

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU ANADOLU FAY SİSTEMİ’NİN PALU-USLU
(ELAZIĞ) ARASINDAKİ KESİMİNİN KİNEMATİK
ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Mehmet KÖKÜM

**Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Genel Jeoloji**

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ

Aralık - 2017

**T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU ANADOLU FAY SİSTEMİ'NİN PALU-USLU
(ELAZIĞ) ARASINDAKİ KESİMİNİN KİNEMATİK
ANALİZİ**

DOKTORA TEZİ

Mehmet KÖKÜM

(132116201)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 21.11.2017

Tezin Savunulduğu Tarih: 15.12.2017

Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği

Programı: Genel Jeoloji

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ

Diğer Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Ercan AKSOY

Yrd. Doç. Dr. Halil GÜNEK

Doç. Dr. Fikret KOÇBULUT

Yrd. Doç. Dr. M. Şefik İMAMOĞLU

Aralık - 2017

ÖNSÖZ

“Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin Palu-Uslu (Elazığ) Arasındaki Kesiminin Kinematik Analizi” başlıklı bu çalışma Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Genel Jeoloji bilim dalında doktora tez çalışması olarak hazırlanmıştır.

Tez danışmanı olarak çalışmanın tüm aşamalarında bilgi ve desteğini esirgemeyen, gerekli ortamı hazırlayarak karşılaşılan güçlüklerin aşılmasından yol gösterici olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat İNCEÖZ’e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının belirli aşamalarında yardımcı olan Prof. Dr. Ercan AKSOY’a, Yrd. Doç. Dr. Halil GÜNEK’e, arazi çalışmaları süresince desteklerini gördüğüm değerli mesai arkadaşlarım Arş. Gör. Abdullah SAR ve Arş. Gör. Dr. Mehmet Ali ERTÜRK’e teşekkür ederim.

Bu tez çalışması boyunca manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eşim ile oğluma ve çok yakında aramıza katılacak olan kızımıza şükranlarımı sunarım.

Mehmet KÖKÜM
ELAZIĞ-2017

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ	X
KISALTMALAR	XI
EKLER LİSTESİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	2
1.3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri.....	4
1.3.2. Çalışma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri	5
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
4. BÖLGESEL JEOLojİ.....	22
5. STRATİGRAFİ	25
5.1. Pütürge Metamorfizmaları	25
5.2. Guleman Ofiyolitleri	29
5.3. Elazığ Magmatitleri	31
5.4. Hazar Grubu	32
5.5. Maden Karmaşığı	35
5.6. Kırkgeçit Formasyonu	36
5.7. Çaybağı Formasyonu.....	39

5.8. Palu Formasyonu	40
5.9. Kuvaterner Çökelleri	42
6. BULGULAR	44
6.1. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Bölgesel Tektonik Anlamı.....	44
6.2. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Segment Yapısı.....	47
6.3. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Aletsel ve Tarihsel Dönem Etkinliği	48
6.4. ASTER Verisi Yardımıyla Tektonik Hatların Belirlenmesi.....	51
6.5. Landsat Verisi Üzerinden Çizgisellik Analizi	53
6.6. Fay Kinematik Analiz Çalışmaları İçin Teorik Altyapı	56
6.7. Fay Kinematik Analizleri	59
6.7.1. Bir Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	62
6.7.2. İki Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	64
6.7.3. Üç Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	65
6.7.4. Dört Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	67
6.7.5. Beş Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	69
6.7.6. Altı Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	72
6.7.7. Yedi Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	74
6.7.8. Sekiz Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	77
6.7.9. Dokuz Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	81
6.7.10. On Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	83
6.7.11. Onbir Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	84
6.7.12. Oniki Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	87
6.7.13. Onüç Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	88
6.7.14. Ondört Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	89
6.7.15. Onbeş Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları.....	92
6.7.16. Onaltı Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	96
6.7.17. Onyedini numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları	98

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	100
KAYNAKLAR.....	112
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) Alp-Himalaya sistemi içerisinde Arabistan ve Afrika levhaları'nın Anadolu Levhası ile çarpışmalarıyla ilişkili olarak gelişmiş kıta içi doğrultu atımlı bir fay sistemidir. Bu çalışmada DAFS üzerinde kuzeydoğuda Palu'dan başlayıp güneybatıda Uslu'ya kadar uzanan yaklaşık 80 km uzunluğundaki bir alan çalışılmıştır. Çalışma alanındaki fayların geometrileri uzaktan algılama yöntemleri ve arazi çalışmaları yardımıyla haritalanmıştır. Bölgedeki çizgisellikler, Landsat (4-5) TM uydu görüntüsünden otomatik yöntemler kullanılarak çıkartılmış ve çalışma alanında toplam 101 jeolojik çizgisellik tanımlanarak alana ait çizgisellik haritası oluşturulmuştur. Çizgiselliklerin yorumlanması için hazırlanan gül diyagramına göre, ana yönelimler $K75^0D$ olarak saptanmıştır. Çalışma alanında bulunan fay düzlemlerinden ölçülen fay kayma verilerinin Angelier (1990) yöntemi ile kinematik analizi yapılmış ve bölgede en az üç farklı deformasyon evresinin (gerilme sisteminin) varlığı tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki en yaşlı deformasyon evresi Geç Oligosen-Orta Miyosen (25-11 my) aralığında gerçekleşmiştir. Bu evrede Neo-Tetis'in güney koluna ait dalan litosfer kopmuş ve üstündeki levhada KB-GD doğrultulu genişleme rejimi etkin olmuştur. İkinci deformasyon evresi bölgede KB-GD doğrultulu sıkışma ile karakterize edilir. Bu deformasyon evresinin Geç Miyosen-Pliyosen zamanında bölgede etkili olan çarpışma sonrası sıkışma ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çalışma alanındaki en genç deformasyon evresi ise günümüzde etkin olan KD-GB doğrultulu sıkışma ile karakterize edilir. Geç Pliyosen'den itibaren etkin olan bu dönem DAFS ve birçok doğrultu atımlı fayın aktif hale geçmesi ile ilişkilidir. Arazi ve uