 5.1) havzanın GD ucuna ait KD-GB gidişli

gravite modelleri üzerinde dayk şeklinde keskin bir morfoloji gösteren bir dizi yapı dikkati çekmektedir. Gravite haritası verilerinden hazırlanan b-b', c-c', d-d', e-e' ve f-f' kesitlerinde çok belirgin biçimde gözlenen bu yapılar (Şekil 5.4 ve EK 1 kesitleri), Rahe vd. (1998) tarafından önerilen asimetrik çek-ayır havza ve bunun içerisinde gelişen çapraz havza fayının gelişimine ait deneysel modele (analog) benzerlik göstermektedir (Şekil 6.8b). Bu yapılar, yüzeyde gözlenen volkan konilerinin bulunduğu hat boyunca genişliği 0.2-2.35 km arasında değişen bir kırık zonunu işaret edebileceği gibi, havzanın orta kısmında KB'dan başlayarak GD'ya doğru uzanan, sağa sıçramalı bir dizi doğrultu atımlı fay setine de karşılık gelebilir. Bu fay setlerinin sıçrama yaptığı bölgeler, aynı zamanda bir hat boyunca dizili küçük volkanik çıkış merkezlerinin yüzeye ulaştığı bacalar olarak ta düşünülmektedir. Erzincan Havzası'nın kuzey kenarına ait gravite ve manyetik verileriyle yüzey jeolojisinden saptanan çizgiselliklerin büyük oranda birbirleriyle örtüştüğü görülmektedir. Havzanın KD'sunda Erzincan ovasının dışında kalan bölgedeki KB-GD uzanımlı normal fayların yanı sıra, havzanın doğu ucundan havza içerisine doğru uzanan D-B uzanımlı normal faylar da, sözkonusu asimetrik çek-ayır havzanın olgun evre yapılarına benzerlik sunmaktadır (Şekil 6.8).



Şekil 6.8 a) Erzincan Havzası'nın ana neotektonik yapıları ve b) Rahe vd (1998) ninasimetrik çek-ayır havza modeli ile karşılaştırma.



Şekil 6.9 Erzurum Havzası'ndaki volkanik konilerin yaşlarına ve alansal büyüklüklerine göre grupsal dağılım haritası.

Adıyaman vd. (2001) tarafından verilen Erzincan Havzası'ndaki 6 jeokronolojik yaş bulgusuna göre havza içerisindeki volkanizmanın yaşı 140.000 ile 12.000 yıl aralığında değişmektedir. Ayrıca Karlı vd. (2008), çoğunluğu Ar-Ar yöntemiyle havza içerisindeki 6 volkanik çıkış merkezinden 102 ile 1060 Ka arasında değişen yaşlar saptamıştır. Ancak bu havza içerisinde yüzeyleyen volkanik kayalardan alınan tüm örneklerin paleomanyetik analiz sonuçlarının normal polariteli olması, söz konusu volkanizmanın son 780.000 yıllık dönem içerisinde (Brunhes Normal Chrono) geliştiğini göstermektedir. Bunun yanı sıra, bu çalışmada Erzincan Havzası'ndan jeokronolojik yaşlandırma amacıyla alınan toplam 40 örneğin 13'ünden elde edilen Ar^{40}/Ar^{39} yaş verileri (Tablo 3.6 ve 3.7) incelendiğinde 6 örneğin yaşının paleomanyetizma verileri ile uyumlu olduğu, diğer 7 yaşın sonucunun ise bu verilerle uyumlu olmadığı ve hata aralığının oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Özellikle çok genç volkanik kayaların dokusal ve petrolojik özelliklerinden dolayı jeokronolojik yaşlandırmaya uygun mineral bulunamadığı için zaman zaman bu tür güçlükler yaşanmaktadır. Bununla beraber, jeokronolojik yaş verileri, normal polarite özelliği gösteren paleomanyetizma verileri ile denştirildiğinde bunların tümünün yaşının 780.000 yıl ya da daha genç olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Ayrıca havza içerisinde dairesel geometrili volkanik çıkış merkezlerinin KB-GD yönünde I, II ve III ile gösterilen üç belirgin hat üzerinde grupsal bir dizilim bulunduğu gözlenmektedir (Şekil 6.9). Bu volkanik konilerdeki lav akıntılarında örnekleme yapılmasına rağmen, tümünden yeterli jeokronolojik yaş bulguları elde edilemediği için, bu dizilimin zamansal ve konumsal dağılımının ilişkisini tam olarak incelemek şu anda olanaksızdır. Ancak daha önce yapılmış olan yaş verilerinin yanı sıra, bu çalışmada elde edilen bazı yaş verileri de kullanılarak bu konilerin havza kenarına paralel şekildeki uzanımlarının hem geometrik, hem boyut hem de yaş ilişkilerine göre 3 belirgin gruplanma oluşturduğu göze çarpmaktadır (Şekil 6.9). I. Grup, havzanın kuzey kenarına en yakın olan 1, 3, 5, 7 ve 12 nolu konilerin oluşturduğu gruptur. Bu grup içerisindeki konilerin yaş aralığı, 12 nolu koni hariç, 0.82 ile 1.39 MY arasında değişmektedir. Bu grubun içinde kabul edilen ve morfolojik olarak çok genç görümlü olan 12 nolu Köy Tepe konisinin hemen altında, daha yaşlı eski bir koniye ait lav akıntısı mevcuttur. 12 nolu Köy Tepe

konisinden saptanan 53 ± 21 Ka yaşının olasılıkla en genç evredeki bir volkanizmaya ait olduğu düşünülmektedir. II. Grubu ise 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15 ve 16 nolu koniler temsil etmektedir. Yüzlek genişliği açısından iki farklı alt gruba ayrılabilen bu grubun saptanabilen jeokronolojik yaşları 1.6 ile 0.239 MY arasında değişmektedir. II. Grup içerisinde değerlendirilen 8 nolu Iradah Tepe konisinden elde edilen 0.297 ve 2.46 MY gibi birbirinden oldukça farklı iki yaş saptanmıştır. Ancak bu koninin arazideki morfolojik yapısının tek bir volkanik evreyi temsil eder görünümünün yanı sıra, saptanan 2.46 MY lık yaş ve hata payının büyük olmasının nedeninin bu konide örneklenen kayacın petrolojik özelliklerinden kaynaklandığı kabul edilmektedir. II. Grubu oluşturan 13, 14, 15 ve 16 nolu koniler, I. Gruba giren konilerin yaş aralığından (0.82 ile 1.39 MY) hem daha yaşlı hem de daha genç yaşları kapsamaktadır. Özellikle yüzlekleri en geniş olan 13 ve 15 nolu koniler üzerinde 60 Ka ile 1.60 MY arasında değişen yaşların saptanmış olması, bu konilerin birbirinden farklı birkaç zaman aralığında oluşan volkanizmanın yüzeye ulaşmasını sağlamış olduğunu göstermektedir. III. Grubu ise 2, 4 ve 6 nolu volkanik çıkış merkezleri temsil etmektedir. Bu grubu oluşturan konilerin en belirgin özelliklerinden birisi ise ilk iki gruba göre Erzincan ovasının biraz daha ortasına yakın konumda olmasının yanı sıra, 4 ve 6 nolu (Saz Tepe ve Altın Tepe) konilerinin diğer ilk grupta yer alan konilere göre daha küçük geometri olmasıdır. III. grubun 2 nolu çıkış merkezini temsil eden Ilıca Tepe ise hepsinden farklı olarak, bir koniden daha çok bir yarık volkanizmasını temsil eder nitelik sunmakta ve buna ek olarak 4 nolu Saz Tepe konisi ile birlikte hemen yakınında sıcak su çıkışı bulunmaktadır.

Volkanik çıkış merkezlerinin genel dağılımları ile ilgili yukarıda açıklanan gruplandırmalardan da anlaşılacağı gibi, havzanın kuzey kenarından havza ortasına doğru, KB-GD uzanımlı volkanik çıkış merkezlerinde bir gençleşme olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle gravite ve manyetik verilerinden elde edilen bulgular, III. Grubu oluşturan çıkış merkezlerinin çevresinde KAFZ'in ana kırığının bu hat üzerinde olduğunun en somut verisini oluşturmaktadır. III. Grup volkanik çıkış merkezini izleyen hat, Rahe vd. (1998)'nin modeline göre asimetric çek-ayır havza gelişiminin olgun evresinde havza ortasından geçen çapraz havza faylarına ya da Wu vd. (2009)'nin modeline göre genişlemeli çek-ayır havzaların ilerlemiş evrelerindeki havza kenarı ve/veya çapraz havza faylarına karşılık gelmektedir. Nitekim 1939

depremi yüzey kırığının uzanımı ve 1992 depreminin artçı sarsıntılarının dağılımının (Barka ve Eyidoğan, 1993; Fuenzalida vd., 1997; Grosser vd., 1998) havza içerisinde derinliği 10 km ye ulaşan genellikle düzlük alanlarda kümelenmesi, gömülü aktif bir çapraz havza fayının varlığını doğrular niteliktedir. Hubert-Ferrari vd. (2002)'de havzada oluşan sismik kırıkların izinin yüzeyde gözlenememesinin nedenini Erzincan Havzası'nın çok derin bir havza (deep-rooted) olmasına bağlamaktadır. Sözkonusu benzer derin bir havza tabanına karşılık gelen yapılar, Şekil 5.4 deki özellikle d-d' ve f-f' gravite modellerinde çok belirgin biçimde saptanmıştır (EK-1, Gravite modelleri). Çek-ayır havzaların zamanla evrim geçirerek havza kenarlarındaki fayın olgunluk evresinde havza ortasına doğru göçettiğini belirten Zhang vd. (1989), dünyadan çeşitli örnekler vermiştir. KAFZ üzerinde son yüzyılda meydana gelen depremlerde gözlenen yüzey kırıklarının havza kenarlarından daha çok, havza içine doğru uzandığını öne süren Gürbüz ve Gürer (2009), Türkiye'deki çek-ayır havzaları oluşturan fayların Orta Pleyistosen'den itibaren havza ortasına doğru göçettiğini belirtmektedir.

Kaypak (2008) havza içindeki Neojen yaşlı çökellerin kalınlığının 3 boyutlu tomografik verilere göre Erzincan şehir merkezinin hemen doğusunda 2-3 km ye ulaştığını ve havza derinliğinin GD da oldukça belirgin biçimde görüldüğünü açıklamaktadır. Gaucher (1993) ise 1992 Erzincan depreminin artçı sarsıntı verilerine göre havzanın GD kesimindeki çökellerin kalınlığının 650-2100 metre arasında değiştirdiğini belirtmektedir. Bu bulgulara göre havza GD sundaki genç çökel kalınlığının artması, Ovacık Fayına bağlı olarak gelişen açılma ile ilişkilidir. Erzincan Havzası'ndaki sondaj verilerine göre havza dolgusunun toplam kalınlığı 2 km dir (Koçyiğit, 1991). Ancak havzanın kuzey kenarında Ilıca-Köşünker (Başpınar) jeotermal sahasında yapılan 600 metrelik sondaj, temel kayalara ulaşılmadan sonlandırılmıştır (Özmutaf ve Can, 1985). Ayrıca Akkuş ve Yıldırım (1995) bu bölgedeki sıcak akışkanın depolanabileceği uygun rezervuar kayaların ekonomik derinlikte olmadığını belirtmektedir.

Erzincan Havzası'nda yer alan genç volkanik kayalarda yapılan manyetik duyarlılık anizotropisi (AMS) çalışmalarıyla volkan konilerindeki lavların akıntı yönleri ile ilgili dikkate değer sonuçlar vermiştir. 4. Bölümde ayrıntılı olarak verilen bu sonuçlar incelendiğinde, akıntı yönlerinin, konileri sınırlayan doğrultu atımlı

fayların genel uzanımı ile uyumlu olduğu gözlenmektedir. Bu durum, volkan konilerinin fay kontrollü geliştiğine dair önemli ipuçları vermektedir. Çizgisel (prolate=linear) fabrik özelliği lavlarda çok yaygın bir özellik değildir (Tarling ve Hrouda, 1993). Bununla birlikte Erzincan Havzası'ndaki lav akıntılarında bu özelliğin göze çarpması, olasılıkla yüksek eğimli koni yamaçlarından borumsu, aşağıya doğru bir akışın varlığını işaret etmektedir. Lav akıntılarında gözlenen fabrik genelde düşük oranlarda titanomanyetit tanecikleri şeklindedir. Bunlar eğer kısmi olarak kristalize olurlarsa, lavlar içerisindeki akıntılarla birlikte yönelim kazanabilirler. Bu durum çoğu kez soğumanın hızlı olduğu ve soğuma sonrası oluşan fabriğin genelde önemli olmadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, az miktarlardaki lav akıntılarının koni ağızlarından püskürerek eğimli koni yamaçlarından aşağıya doğru aktığını göstermektedir. Bu durum hem AMS değerleri hem de arazide yapılan çalışmalarda da çok belirgindir. Değişik örnekleme istasyonlarından elde edilen AMS değerleri incelendiğinde akıntı yönlerinin, kabaca doğu-batı olan birkaç örnek haricinde, konilerdeki akıntı yönlerinin büyük bir çoğunluğunun kuzeye ya da güneye doğru olduğu görülmektedir. Bu akıntı yönleri, volkanik aktivitenin çoğunlukla havzanın kuzeydoğu kenarını sınırlayan BKB-DGD uzanımlı faylar boyunca derinlerde tek bir magma kaynağından geliştiğini ve bu faylar tarafından kontrol edildiğini göstermektedir.

Termomanyetik ölçümler çoğunlukla aynı ısınma ve soğuma eğrilerine sahip olup, Curie noktaları ferromanyetik olarak düşük dereceli Ti-titanomanyetit içermektedir (Şekil 4.1 ve 4.5). Bazı örneklerde Curie noktası $\sim 510^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar düşmektedir. Bu durum Erzincan Havzası'ndaki genç volkanik kayaların uzun süreli yarı akışkan halde bir oluşum sürecine sahip olmadığını göstermektedir. Buna karşın daha yaşlı kayalar 580°C 'lik Curie noktalarına kadar çıkabilmektedir.

Erzincan Havzası'nın güney kenarı, kuzey kenarının aksine daha düzensiz bir geometriye sahip olup, genelde $K50^{\circ}-80^{\circ}\text{B}$ uzanımlı KKD ya eğimli normal faylarla sınırlıdır. Bu durum, güncel görünümü ile tipik bir çek-ayır havzanın genel geometrisine uymamaktadır. Havzanın kuzey kenarı genelde daha dik eğimli bir morfolojiye sahip iken özellikle güneybatı kenarı daha çok normal faylanmayı belirgin bir şekilde temsil eden yer yer ütü tabanı yapılı, üçgen yüzeyli daha

yumuşak eğimli bir morfoloji sunar (Şekil 6.10). Ancak Barka ve Gülen (1989), tanımladıkları S1 segmentini S1a (YSF1, YSF2) ve S1b (S1, ASF1) olmak üzere iki alt segmente ayırarak, S1b segmentinin havzanın doğusundan batıya doğru genç çökeller içerisinde doğru uzandığını belirtmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.10 Havza güneyinde Gölpınar-Pınarönü köyleri arasındaki Gölpinar-Pınarönü Fayının (GPF) normal faylanma morfolojisi (K'den G'ye bakış).

S1b segmentinin (S1, AFS1) devamı olarak düşünülen S1a segmenti (YFS1, YFS2), Havzanın güney kenarını sınırlayan en büyük tektonik yapı olup, S1b segmentinden farklı bir doğrultuya sahiptir. Ovacık Fayının oluşumu ile birlikte başlayan sol yanal harekete bağlı olarak S1 (YFS1, YFS2) segmentinin doğu ucunda 12° lik bir açısız rotasyon gelişmiş ve bu rotasyon sonucunda ortaya çıkan ayrılma ile Ovacık fayı üzerinde 5 ± 2 km lik bir ötelenme gelişmiştir (Barka ve Gülen, 1989). Özellikle havzanın güney kenarında, kuzey kenarındaki kadar olmamakla birlikte, Molla Tepe'de riyolitik tüf (140 Ka dan genç Adıyaman vd., 2001; 264 Ka, Karşı vd., 2008), Pulur Köyü dolayında genç bazaltik volkanizma gelişmiştir. Havza güneyindeki Molla Tepe'deki riyolitik tüf/pümis ocağında gözlenen KB-GD gidişli normal faylanmalar, aynı zamanda KD-GB yönlü bir genişlemeyi işaret etmektedir (Şekil 6.11). 1992 depreminin artçı sarsıntılarına ait odak mekanizması çözümlerinden bazıları (Fuenzalida vd., 1997), doğrultuları yer yer değişmekle beraber normal faylanmayı göstermektedir. Ayrıca gevşek çimentolu akarsu çökelleri ve alüvyon yelpazeleri üzerinde yaklaşık K-G yönlü P-0, P-20 ve P-24 manyetik profillerde ölçülen zayıf sinyaller, yüzeyde çok belirgin bir jeomorfolojik belirteci gözlenemeyen, ancak havzanın genel geometrisine uygun gidişe sahip örtülü/gömülü bazı faylanmaların varlığını işaret etmektedir (Şekil 6.12).



Şekil 6.11 Molla Tepe konisindeki pümis ocağında gözlenen küçük ölçekli normal faylar (KB'dan GD'ya bakış).



Şekil 6.12 Tatlisu Köyü kuzeyindeki alüvyon yelpazesini kesen Çağlayan Fayının (ÇF) Google Earth görüntüsü üzerindeki görünümü.

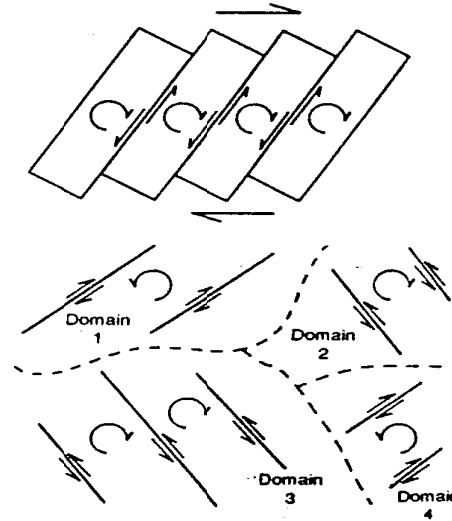
Havzanın güney kenarında ölçülen manyetik profil verilerinin, maxspot çizgisellikleri ve yüzey jeolojisi ile birlikte değerlendirildiğinde, havzanın kuzey kenarındaki verilere oranla birbirleriyle daha az örtüştüğü görülmektedir (Şekil 5.3-5.14-EK-1). Ayrıca, Erzincan Havzası'na ait Bouguer Anomali Haritasından elde edilen gravite modellerinde havzanın güney kenarında, kuzey kenarda gözlenen

havza iç yapısı kadar belirgin bir iç yapı gözlenememiştir (Şekil 5.4). Bu durum iki şekilde açıklanabilir. Birinci olasılık, havzanın güneyinde, kuzey kenardaki gibi düşey atımlı faylar var olmasına rağmen, bunların üzerinde birikmiş olan alüvyon/yelpaze çökelleri ile temel kayaçların birbirine yakın özgül ağırlığa sahip kayaçlar (ofiyolitik ve karbonatlı kayaçlar) olduğu için bir gravite anomalisi oluşturmamaktadır. İkinci olasılık ise havzanın güney kenarında, kuzey kenardakiler kadar belirgin faylar yoktur. Bu nedenle temel ve dolgu (alüvyon/yelpaze çökelleri) kayaçlarının yoğunlukları birbirine çok yakın olduğu için gravite değerlerinde pik yapacak oranda değişim gözlenememektedir. Erzincan Havzası'nın güney sınırındaki gravite değerlerinde belirgin bir anomali gözlenmemekle birlikte, Karatuş Köyü batısındaki alüvyon yelpazesinde (Şekil 6.12) K70°B uzanımlı bir fayın izine yakın kısımlarındaki manyetik profillerde bazı süreksizlik sinyalleri saptanmıştır (Şekil 5.10).

Christie-Blick ve Biddle (1985) tarafından değerlendirilen paleomanyetik çalışmalar, doğrultu atımlı zonlarda kabuksal blokların rotasyonlarının geniş alanlara yayılmış olduğunu göstermiştir. Doğrultu atımlı fay zonlarının arasında kalan büyük tektonik bloklar, bu fayların hareket özelliklerine göre düşey bir eksen etrafında saat yönünde ya da saatin tersi yönünde rotasyona uğrarlar. Doğrultu atımlı fay zonlarının gevşeten veya sıkıştıran büklüm şeklinde sıçrama yaptığı kuşak içerisinde kalan blokların büyüklükleri, uğradığı rotasyonun tür ve miktarı, doğrultu atımlı fay zonunun genişliğine ve atım miktarına göre değişir. Çek-ayır havzaları ve onların geçirdiği evrimi daha iyi anlayabilmek için, havzanın gelişimiyle eşyaşlı volkanik kayaçlardan paleomanyetik yöntemlerle saptanan tektonik rotasyonlardan önemli sonuçlar ortaya konulmuştur (Tatar vd., 1995; Piper vd., 1997). Çek-ayır havzaların şekli, bu havzaların sınırlarındaki ikincil kırıkların oluşturdukları antitetik ve sintetik faylar, çatlak ve damarların geometrileri tarafından kontrol edilir (Kim vd., 2003). Buna en iyi örnek Erzincan Havzası'dır. Erzincan Havzası'nın gelişimi, birbirinden farklılıkları ve benzerlikleri olan birkaç değişik model ile açıklanmaya çalışılmıştır. İlk kez Aydın ve Nur (1982) ve Hempton ve Dunne (1984) tarafından Erzincan Havzası'nın GD ucuna uzanan KD-GB uzanımlı sol yanal doğrultu atımlı Ovacık Fayı dikkate alınmadan, her iki kenarı da aktif faylarla kontrol edilen romboedrik bir çek-ayır havzası olduğu öne sürülmüştür. Bu havza ilk olarak geometrik şekli

itibariyle “romboedrik” bir havza olarak tanımlanmış olmakla birlikte, daha sonra yapılan çalışmalarda (Barka ve Gülen, 1989; Fuenzalida vd., 1997; Chorowicz vd., 1999; Koçyiğit, 2003) birden fazla evrede gelişim geçirmiş bir havza olarak yorumlanmaktadır. Erzincan Havzası'nın karmaşık ve çok evreli gelişiminde güney kesimindeki sol yanal doğrultu atımlı Ovacık Fayı etkili olmuştur (Barka ve Gülen, 1989; Chorowicz vd., 1999; Koçyiğit, 2003). Sol yönlü doğrultu atımlı Ovacık fayı, Erzincan Havzası'nın açılımına katkıda bulunmuş ve bu da muhtemelen havzanın derinliğinin çok fazla olmasının bir nedeni olarak yorumlanmıştır (Şengör vd., 2005). Havza içerisindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanizma Koçyiğit ve Tokay (1985) a göre Geç Pliyosen'den itibaren KAFZ üzerinde etkin olmaya başlayan sıkışma-genişleme rejimine bağlı olarak gelişen açılma çatlakları ve verrev atımlı normal fayları izleyerek yüzeye ulaşmıştır. Chorowicz vd. (1999), herhangi bir paleomanyetik veriye dayanmadan, Erzincan Havzası'nın açılımının iki aşamada geliştiğini, ilk aşamada Ovacık Fayı boyunca sol yanal bir blok hareketiyle birlikte saat yönünde bir rotasyonla, ikinci aşamada ise KAFZ boyunca sağ yanal bir blok hareketi sonucunda oluştuğunu öne sürmektedir. Adıyaman vd. (2001) havzanın KD'sundaki bir hat boyunca dizili volkanik çıkış merkezlerinin, havza oluşumunun ikinci evresinde Kuvaterner'de gelişen dar ve romboedrik şekilli küçük bir havza içinde geliştiğini belirtmektedir. Bu çalışmada yapılan haritalama sonucunda havza içerisinde morfolojik görünümü itibariyle 17 volkanik çıkış merkezi belirlenmiştir. Havzanın güney kenarındaki Molla Tepe ve onun hemen güneydoğusundaki iki küçük volkanik yüzlek hariç, diğerlerinin tamamı havzanın kuzey kenarı üzerinde bulunmaktadır.

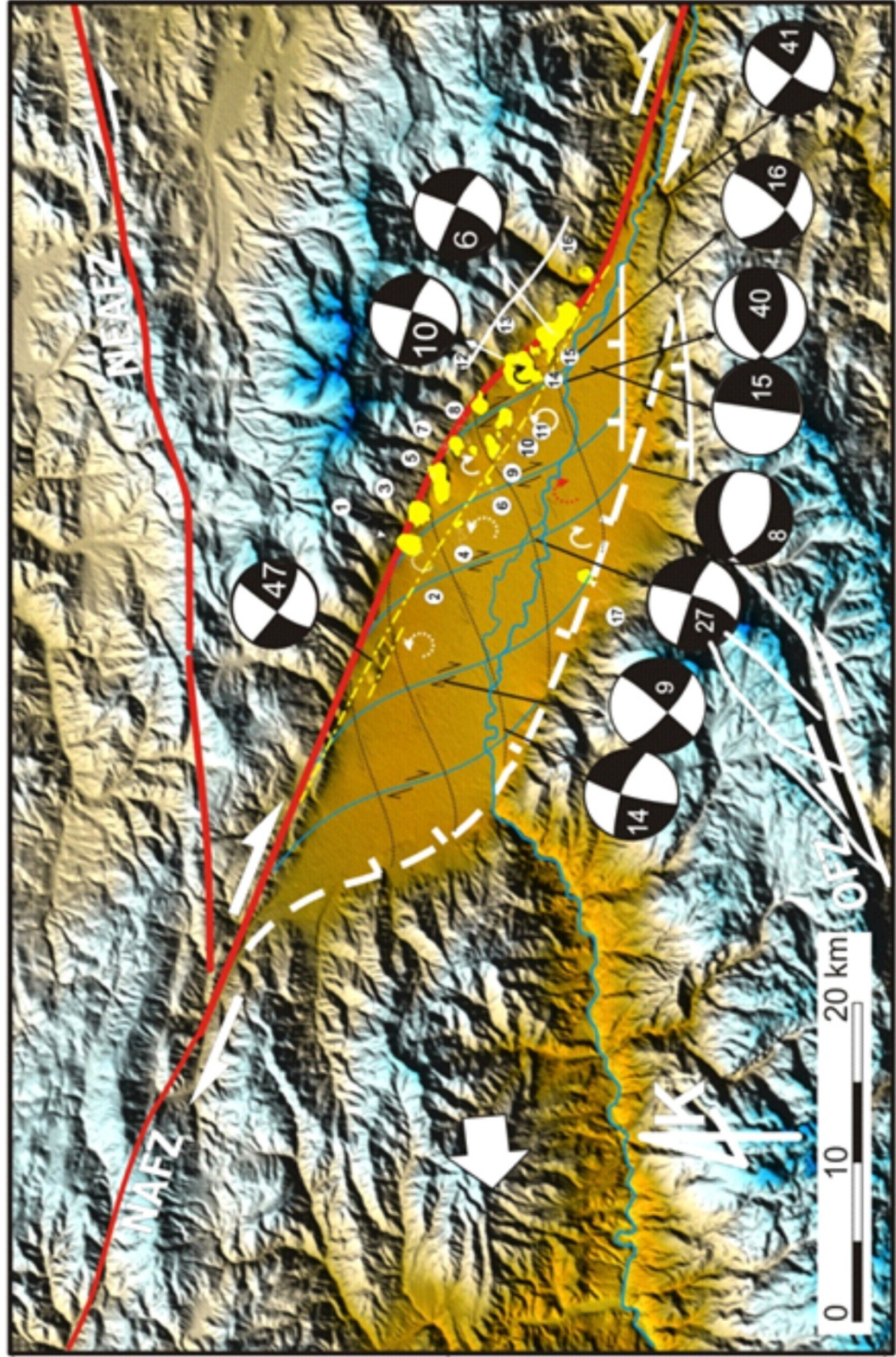
Sağ yanal ana doğrultu atımlı fay sistemlerinde saat yönünde rotasyonlar baskındır, fakat rotasyonun kinematiği karmaşıktır (Woodcock ve Schubert, 1994) (Şekil 6.13).



Şekil 6.13 Bir doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde farklı konumdaki alanların farklı rotasyona uğramış bloklarının harita görünümüleri (Woodcock ve Schubert, 1994).

Güncel modeller Freund (1970) un önerdiği antitetik sol yanal faylarla birbirinden ayrılmış uzamış blokları örnek almaktadır. Bazı doğrultu atımlı fay zonları ve onlara komşu bölgeler, saatin tersi yönünde dönen bloklar ile sağ yanal fayların bitişik olduğu sol yanal faylarla bölünmüş alanlar, belirgin bir alansal yapıya sahiptir (Freund, 1974; Ron vd., 1984) (Şekil 6.13). Bir başka güçlük, büyük doğrultu atımlı faylar içinde daha küçük ölçekte iç içe geçmiş bloklar/alanlar oluşabilir, zıt yönde üretilen rotasyonlar sınırlı paleomanyetik rotasyonu azaltabilmektedir (Woodcock, 1987).

Gevşeten büklümlü, sağa sıçramalı sağ yanal makaslama zonu ve sağ yanal sintetik bağımsız faylanmalar gelişen havzada saat yönünde; aynı sistem içinde antitetik bağımsız faylanmalara bağlı olarak saatin tersi yönünde rotasyonların oluşumu mekanik olarak mümkün olabilmektedir. Sağa sıçramalı bir çek-ayır havza içerisinde birbirine komşu konumlu bu volkanik çıkış merkezlerinden birkaçında, birbirlerinden farklı tür ve miktarlarda rotasyon gelişmiştir. Bu durum olasılıkla sağ yanal doğrultu atımlı bir fay sistemi içerisinde gelişmiş romboidal bir çek-ayır havza oluşumunun ileri evrelerinde oluşabilen ve havzayı sınırlayan ana faylara çapraz yönde gelişmiş sintetik sağ ve antitetik sol yanal faylarla sınırlı bloklarda bir takım rotasyonların gelişebileceğini işaret etmektedir (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. Erzincan Havzası'nda gelişen paleomanyetik rotasyonların oluşumunu açıklayan model. 1992 depreminin artçı sarsıntılarının bazılarının merkez üslerinin havza içerisindeki yayılımları ve bunlara ait odak mekanizmaları çözümleri (artçı sarsıntı odak mekanizması çözümleri Fuenzalida vd., 1997'den alınmıştır).

Erzincan Havzası sağa sıçramalı büyük doğrultu atımlı bir fay sistemi olan KAFZ tarafından denetlenen bir çek-ayır havza olması nedeniyle böyle bir mekanizmaya sahip bir fay zonu içinde saat yönünde rotasyon beklenmelidir. Ancak, daha önceki kısımlarda verilen bilgilerden de anlaşılacağı üzere, gerçek anlamda havzanın, her iki kenarı sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemiyle tam olarak denetlenen bir geometriye sahip olduğu söylenemez. Havzanın özellikle GGB sı morfotektonik olarak daha çok normal faylanmanın baskın olduğu bir tektonik yapıya sahiptir. Havzanın kuzey yarısı içerisinde alüvyon dolguları içinden geçen ve gravite, manyetik ve güncel mikrosismik dağılımı verileriyle varlığı belirlenen KAFZ nun ana kırığı, tipik çek-ayır havzanın gelişiminin olgun evresinde gelişen bir havza içi çapraz faydır (Şekil 6.9). Bu havza içi çapraz fay aynı zamanda havzanın kuzey kenarında yoğun olarak dizili olan volkanik çıkış merkezlerinin de güney sınırını oluşturur.

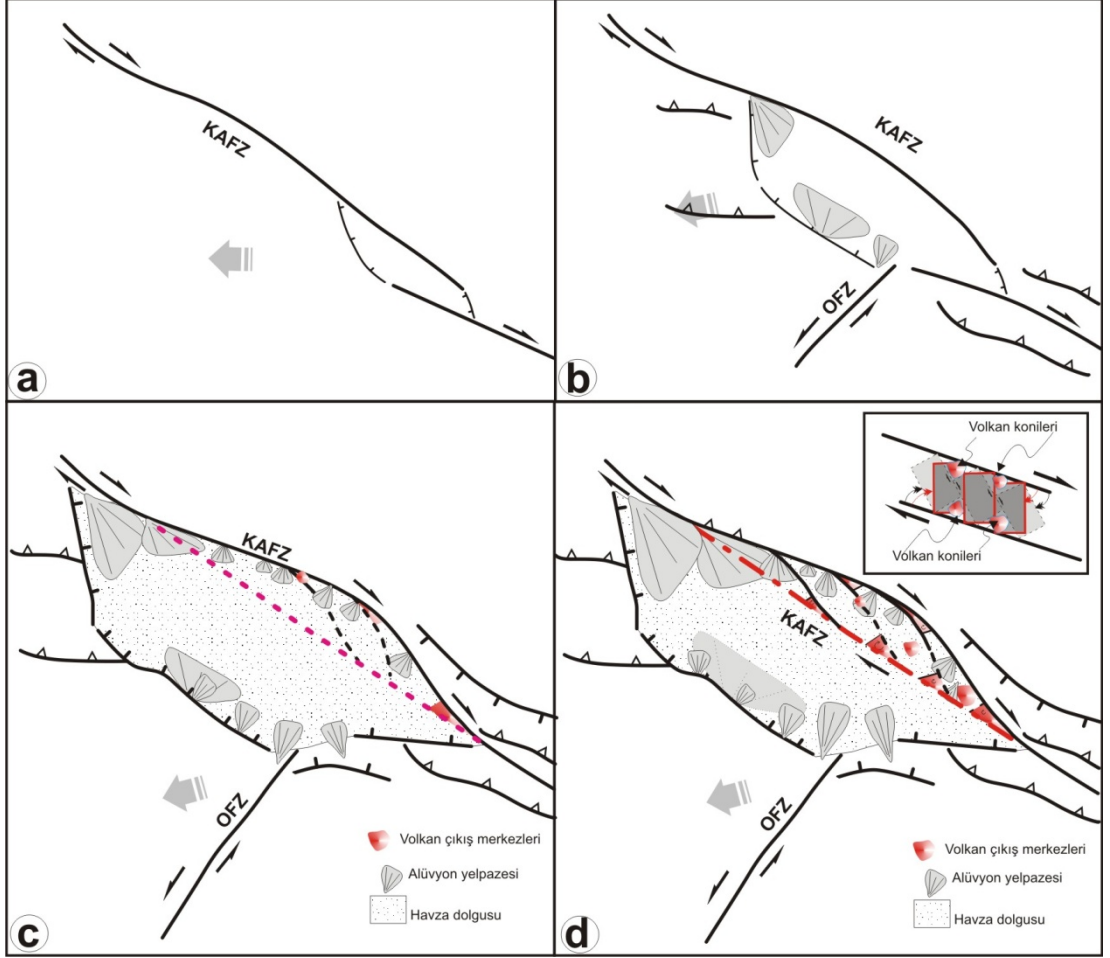
Erzincan Havzası'ndaki 17 volkanik koniden elde edilen paleomanyetik analiz sonuçlarından 13'ünde değerlendirilebilir gruplanmalar gözlenmiştir. Özellikle havzanın ortasından geçen Fırat Nehrinin kuzey kısmında, havzanın kuzey kenarına yakın bölgede değerlendirilebilir gruplanma gözlenen 12 volkanik çıkış merkezinin her birisinde farklı tür ve miktarda rotasyon geliştiği görülmektedir. Çakrak Tepe (5 nolu), Yassı Tepe (10 nolu) ve Boz Tepe (13 nolu) konilerinden sırasıyla 13°, 21° ve 18° lik saatin tersi yönünde rotasyonlar gözlenmektedir. Bu üç konideki saatin tersi yönünde gelişmiş olan rotasyon iki farklı şekilde açıklanabilir. Bunlardan birincisi, bu üç koniye ait saptanan deklinasyon değerlerinin günümüz manyetik alanından çok farklı olmadığı kabulüne dayanmaktadır. Olasılıkla 10° ye varan saatin tersi yönündeki bu hareketlerin, sağ yanal doğrultu atımlı bir sistem içerisinde saatin tersi yönde bir tektonik rotasyona uğramak yerine, seküler değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir (Tatar vd., 2009). İkinci olarak ise manyetik normal polaritelere göre son 780.000 yıllık zaman dilimi içerisinde gelişen bu volkanik çıkış merkezlerinin havza içerisinde belirgin üç çizgisel hatta bir gruplanma oluşturması; bu çıkış merkezlerinin çevresinde, gravite ve manyetik verilere dayanarak birtakım kırık sistemlerinin varlığının saptanmış olması, sağ yanal büyük bir doğrultu atımlı fay zonu içerisinde ana faylarla belirli açılar yapabilecek sintetik sağ ve antitetik sol

yanal doğrultu atım bileşenli ikincil fayların var olabileceği ve bunların tektonik rotasyonlara neden olabileceği yaklaşımına dayanmaktadır. Havzanın özellikle kuzey kenarını sınırlayan ana doğrultu atımlı faydan ayrılan ve onunla aynı türde, sağ yanal harekete sahip, kılçık yapısı türünde gelişmiş daha küçük boyutlu sentetik faylar (Örn. KBFS2 ve 3, ÜÇFS2, 3, 4 segmentleri) ve bunlara aykırı yönde harekete sahip olabilecek antitetik fayların mekanik olarak Çakrak Tepe, Yassı Tepe ve Boz Tepe konilerinde saatin tersi yönünde rotasyona neden olduğu düşünülmektedir.

Saatin tersi yönünde rotasyon gösteren bu üç koni dışında, kuzey kesimde belirlenen diğer konilerde saptanan rotasyonların tümü saat yönünde gelişmiş olup, yaklaşık 11° (Ilıca Tepe) ile 131° (Saz Tepe konisi) arasında değiştiği gözlenmektedir. Havzanın kuzey yarısı üzerindeki volkanik konilerde saptanan saat yönündeki rotasyonların maksimum ve minimum değer gösteren İlıca Tepe ve Saz Tepe konileri üç grup volkanik çıkış hattından en genç olanının üzerinde bulunmaktadır (Şekil 6.9). Halen sıcak su çıkışı gözlenen bu her iki koninin etrafında yapılan manyetik profillerde gömülü fayların var olduğu saptanmıştır. Büyük olasılıkla Saz Tepe etrafındaki fayların daha aktif olarak hareket ettiği ve bu nedenle de daha fazla rotasyon kazandığı düşünülmektedir. Woodcock ve Schubert (1994), sağ yanal doğrultu atımlı fay sistemleri içerisinde saat yönünde rotasyonların baskın olabileceğini, ancak bir doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde gelişebilen ikincil derecede küçük ölçekli farklı doğrultulara sahip antitetik fayların var olması halinde, bazen sisteme aykırı türde rotasyon gelişebileceğini de belirtmektedir.

Erzincan Havzası'nın güneyinde gözlenen tek volkanik çıkış merkezi olan Molla Tepe'de sadece 1 lokasyondan yapılan örneklemeden 195° lik saat yönünde bir rotasyonun varlığı belirlenmiştir. Ancak paleomanyetik araştırmalarda bir tektonik blok ve/veya kütlede elde edilen sonucun daha güvenilir olması için, birkaç lokasyondan örnekleme yapılması ve her birinin sonuçlarının birbiri ile uyumlu olması gereklidir. Bu mevcut veri saat yönünde oldukça büyük bir rotasyonu ifade etmekle birlikte, havza gelişimi ile ilgili açılmayı ifade eden modelleri destekler niteliktedir. Ancak daha anlamlı bir sonuç elde edebilmek için bu çalışmanın son evrelerinde saptanan ve ilk kez haritalanan Pulus Köyü dolayındaki iki volkanik

yüzlekten ve Molla Tepe konisinden yeniden örnekleme yapılarak daha sağlıklı sonuca ulaşılabilir.



Şekil 6.15 Erzincan Havzası gelişimi için önerilen model.

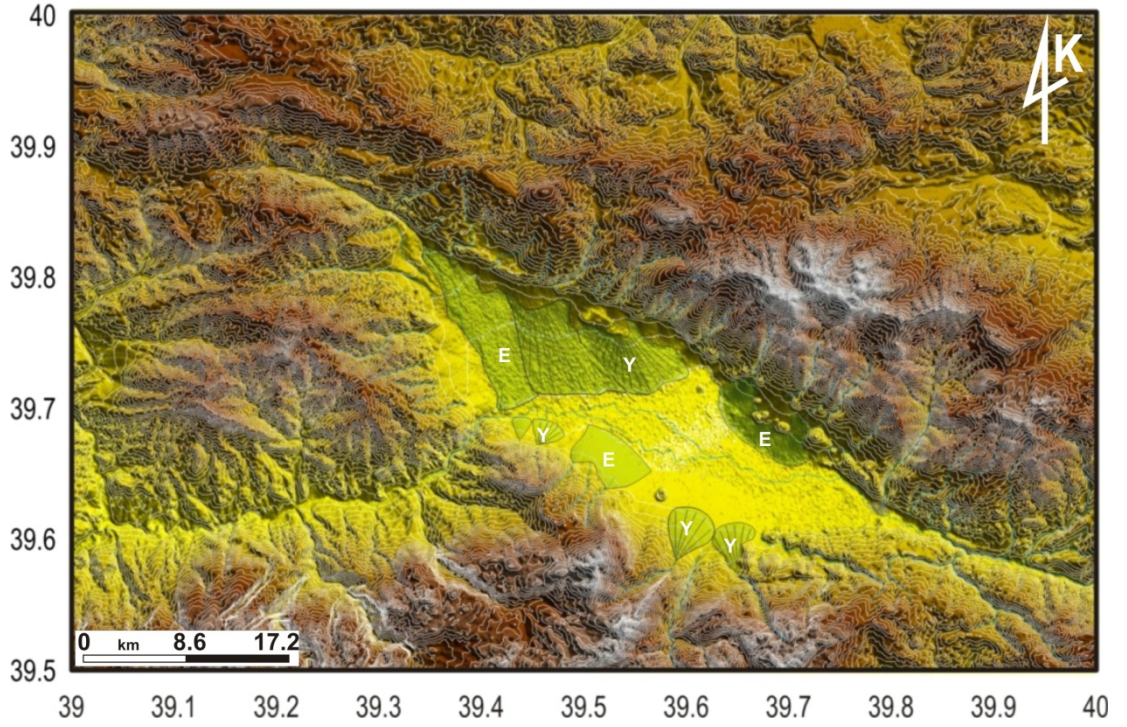
Büyük çoğunluğu dairesel ve kubbemsi geometriye sahip konilerin yüzeye ulaşan lavlarının, fay düzlemine bağlı bir yarık boyunca yükselmesinden daha çok, kılçık yapısına bağlı oluşan kama biçimli açılan bir bacadan (sphenochasm) yüzeye ulaştığı akla daha yatkın gelmektedir. Sarp havza kenarından havza içerisine doğru yönelen kılçık yapısı şeklindeki sağ yanal doğrultu atımlı fayların havza kenarındaki ana faydan ayrıldığı kısımlardaki açılmalar, havzanın en kuzey sınırındaki volkan konilerinin yüzeye ulaştığı noktalardır (Şekil 6.15). KAFZ'nin ilk oluşum yaşı ile ilgili Orta-Geç Miyosen'den Pliyosen'e kadar değişen farklı görüşler bulunmakla beraber, Erzincan Havzası içerisinde gelişen genç volkanik kayalardan elde edilen

en büyük jeokronolojik yaş 1.39 MY (Erken Pleyistosen ?) dır. Bu jeokronolojik yaş, KAFZ nun başlangıç yaşı için önerilen tüm jeolojik yaşların hepsinden daha gençtir. Bu veriler, ilk gelişim evrelerinde volkanizma gelişmeyen Erzincan Havzasında, günümüzde çok belirgin morfolojiye sahip volkanizmanın geç/olgun gelişim evresindeki doğrultu atımlı faylanmalar sonucunda oluştuğunu göstermektedir (Şekil 6.16 c ve d). Erzincan Havzası içerisinde havza gelişimini denetleyen havzayı boydan boya geçen çapraz faylanmaya karşılık gelen gömülü fayların ve jeotermal kaynakların kuzey kenar üzerinde daha yaygın olması, Kuvaterner yaşlı volkanizmanın özellikle neotektonik yapıların daha yoğun geliştiğini göstermektedir.

Havza güneyinde Pulur Köyü yakınındaki küçük bir volkanik yüzlek ile havza kuzeyinde Ilıca Tepe’de gözlenen yüzlek, bir yarık volkanizması şeklinde gelişmiştir. Ilıca Tepe’deki lav akıntısının Ar/Ar jeokronolojik yaşı 12.000 yıl olarak belirlenmiştir (Adıyaman vd., 2001). Bu yaş Erzincan Havzası içerisinde bugüne kadar elde edilen en genç jeokronolojik yaş olup, sıcaksu çıkışı gözlenen ve havza-içi çapraz faya çok yakın, belki de onun üzerinde gelişmiş bir volkanik yüzlektir.

Özellikle Erzincan Havzası’nın içerisinde değişik alanlarda yapılan manyetik profillerde izlenen gömülü fayların varlığı ve Bouguer Anomali Haritasından elde edilen gravite modellerinden havzanın kuzeyindeki volkan konilerinin yer aldığı bölgede gözlenen kırık zonu, ayrıca volkanik çıkış merkezlerinin 3 grup altında çizgisellik göstermesi, havzanın kuzey yarısının daha çok doğrultu atımlı faylanmanın kontrolünde geliştiğini göstermektedir. Havzanın daralan doğu kesimi dışında, geniş yayılım sunan Kuvaterner yaşlı gevşek çimentolu, pekişmemiş örgülü akarsu/yelpaze çökellerinin oluşturduğu yelpaze morfolojileri, havzanın kuzey ve güney kenarlarında farklı yönlerde uzamış şekiller sunmaktadır (Şekil 6.16). Havzanın KB’sındaki Çardak Deresi’nden beslenen üç büyük eski yelpaze çökeli KB-GD gidişli morfoloji sunar. Kuzeydoğu kesimde Üzümlü ve çevresinde, güney kesimde ise Pınarönü, Yaylabaşı ve Kılıçkaya köyleri yakınlarında gözlenen eski alüvyon yelpazelerinde herhangi bir çarpılma gözlenmemektedir. Özellikle havzanın kuzey kenarında KD-GB yönlü yer yer havzaya yakın kesimlerde sağa doğru çarpılma gözlenen dere yatakları ağzında gelişen genç alüvyon yelpazelerinde asimetrik gelişim ve morfolojik çarpılmalar gözlenmektedir. Havza güneyindeki

Pınarönü, Yaylabası ve Kılıçkaya köyleri arasındaki daha küçük genç alüvyon yelpazelerinde ise, üzerinde geliştikleri eski alüvyon yelpazelerinin geometrisi ile uyumlu olup, herhangi bir asimetrik morfolojik gelişim/çarpılma gözlenmemektedir. Koçyiğit (2003), iki evreli havza gelişim modelinde havzanın kuzey yarısı ile güney yarısında deformasyon biçimi ve havza dolgusunun değiştiğini vurgulamıştır.



Şekil 6.16 Erzincan Havzası'nın morfolojik yapısı içerisinde eski ve yeni alüvyon yelpazelerinin dağılımı (E: Eski, Y: Yeni).

Havza içerisindeki volkanik çıkış merkezlerinin dağılımını, eski ve yeni alüvyon yelpazesi çökellerinin geometrisini, havza içindeki ve kenarlarındaki fayların özelliklerini ve Kuvaterner yaşlı volkanik kayalarda genelde saat yönünde fakat farklı miktarlarda gelişmiş rotasyonların varlığını ortaya koyan tüm gözlem ve bulgular, Erzincan Havzası'nın deformasyon biçiminin tek türde, tipik bir çek-ayır havzası şeklinde gelişmediğini göstermektedir. Havzanın Fırat Nehri'nin kuzeyinde kalan kısmı daha çok doğrultu atımlı faylanmaya ait yapılarla denetlenmekte, ancak güneyinde kalan kesimi ise daha çok KB-GD uzanımlı kuzeye eğimli normal faylanma ile denetlenmektedir.

6.2. Sonuçlar ve neriler

Kenarları yüksek dağ sıralarıyla çevrili Erzincan Havzası'nın Pliyo-Kuvaterner yaşı genç dolgu okellerinin litolojik özellikleri nedeniyle havza içinde faylara ait yaygın jeomorfolojik ve morfotektonik yapılar belirgin değildir. Erzincan Havzası'nın kuzey kenarı, güney kenarına göre daha düzgün bir ek-ayır havza kenarına özgü morfolojik yapıya sahiptir. Yeraltı suyunun yüksek olduğu bu havza içerisinde açılmış olan birçok drenaj kanalı, yoğun faylanma gelişen havzalar içerisinde gözlenebilecek kk doğal oknt glcklerinin (sag pond) doğal yapısını tahrip etmiştir.

Erzincan Havzası'ndaki 17 volkanik koniden elde edilen paleomanyetik analiz sonuçlarından 13'nde değerlendirilebilir gruplanmalar gözlenmiştir. Havzanın kuzey kenarına yakın bölgede değerlendirilebilir gruplanma gözlenen 12 volkanik çıkış merkezinin her birisinde farklı tür ve miktarda rotasyon geliştiği görülmektedir. akrak Tepe (5 nolu), Yassı Tepe (10 nolu) ve Boz Tepe (13 nolu) konilerinden sırasıyla 13°, 21° ve 18° lik saatin tersi yönünde rotasyonlar gözlenmektedir. Havzanın özellikle kuzey kenarını sınırlayan ana doğrultu atımlı faydan ayrılan ve onunla aynı türde, sağ yanall harekete sahip, kılıık yapısı türünde gelişmiş daha kk boyutlu sentetik faylar ve bunlara aykırı yönde harekete sahip olabilecek antitetik fayların mekanik olarak akrak Tepe, Yassı Tepe ve Boz Tepe konilerinde saatin tersi yönünde bir rotasyonun gelişmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Saatin tersi yönünde rotasyon gösteren bu üç koni dışında, kuzey kesimde belirlenen diğer konilerde saptanan rotasyonların tümü saat yönünde gelişmiş olup, yaklaşık 11° (Ilıca Tepe) ile 131° (Saz Tepe konisi) arasında değerliştiği gözlenmektedir.

Bunun yanı sıra, bu çalışmada Erzincan Havzası'ndan jeokronolojik yaşlandırma amacıyla alınan toplam 40 örneğin 13'nden Ar^{40}/Ar^{39} yaş verisi elde edilmiştir. Bu yaş verileri incelendiğinde 6 örneğin yaşının paleomanyetizma verileri ile uyumlu olduğu, diğer 7 yaşın sonucunun ise bu verilerle uyumlu olmadığı ve hata aralığının oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Bununla beraber, jeokronolojik yaş verileri, normal polarite özelliği gösteren paleomanyetizma verileri ile

deneştirildiğinde bunların tümünün yaşının 780.000 yıl ya da daha genç olması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır.

Daha önce yapılmış olan yaş verilerinin yanı sıra, bu çalışmada elde edilen bazı yaş verileri de kullanılarak Erzincan Havzası'nın kuzey kenarında yüzeyleyen konilerin havza kenarına paralel şekildeki uzanımlarının hem geometrik, hem boyut hem de yaş ilişkilerine göre 3 belirgin gruplanma oluşturduğu göze çarpmaktadır. Havzanın kuzey kenarından havza ortasına doğru, KB-GD uzanımlı volkanik çıkış merkezlerinde bir gençleşme olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle gravite ve manyetik verilerinden elde edilen bulgular, Üçüncü Grubu oluşturan çıkış merkezlerinin çevresinde KAFZ'in ana kırığının bu hat üzerinde olduğunun en somut verisini oluşturmaktadır. Havza içerisinde yaygın olarak gözlenen volkanizma, havzanın geç/olgun evresindeki doğrultu atımlı faylanmalarla yüzeye ulaşmıştır.

Erzincan Havzası'nda yer alan genç volkanik kayalarda yapılan manyetik duyarlılık anizotropisi (AMS) çalışmalarıyla volkan konilerindeki lavların akıntı yönleri ile ilgili dikkate değer sonuçlar vermiştir. AMS çalışmalarından elde edilen akıntı yönlerinin, konileri sınırlayan doğrultu-atımlı fayların genel uzanımı ile uyumlu olduğu gözlenmektedir. Değişik örnekleme istasyonlarından elde edilen AMS değerleri incelendiğinde akıntı yönlerinin, kabaca doğu-batı olan birkaç örnek haricinde, konilerdeki akıntı yönlerinin büyük bir çoğunluğunun kuzeye ya da güneye doğru olduğu görülmektedir. Bu akıntı yönleri, volkanik aktivitenin çoğunlukla havzanın kuzeydoğu kenarını sınırlayan BKB-DGD uzanımlı faylar boyunca derinlerde tek bir magma kaynağından geliştiğini ve bu faylar tarafından kontrol edildiğini göstermektedir.

Havzanın kenar kısımlarında alüvyon yelpazelerini de kapsayan genç çökeller içerisinde, yüzeyde jeomorfolojik ve morfotektonik belirtisi gözlenmeyen fayların olup olmadığını araştırmak amacıyla KD-GB ve K-G gidişli hatlar boyunca bazı noktalarda ölçülen düzenli manyetik değerlerde, dar bir aralık içerisinde 50 ile 2500 nT arasında değişen ani sapmalar görülmüştür. Özellikle havzanın kuzey kenarındaki profillerdeki manyetik değerlerdeki bu ani sapmalar, volkanik çıkış merkezlerinin kenarlarında veya onlara yakın noktalarda yoğunlaşmaktadır. Birbirine koşut olan KKD-GGB gidişli manyetik profillerde sapma gözlenen bu noktalar bir doğru ile birleştirildiği takdirde, havzanın genel geometrisine uygun bir gidişe sahip,

yüzeyde morfolojik belirti sunmayan gömülü fayların var olabileceğine işaret etmektedir.

Manyetik profillerde saptanan değişimlerden başka, Erzincan Havzası'nın Bouguer Anomali Haritasından havzanın GD ucuna ait KD-GB gidişli gravite modelleri üzerinde dayk şeklinde keskin bir morfoloji gösteren bir dizi yapı saptanmıştır. Bu yapılar, yüzeyde gözlenen volkan konilerinin bulunduğu hat boyunca genişliği 0.2-2.35 km arasında değişen bir kırık zonunu işaret edebileceği gibi, havzanın orta kısmında KB'dan başlayarak GD'ya doğru uzanan, sağa sıçramalı bir dizi doğrultu atımlı fay setine de karşılık gelebilir. Bu fay setlerinin sıçrama yaptığı bölgelerin aynı zamanda bir hat boyunca dizili küçük volkanik çıkış merkezlerinin yüzeye ulaştığı bacalar olarak ta düşünülmektedir. Erzincan Havzası'nın kuzey kenarına ait gravite ve manyetik verileriyle yüzey jeolojisinden saptanan çizgiselliklerin büyük oranda birbirleriyle örtüştüğü görülmüştür.

Erzincan Havzası'nın güney kenarı, kuzey kenarının aksine daha düzensiz bir geometriye sahip ve genelde K50°-80°B uzanımlı KKD ya eğimli normal faylarla sınırlıdır. Bu durum, güncel görünümü ile her iki kenarı sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemiyle tam olarak denetlenen tipik bir çek-ayır havzanın genel geometrisine uymamaktadır. Havzanın kuzey yarısı içerisinde alüvyon dolguları içinden geçen ve gravite, manyetik ve güncel mikrosismik dağılımı verileriyle varlığı belirlenen KAFZ nun ana kırığı, tipik çek-ayır havzanın gelişiminin olgun evresinde gelişen bir havza içi çapraz faydır. Bu havza içi çapraz fay aynı zamanda havzanın kuzey kenarında yoğun olarak dizili olan volkanik çıkış merkezlerinin de güney sınırını oluşturmaktadır.

Büyük çoğunluğu dairesel ve kubbemsi geometriye sahip konilerin yüzeye ulaşan lavlarının, fay düzlemine bağlı bir yarık boyunca yükselmesinden daha çok, kılçık yapısına bağlı oluşan kama biçimli açılan bir bacadan (sphenochasm) yüzeye ulaştığı düşünülmektedir. Sarp havza kenarından havza içerisine doğru yönelen kılçık yapısı şeklindeki sağ yanal doğrultu atımlı fayların havza kenarındaki ana faydan ayrıldığı kısımlardaki açılmalar, havzanın en kuzey sınırındaki volkan konilerinin yüzeye ulaştığı noktalardır.

Tüm gözlem ve bulgular, Erzincan Havzası'nın deformasyon biçiminin tek türde, tipik bir çek-ayır havzası şeklinde gelişmediğini göstermektedir. Havzanın

Fırat Nehri'nin kuzeyinde kalan kısmı daha çok doğrultu atımlı faylanmaya ait yapılarla denetlenmekte, ancak güneyinde kalan kesimi ise daha çok KB-GD uzanımlı kuzeye eğimli normal faylanma ile denetlenmektedir.

Erzincan Havzası'nın güneyinde gözlenen tek volkanik çıkış merkezi olan Molla Tepe'de sadece 1 lokasyondan yapılan örneklemeden 195° lik saat yönünde bir rotasyonun varlığı belirlenmiştir. Ancak paleomanyetik araştırmalarda bir tektonik blok ve/veya kütlede elde edilen sonucun daha güvenilir olması için birkaç lokasyondan örnekleme yapılması ve her birinin sonuçlarının birbiri ile uyumlu olması gereklidir. Bu veri oldukça büyük bir rotasyonu ifade etmekle birlikte, havza gelişimi ile ilgili saat yönünde açılmayı ifade eden modelleri destekler niteliktedir. Ancak daha anlamlı ve sağlıklı bir sonuç elde edebilmek için bu çalışmanın son evrelerinde saptanan ve ilk kez haritalanan Pulur Köyü dolayındaki iki volkanik yüzlekten ve Molla Tepe konisinden yeniden örnekleme yapılmalıdır.

Erzincan Havzasındaki tüm bu bulgulara ek olarak, özellikle KD-GB gidişli hatlar boyunca birkaç sismik yansıma ve/veya kırılma verilerinden elde edilecek yeni bulgular, havzanın üçüncü boyuttaki yapılarını ve evrimsel gelişimini daha somut olarak ortaya koyacaktır.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Adiyaman, Ö., Chorowicz, J., Köse, O., 1998.** Relationships between volcanic patterns and neotectonics in Eastern Anatolia from analysis of satellite images and DEM. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 17–32.
- Adiyaman, Ö., Chorowicz, J., Arnaud, N., Gündoğdu, N. and Gourgaud, A., 2001.** Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian Fault: new structural and geochemical data, *Tectonophysics*, 338, 135-165.
- Akkuş, İ. ve Yıldırım, N., 1995.** Ilica (Erzincan) sıcak su sahası ve Böğert maden suyu hidrojeoloji incelemesi: MTA Der. Rap. No: 9833, 26s., (yayımlanmamış), Ankara.
- Aktar, M., Dorbath, C. and Arpat, E., 2004.** The seismic velocity and fault structure of the Erzincan basin, Turkey, using local earthquake tomography. *Geophysical Journal International*, 156, 497-505.
- Aktimur, H.T., Tekirli, M.E. and Yurdakul, M.E., 1990.** Geology of the Sivas-Erzincan Tertiary Basin. *Mineral Res. Expl. Bull.*, 111, 21-30.
- Ambraseys, N.N., 1970.** Some characteristic features of the North Anatolian Fault Zone, *Tectonophysics*, 9, 143-165.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F., 1987.** The Saros-Marmara earthquake of 9 August, *Earthq. Engineer. Struct. Dyn.* 15, 189-211.
- Ambraseys, N. N., and Finkel, C. F., 1988.** The Anatolian earthquake of 17 August 1668, in *Historical Seismograms and Earthquakes of the World*, edited by W. H. K. Lee, H. Meyers, and K. Shimazaki, pp. 173–180, Academic, San Diego, Calif.
- Ambraseys, N.N. ve Finkel, C.F., 1995.** The seismicity of Turkey and adjacent areas: a historical review, 1500-1800, İstanbul, Muhuttin Salih, Eren.
- Ambraseys, N.N., and Melville, C.P., 1995.** Historical evidence of faulting in eastern Anatolia and northern Syria: *Annali di Geofisica*, v. 38, no. 3–4, p. 337–343.
- Armijo, R., Meyer, B., Barka, A.A. and Hubert, A., 1999.** Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: timing and kinematics, *Geology*, 27, 267-270.

- Arpat, E. ve Şaroğlu, F., 1975.** Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. Türkiye Jeol. Kur. Bült., 18/1, 91-101.
- Ateş, A. and Kearey, P., 1993.** Deep structure of the East Mendip Hills from gravity, aeromagnetic and seismic reflection data, J. Geol. Soc. (Lond.) 150, pp. 1055–1063.
- Aydın, A., and Nur, A., 1982.** Evolution of pull-apart basins and their scale dependence. Tectonics, 1, 91-105.
- Ayhan, M.E., Demir, C., Kahveci, M., Kaplan, M., 1995.** 1990-1993 yılları GPS ölçümleri ile Gerede-Adapazarı bölgesindeki alanın belirlenmesi, in: Türk Haritacılığının 100. yılı Bilimsel Kongresi, Ankara, pp. 55-60 (in Turkish with English abstract).
- Barka, A., 1981.** Seismo-tectonics aspects of the North Anatolian Fault Zone, Ph. D. Thesis, University of Bristol, Bristol.
- Barka, A., 1992.** The North Anatolian Fault Zone, Annales Tecton. 6, 164-195.
- Barka, A., 1993.** Erzincan baseni çevresinin tektoniği ve 13 Mart 1992 depremi. 2. Ulusal deprem Müh. Konferansı, TMMOB İnşaat Müh. Odası, Deprem Müh. Türkiye Milli Komitesi, İTÜ Yapı ve Deprem Uyg-Ar. Mrk., 259-270.
- Barka, A. A., 1996.** Slip distribution along the North Anatolian fault associated with the large earthquakes of the period 1939 to 1967, Bull. Seismol. Soc. Am., 86, 1238– 1254.
- Barka, A., Akyüz, H.S., Cohen, H.A. and Watchorn, F., 2000.** Tectonic evolution of the Niksar and Taşova-Erbaa pull-apart basins, North Anatolian Fault Zone: their significance for the motion of the Anatolian block. Tectonophysics, 322, 243-264.
- Barka, A.A. ve Cadinsky-Cade, K., 1988.** Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity. Tectonics, Vol. 7, No 3, p.663-684.
- Barka, A. A. and Eyidoğan, H., 1993.** The Erzincan earthquake of 13 March 1992 in eastern Turkey, Terra Nova, 5, 190-194.
- Barka, A.A., ve Gülen, L., 1989.** New constraints on the age and total offset of the North Anatolian Fault Zone: implications for tectonics of the Eastern Mediterranean Region, METU J. Pure Appl. Sci. 21, 39-63.

- Barka, A.A. ve Hancock, P.L., 1984.** Neotectonics deformation patterns in the convex-northwards arc of the North Anatolian Fault. in: <<The geological evolution of the Eastern Mediterranean>>. Edited by J.G. Dixon and A.H.F. Robertson. Geol. Soc. Spec. Publ. No. 17, Geol. Soc. London, 763-773.
- Barka, A., Toksoy, M., Gülen, L. and Kandinsky-Cade, K., 1987.** Segmentation, seismicity and earthquake potential of the eastern part of the North Anatolian fault zone, *Yerbilimleri*, **14**, 337-352.
- Baş, H., 1979,** Petrologische und geochemische Untersuchungen an subzentralen Vulkaniten der nordanatolischen Störungszone (Abschnitt :Erzincan-Niksar), Türkei: Doktora tezi, Hamburg Üniversitesi, 116s.
- Bektaş, O., 1981.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Tanyeri Bucağı Yöresindeki Özellikleri Ve Yerel Ofiyolit Sorunları. K.T.Ü. Yer Bilimleri Fakültesi. Doktora tezi, 196 s. (yayımlanmamış).
- Bektaş, O., Eyüboğlu, Y. ve Maden, N., 2007.** Different modes of stress transfer in a strike-slip fault zone : an example from the North Anatolian Fault System in Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 16, p.1-12.
- Bellier, O., Över, S., Poisson, A., Andrieux, J., 1997.** Recent temporal change in stress state and modern stress field along the North Anatolian Fault Zone (Turkey), *Geophys. J. Inter.* 131, 61-86.
- Bergougnan, H. and Parrot, J.F., 1981.** Le carrefour ophiolitique d'Erzincan neo et paleotethys. *Cab. O.R.S.T.O.M. Ser. Geol.*, 11, 165-188.
- Bernard, P., Gariel, J.C. and Dorbath, L., 1997.** Fault location and rupture kinematics of the magnitude 6.8, 1992 Erzincan earthquake, Turkey, from strong ground motion and regional records. *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 87, no. 5, p. 1230-1243.
- Blakely, R.J., 1995.** *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*, Cambridge University Press, pp. 441.
- Blakely, R.J. and Simpson, R.W., 1986.** Approximating edges of source bodies from magnetic or gravity anomalies, *Geophysics* **51**, pp. 1494–1498.
- Bozkurt, E., 2001.** Neotectonics of Turkey – a synthesis. *Geodynamica Acta*, **14**, 3-30.

- Bozkurt, E., and Koçyiğit, A., 1996.** The Kazova Basin: an active negative flower structure on the Almus Fault Zone, a splay fault system of the North Anatolian Fault Zone, Turkey. *Tectonophysics*, 265, 239-254.
- Butler, R.F., 1992.** Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes. Blackwell Publications.
- Büyükaşikoğlu, S., 1992.** Erzincan'ın yeraltı yapısı, Yerbilimci Gözüyle Erzincan Depremi, Dünü Bugünü Yarını ve Türkiye Deprem Sorunu. ITU, İstanbul, 15 Aralık, pp. 43–51 (in Turkish).
- Büyüksaraç, A., 2007.** Investigation into the regional wrench tectonics of inner East Anatolia (Turkey) using potential field data, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 160, 86-95.
- Büyüksaraç, A. Reiprich, S. and Ateş, A., 1998.** Three-dimensional magnetic model of amphibolite complex in Taskesti area, Mudurnu valley, North-West Turkey, *J. Balkan Geophys. Soc.* 1, pp. 44–52.
- Canon-Tapia, E., 2004.** Anisotropy of magnetic susceptibility of lava flows and dykes: a historical account, in: F. Martin-Hernandez, C.M. Luneburg, C. Aubourg and M. Jackson (eds.) *Magnetic Fabric: Methods and Applications*, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 238, 205-225.
- Christie-Blick, N. ve Biddle, K., 1985.** Deformation and basin formation along strike-slip faults, Columbia University, palisades Newyork.
- Chorowicz, J., Dhont, D. and Gündoğdu, N., 1999.** Neotectonics in the eastern North Anatolian fault region (Turkey) advocates crustal extension: mapping from SARS ERS imagery and Digital Elevation Models. *Journal of Structural Geology*, 21: 511-532.
- Cooper, G.R.J., 1998.** GEOMODEL for Windows, 2.5-D interactive magnetic and gravity data modelling and inversion. Version 1.20.
- Dewey, J.F., 1976.** Seismicity of Northern Anatolia, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 66, 843-868.
- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F. and Şengör, A.M.C., 1986.** Shortening of continental lithosphere: The neotectonics of eastern Anatolia _ young collision zone, in *Collisional Tectonics*, edited by M. O. Coward and A. C. Ries, *Geol. Soc. London Spec. Publ.*, 19, 3 –36.

- Dewey, J.F. and Şengör, A.M.C., 1979.** Aegean and surrounding regions: Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. *geological Society of America Bulletin*, v. 90, no. 1, p. 84-92.
- Dirik, K., 1993.** Geological history of the northward arched segment of the North Anatolian Transform Fault Zone, *Geol. J.* 28, 251-266.
- Dooley, T. and McClay, K., 1997.** Analog modeling of pull-apart basins. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.* 81, 1804–1826.
- Egeran, N. and Lahn, E., 1944.** Note sur la carte sismique de la Turquie, *Bull. Mineral Res. Explor. Ints. Turkey* 9, 65-83.
- Emre, Ö., Taymaz, T., Duman, T.Y., Doğan, A., 2000.** Gölcük ve Düzce depremlerinin yüzey kırıkları ve sismolojik özellikleri, *TÜBİTAK Bilim ve Teknik*, 386, 38-42 (in Turkish).
- Eyidoğan, H., 1993.** 13 Mart 1992 Erzincan depremi: Faylanma mekanizması ve depremin yeri üzerine bir tartışma. 2. Ulusal deprem Müh. Konferansı, TMMOB İnşaat Müh. Odası, Deprem Müh. Türkiye Milli Komitesi, İTÜ Yapı ve Deprem Uyg-Ar. Mrk., 292-299.
- Freund, R., 1970.** Rotation of Strike Slip Faults in Sistan, Southeast Iran. *The Journal of Geology*, The University of Chicago Press, Vol. 78, No. 2 pp. 188-200.
- Freund, R., 1974.** Kinematics of transform and transcurrent faults, *Tectonophysics*, b1 21, 93-104.
- Fuenzalida, H., Dorbath, L., Cisternas, A., Eyidoğan, H., Barka, A., Rivera, L., Haessler, H., Philip, H. and Lyberis, N., 1997.** Mechanism of the 1992 Erzincan Earthquake and its aftershocks, tectonics of the Erzincan basin and decoupling on the North Anatolian Fault, *Geophysical Journal International*, 129, 1-28.
- Galanopoulos, A., 1965.** The Large Conjugate Fault System and the Associated Earthquake Activity in Greece. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 18, 119-134.
- Gaucher, E., 1993.** Modele en profondeur et en vitesse du basin d’Erzincan. *DEA Rep. 2, Inst. Phys. Globe Paris, Jussieu*, pp. 215-46.

- Gautier, P., Brun, J.P., Moriceau, R., Sokoutis, D., Martinod, J., Jolivet, L., 1999.** Timing, kinematics and cause of Aegean extension: a scenario based on a comparison with simple analogue experiments, *Tectonophysics*, 315, 31-72.
- Gökalp, H., 2007.** Local earthquake tomography of the Erzincan basin and surrounding area in Turkey. *Annals of Geophysics*, Vol.50, No 6, p.707-724.
- Gökçen, S.L., 1974.** Erzincan-Refahiye bölgesi sedimanter jeolojisi 1: Olistolit, türbidit ve olistostrom fasiyesleri: Hacettepe Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 4, 179-205.
- Grosser, H., Baumbach, M., Berckhemer, H., Baier, B., Karahan, A., Schelle, H., Kruger, F., Paulat, A., Michel, G., Demirtaş, R., Gençoğlu, S. and Yılmaz, R., 1998.** The Erzincan (Turkey) earthquake (Ms 6.8) of March 13, 1992 and its afterschock sequence. *Pure Appl. Geophysics*, 152, 465-505.
- Guidoboni, E. and Traina, G., 1995.** A new catalogue of earthquakes in the historical Armenian area from antiquity to the 12th century, *Ann. Geofis.*, XXXVIII (1), 85-147.
- Gürbüz, C., Aktar, M., Eyidoğan, H., Cisternas, A., Haessler, H., Barka, A.A., Ergin, M., Türkelli, N., Polat, O., Üçer, S.B., Kuleli, S., Barış, S., Kaypak, B., Bekler, T., Zor, E., Biçmen, F., Yörük, A., 2000.** The seismotectonics of Marmara region, *Tectonophysics*, 316, 1-17.
- Gürbüz, A. and Gürer, Ö.F., 2009.** Middle Pleistocene extinction process of pull-apart basins along the North Anatolian Fault Zone. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 173, 177-180.
- Hartleb, R.D., Dolan, J.F., Kozacı, Ö., Akyüz, S. and Seitz, G.G., 2006.** A 2500-yr- long paleoseismological record of large, infrequent earthquakes on the North Anatolian Fault at Çukurçimen, Turkey. *GSA Bulletin*, v.118, no. 7/8, p.823-840.
- Hempton, M.R. ve Dunne, L.A., 1984.** Sedimentation in pull-apart basins: active examples in eastern Turkey, *J. Geol.* 92, 513-530.
- Hempton, M. R. and Linneman, S. R., 1984.** Volcanism in the Erzincan pull-part basin: age, composition and tectonic significance. *Absract. EOS* 65, 84.

- Holzer, H., 1955.** 63/2, 64/1 ve 64/2 paftalarında (Doğu Anadolu'da) 24.6.1954 tarihlerinde yapılan jeolojik harite çalışmaları hakkında rapor: MTA Der. No: 2367 (yayımlanmamış).
- Hrouda, F., 1982,** Magnetic anisotropy of rocks and its application in geology and geophysics, *Geophys. Surveys*, 5, 37-82.
- Hubert-Ferrari, A., Armijo, R., King, G., Meyer, B. and Barka, A., 2002.** Morphology, displacement, and slip rates along the North Anatolian Fault, Turkey. *J. Geophys. Res.* 107: 2235
- Irritz, W., 1972.** Lithostratigraphie und tektonische Entwicklung des Neogens in Nordostanatolien (Kanozoikum und Braunkohlen in der Türkei. 6.). *Beih. Geol. Jahrb.*, No. 120, 111 pp.+10 plates
- Jelinek, V., 1981.** Characterisation of the magnetic fabric of rocks, *Tectonophysics*, 79, 63-67.
- Kadioğlu, Y.K., Ateş, A. and Güleç, N., 1998.** Interpretation of gabbroic rocks in Agaçören Granitoid, central Turkey: field observations and aeromagnetic data, *Geol. Mag.* 135, pp. 245–254.
- Karlı, O., 2006.** Pre-eruptive conditions revealed by mega-and pheno-cryst compositions from the Quaternary Erzincan Volcanics, eastern Turkey: insights into the magma processes. *Chemie der Erde-Geochemistry* 66, 277–305.
- Karlı, O., Chen, B., Uysal İ., Aydın, F., Wijbrans, J.R. and Kandemir, R., 2008.** Elemental and Sr-Nd-Pb isotopic geochemistry of the most recent Quaternary volcanism in the Erzincan basin, Eastern Turkey : Framework for the evaluation of basalt-lower crust interaction. *Lithos*, 106, p.55-70.
- Kato, H., Kato, K., Barka, A. and Kuşçu, İ., 1990.** Alpha track measurements for faults in northern Turkey. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 41 (3), p.99-114.
- Kaypak, B. and Eyidoğan, H., 2002.** 3-D models of Vp and Vp/Vs from local earthquake tomography in Erzincan basin, eastern Turkey. Paper given at the Tectonics of Eastern Turkey and the Northern Arabian Plate International Workshop, 23-25 Sept. 2002, Erzurum, Turkey.

- Kaypak, B. and Eyidoğan, H., 2005.** One-dimensional crustal structure of the Erzincan basin, eastern Turkey and relocations of the 1992 Erzincan earthquake ($M_s = 6.8$) aftershock sequence, *Phys. Earth Planet. Sci.*, 151, 1–20.
- Kaypak, B., 2008.** Three-dimensional V_p and V_p/V_s structure of the upper crust in the Erzincan basin (eastern Turkey). *Journal of Geophysical Research*, Vol 113, B07307, doi:10.1029/2006JB004905.
- Ketin, İ., 1949.** Kurze Berichte aus der Türkei. *Geologische Rundschau*. Volume 37, Number 1, 72-75.
- Ketin, İ., 1950.** Erzincan ve Aşkale arasındaki sahanın (1/100.000 lik 46/4 ve 47/3 paftalarının) jeolojisine ait Memuar: MTA Rapor No: 1950 (yayımlanmamış).
- Ketin, İ., 1968.** Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey, *Min. Res. Explor. Inst. Bull.* 71, 63-67.
- Ketin, İ., 1969.** Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *MTA Bült*, 72, 1-28.
- Ketin, İ., 1976.** San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma. *Türk. Jeol. Kurumu Bul.* 19:149–54
- Ketin, İ., 1977.** Main orogenic events and paleogeographing evolution of Turkey: *Bulletin of the Mineral Research and Exploration Institute of Turkey*, v. 88, p. 1-4.
- Ketin, İ., Rsli F., 1953.** Makroseismische Untersuchungen ber das nordwest-anatolische Beben vom 18 Mrz 1953. *Eclogae Geol. Helv.* 46. 187–208
- Khan, M.A., 1962.** The anisotropy of magnetic susceptibility of some igneous and metamorphic rocks. *Journal of Geophysical Research*, 67, 2873-2885.
- Kim, Y.S., Peacock, D.C.P. and Sanderson, D.J., 2003.** Strike-slip faults and damage zones at Marsalforn, Gozo Island, Malta. *Journal of Structural Geology* 25, 793–812.
- Knight, M.D. and Walker, G.P.L., 1988.** Magma flow directions in dikes of the Koolau complex, Oahu determined from magnetic fabric studies. *J. Geophys. Res.* 93, pp. 4301–4319.
- Koyigit, A., 1988.** Basic geologic characteristics and total offset of the North Anatolian Fault Zone in Suşehri area, NE Turkey, *METU Pure Appl. Sci.* 22, 43-68.

- Koçyiğit, A., 1989.** Suşehri basin: an active fault-wedge basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics*, 167, 13-29.
- Koçyiğit, A., 1990.** Tectonic setting of the Gölova basin, total offset of the North Anatolian Fault Zone, Eastern Pontides, Turkey, *Annales Tecton.* 4, 155-170.
- Koçyiğit, A., 1991a.** Neotectonic structures and related landforms expressing the contractional and extensional strains along the North Anatolian Fault Zone at the northwestern margin of the Erzincan Basin, NE Turkey, *Bull. Tech. Univ. İst.* Vol. 44, p. 455-473
- Koçyiğit, A., 1991b.** First remarks on the geology of the Karakaya basin: Karakaya orogen pre-Jurassic nappes in Eastern Pontides, Turkey. *Geologica Romana*, 26, 3-11.
- Koçyiğit, A., 2003.** Two stage Evolutionary Model for Erzincan Pull-Apart Basin on the North Anatolian Fault System (NAFS), Turkey. International Workshop on the North Anatolian, East Anatolian and Dead sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics and Paleoseismology 31 August to 12 September, METU-Ankara. Abstracts book, p. 184.
- Koçyiğit, A., Bozkurt, E., Cihan, M., Özacar, A., Teksöz, B., 1999.** 12 November 1999 Dağdibi (Düzce-Bolu) Earthquake: Preliminary Geologic Report. Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, Tectonic Research Ünit. (in Turkish).
- Koçyiğit, A. ve Rojay, F.B., 1992.** Erzincan basin and 1992/3/13-15 earthquakes: an active composite pull-apart basin on the North Anatolian Fault Zone, Turkey. International Workshop: Work in Progress on the Geology of Turkey, Kele, England, April 9-10, Abstracts p. 39.
- Koçyiğit, A ve Tokay, M., 1985,** Çatalçam (Zevker)-Erzincan arasındaki Kuzey Anadolu Fay kuşağının sismo-tektonik incelemesi, Fay kuşağının tektonostratigrafisi, sistematiği ve neotektonik özellikleri, ODTÜ, Ankara uygulamalı Araştırmalar Projesi No:82-04-08, 00-02, 101 sayfa.
- Komut, T., 2000.** Düzce depremi yüzey kırığının değerlendirilmesi, in: BADSEM-Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, Proceedings, 24-27 Mayıs 2000, İzmir, pp. 189-197 (in Turkish with English abstract).

- Kuşcu, İ., 2009.** Cross-basin Faulting and Extinction of Pull-apart Basins in the Sea of Marmara, NW Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, Vol. 18, pp. 331–349.
- Lanza, R. and Meloni, A., 2006.** *The Earth's Magnetism: An Introduction for Geologists*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany, p. 287.
- Leuchs, K., 1940.** Das jüngste Großbeben in Anatolien. *Geologische Rundschau*, Springer Berlin / Heidelberg, v. 31, n. 1-2. P. 70-76.
- Linneman, S., 2002.** Quaternary volcanism of the Erzincan Basin, Eastern Turkey: an example of pull-apart basin volcanism. In *The Tectonics of Eastern Turkey and the Northern Arabian Plate*, Int. Workshop, 23–25 Sept., Erzurum, Turkey, p. 19
- Mann, P., 2007.** Global catalogue, classification and tectonic origins of restraining- and releasing bends on active and ancient strike-slip fault systems, (eds) CUNNINGHAM, W. D. & MANN, P. *Tectonics of Strike-Slip Restraining and Releasing Bends*. Geological Society, London, Special Publications, 290, 13–142. DOI: 10.1144/SP290.2
- McClay, K. and Dooley, T., 1995.** Analogue models of pull-apart basins. *Geological Society of America*, 23, pp. 711-714.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Gergiev, I., Hamburger, M., Kahle, H., Kasters, K., Kekelidse, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadaria, M., Ouzounus, A., Paradisissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanlı, I., Seeger, H., Teableb, A., Toksöz, N., Veis, G., 2000.** GPS constraints on crustal movements and deformations for plate dynamics, *J. Geophys. Res.* 105, 5695-5720.
- McDonald, J.W., Schneider, D., Clark, M.W. and Dewitt, D., 1992.** Observation of high electron emission yields following highly charged ion impact (up to Th⁷⁵⁺) on surfaces, *Phys. Rev. Lett.* 68, 2297–2300.
- MacDonald, W.D. and Palmer, H.C., 1990.** Flow directions in ash-tuffs: A comparison of geological and magnetic susceptibility measurements, Tshirege member (upper Bandelier Tuff), Valles caldera, New Mexico, USA. *Bull Volcanol* 53:45–59

- McKenzie, D.P., 1970.** Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature* 220, 239-343.
- McKenzie, D.P., 1972.** Active tectonics of the Mediterranean Region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30, 109-185.
- Nebert, K., 1961.** Kelkit Çayı ile Kızılırmak nehirleri (Kuzeydoğu Anadolu) mecrâ bölgelerinin jeolojik yapısı: *MTA Dergisi* No: 57. s. 1-49.
- Neugebauer, J., 1995.** Structures and kinematics of the North Anatolian Fault Zone, Adapazarı-Bolu region, *Tectonophysics*, 243, 119-134.
- Nowack E., 1928.** Die wichtigsten Ergebnisse meiner anatolischen Reisen. *Z. Dtsch. Geol. Ges.* 80(Monatsbericht, No. 8–10):304–12
- Oral, M.B., Reilinger, R.E., Toksöz, M.N., Kong, R.W., Barka, A.A., Kınık, İ., Cenk, O., 1995.** Global positioning system offers evidence of plate motions in eastern Mediterranean, *EOS Transac.* 76 (9).
- Özer, E., 1994.** Munzur Dağları'nın (Kemah-İliç-Erzincan) stratigrafisi. *Türkiye Jeoloji bülteni*, C. 37, Sayı 2, 53-64.
- Özgül, N., 1981.** Munzur Dağlarının jeolojisi, *MTA Raporu*, No. 6722, 136 sayfa, yayınlanmamış.
- Özmutaf, M. ve Can, A.R., 1985.** Erzincan (E-1) sıcak su sondajı kuyu bitirme raporu. *MTA Der. Rap.* No: 7950, 7s., (yayımlanmamış), Ankara.
- Pamir, H.N. ve Ketin, İ., 1941.** Das Anatolische Erdbeben Ende 1939, *Geol. Runds.* 32, 278-287.
- Parson, T., Toda, S., Stein, R., Barka, A.A., Dieterich, J., 2000.** Heightened odds of large earthquakes near İstanbul: An interaction-based probability calculation, *Science* 20, 661-665.
- Pelin, S., 1977.** Alucra (Giresun) güneydoğu yöresinin petrol olanakları bakımından jeolojik incelenmesi: *K.T.Ü. yayını* no: 87.
- Piper JDA, Tatar O, Gürsoy H., 1997.** Deformational behaviour of continental lithosphere deduced from block rotations across the North Anatolian Fault Zone in Turkey. *Earth Planet. Sci. Lett.* 150:191–203
- Rahe, B., Ferrill, D.A. and Morris, A.P., 1998.** Physical analog modeling of pull-apart basin evolution. *Tectonophysics* 285, 21–40.

- Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, W., Toksöz, M.N., 1997.** Global Positioning, System measurements of present-day crustal movements in the Arabian-Africa-Eurasia plate collision zone, *J. Geophys. Res.* 102, 9983-9999.
- Rojay, F.B., 1993.** Tectonostratigraphy and Neotectonic Characteristics of the Southern Margin of Merzifon-Suluova Basin (Central Pontides, Amasya), Ph. D. Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Ron, H., Freund, R., Garfunkel, Z., 1984.** Blok rotation by strike-slip faulting: Structural and paleomagnetic evidence: *J. Geophys. Res.*, 89, 6256-6270.
- Salomon-Calvi, W., 1936.** Die Fortsetzung der Tonalelinie in Kleinasien. *Yüksek Ziraat Enst. Çalışmalarından*, No. 9, pp. 11–13
- Sanver, M. ve İşseven, T., 2007.** Gravite ve Manyetik Arama Yöntemleri. Nobel Yayın Dağıtım, 368 s.
- Seymen, İ., 1975.** Kelkit vadisi kesiminde Kuzey Anadolu fay zonunun tektonik özelliği: Doktora tezi, İ.T.Ü. Maden Fak. Yayını, 192s.
- Steiger, R.H. and Jager, E., 1977.** Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochronology, *Earth Planet. Sci. Lett.* 36, pp. 359–362.
- Stein, R. S., Barka, A. ve Dieterich, J. H., 1997.** Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering, *Geophysical Journal International*, 128, 594-604.
- Suzanne, P., Lyberis, N., Chorowicz, J., Nurlu, M., Yürür, T., Kasapoğlu, E., 1990.** La géométrie de la faille nord anatolienne à partir d'images Landsat-MSS. *Bull. Soc. Geol. France*, 8, 589-599.
- Şaroğlu, F., 1985.** Geological and Structural Evolution of East Anatolia during Neotectonic Period, Ph. D. Thesis, İstanbul University, İstanbul, (unpublished; in Turkish with English abstract).
- Şaroğlu, F., 1988.** The age and offset on the North Anatolian Fault. *METU J. Pure Appl. Sci.* 21, 65-79.
- Şengör, A.M.C., 1979a.** The North Anatolian transform fault: its age, offset and tectonic significance. *J. Geol. Soc. London* 136, 269–282.

- Şengör, A.M.C., 1979b.** Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. *Nature* 279, 590-593.
- Şengör, A.M.C., Görür, N. and Şaroğlu, F. 1985.** Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In *Strike-slip deformation, Basin formation and sedimentation* (eds K. T. Biddle and N. Christie-Blick), pp. 227–64. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication no. 37.
- Şengör, A.M.C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Görür, N., Le Pichon, X. and Rangin, C., 2005.** The North Anatolian Fault : A New Look. *Rev. Earth Planet. Sci.* 33: 1-75.
- Tarling, D.H. and Hrouda, F., 1993.** *The Magnetic Anisotropy of Rocks*, Chapman and Hall, London, 217 pp.
- Tatar, Y., 1973.** Refahiye'nin güneydoğusunda Conur köyü yöresi ofiyolitleri. Cumhuriyetin 50. yılı Yerbilimleri Kongresi, 435-445, M.T.A., Ankara.
- Tatar, Y., 1975.** Tectonic structures along the North Anatolian Fault Zone, northeast of Refahiye (Erzincan). In *Recent Crustal Movements, Developments in Geotectonics*, ed. N Pavoni, R Green, pp. 401–9. Amsterdam: Elsevier. *Tectonophysics* 29:401–9.
- Tatar, Y., 1978.** Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Erzincan-Refahiye arasındaki bölümü üzerinde tektonik incelemeler. *Hacettepe Yerbilimleri Dergisi*, C. 4, No: 1-2, 201-236.
- Tatar, O., Temiz, H., Tutkun, S. Z., Park, R. G. and Stimpson, I. G., 1993.** Surface Deformation and Tectonic Setting of the 13 March 1992 Erzincan Earthquake, Eastern Turkey, *Geol. J.* 28, 327–333.
- Tatar, O., Piper, J.D.A., Park, R.G., Gürsoy, H., 1995.** Paleomagnetic study of block rotations in the Niksar overlap region of the North Anatolian Fault Zone, Central Turkey, *Tectonophysics* 224, 251-266.
- Tatar, O., Gürsoy, H., Piper, J.D.A., Koçbulut, F., Mesci, B.L., Akpınar, Z. ve Polat, A., 2009.** Erzincan Çek-Ayr Havzası'nın Neotektonik Gelişiminin Paleomanyetik Yöntemlerle İncelenmesi. Tubitak Proje No: ÇAYDAG-106Y062, 206 s. (yayımlanmamış).

- Taymaz, T., 1999.** Marmara Bölgesi'nin aktif tektoniği: Gölcük ve Düzce depremleri, Ulusal Standart Deprem İstasyonları Ağı, Erken Uyarı Sistemi ve Deprem Bilgi Bankası. TÜBİTAK Bilim ve Teknik 385, 44-47 (in Turkish).
- Taymaz, T., Jacson, J., McKenzie, D.P., 1991.** Active tectonics of the North and Central Aegean Sea, Geophys. J. Inter. 106, 433-490.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., 1990.** Applied Geophysics. Cambridge University Press, 2nd edition, p. 751.
- Temiz, H., 1994.** Sivas Tersiyer Havzası'nın Kemah (Erzincan) ve Hafik (Sivas) yörelerindeki tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi . C.Ü. Fen Bilimleri Enst. Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı. Yayımlanmamış, s. 239 (with English abstract).
- Temiz, H., 1996.** Tectonostratigraphy and thrust tectonics of the central and eastern parts of the Sivas Tertiary basin, Turkey. International Geology Review 38: 957-971.
- Temiz, H., 2004.** The role of thrust ramp reactivation in pull-apart mechanism of the Erzincan basin, North Anatolian Fault Zone, Turkey. Geodinamica Acta 17/3 219-228.
- Tokay, M., 1973.** Geological observations on the North Anatolian Fault Zone between Gerede and Ilgaz. in: Proceedings of Symposium on North Anatolian Fault Zone and Earthquake Belt, Min. Res. Expl. Inst. Publ., Ankara, pp. 12-29 (in Turkish with English Abstract).
- Toprak, V., 1988.** Neotectonics characteristics of the North Anatolian Fault Zone between Koyulhisar and Suşehri (NE Turkey), METU j. Pure Appl. Sci. 21, 155-168.
- Tüysüz, O., 1993.** Erzincan çevresinin jeolojisi ve tektonik evrimi. 2. Ulusal Deprem Müh. Konferansı, TMMOB İnşaat Müh. Odası, Deprem Müh. Türkiye Milli Komitesi, İTÜ Yapı ve Deprem Uyg-Ar. Mrk., 271-280.
- Westaway, R., 1994.** Present-day kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean, J. Geophys. Res. 99, 12071-12090.
- Westaway, R. ve Arger, J., 1996.** The Gölbaşı basin, southeastern Turkey: A complex discontinuity in a major strike-slip fault zone, J. Geol. Soc., London 153, 729-743.

- Westaway, R. W. C., and Arger, J., 2001.** Kinematics of the Malatya-Ovacik fault zone, *Geodin. Acta*, 14, 103 – 131.
- Wing-Fatt, L. and Stacey, F.D., 1966.** Magnetic anisotropy of laboratory materials in which magma flow is simulated, *Pure Appl. Geophys.* 64, pp. 78–80.
- Woodcock, N.H., 1987.** Kinematics of strike-slip faulting. *Bull. Inlier, Mid-Wales*, *J. Struct. Geol.* 9, 353-363.
- Woodcock, N.H., Schubert, C., 1994.** Continental strike-slip tectonics. In: Hancock, P. (Ed.), *Continental Deformation*. Pergamon, Oxford, 421 pp.
- Wright, T., Fielding, E., Parsons, B., England, P., Haynes, M., 2000.** Source parameters of the 17 August 1999 İzmit earthquake from SAR Interferometry, in: Barka, A.A., Kozacı, O., Akyüz, S.H., Altunel, E., (Eds.), *1999 İzmit and Düzce Earthquakes: Preliminary Results*, İstanbul Technical University Publ., İstanbul, pp. 289-293.
- Wu, J.E., McClay, K., Whitehouse, P. and Dooley, T., 2009.** 4D analogue modelling of transtensional pull-apart basins. *Marine and Petroleum Geology*, vol.26 (8), 1608-1623.
- Yaltrak, C., 1996.** Tectonic history of the Ganos Fault System, *Turkish Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 8, 137-156 (in Turkish with English Abstract).
- Yaltrak, C., Sakıncı, M., Oktay, F.Y., 2000.** Kinematics and evolution of the northern segment of the North Anatolian Fault Zone (Ganos Fault) in the area between Marmara and Gulf of Saroz, in Tatar, O., Kavak, K.Ş., Özden, S., (Eds.), *Tektonik Araştırma Grubu 3. Toplantısı, ATAG-3 Proceedings*, pp. 77-89 (in Turkish with English Abstract).
- Yılmaz, A., 1985.** Basic geological characteristics and structural evolution of the region between Upper Kelkit stream and Munzur Mountains (in Turkish), *Bull. Geol. Soc. Turk.*, 28, 79– 92, 1985.
- Yoshioka, T., 1996.** Evolution of fault geometry and development of strike-slip basins: comparative studies on the transform zones in Turkey and Japan. *The Island Arc*, 5, 407-419.
- Zhang, P.Z., Burchfiel, B.C., Chen, S.H. and Deng, Q.D., 1989.** Extinction of pull-apart basins. *Geology* 17, 814–817.
- www.deprem.gov.tr / www.koeri.boun.edu.tr**

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Zafer AKPINAR
Doğum Yeri ve Tarihi	Zara, 14/07/1975
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 58140-Sivas
E-posta Adresi	zakpinar@cumhuriyet.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Sivas Atatürk Lisesi, 1991
Önlisans	Afyon Kocatepe Üni. Bolvadin MYO, 1995
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2001
Yüksek Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, 2004

İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi	Öğretim görevlisi, 2007-
-------------------------	--------------------------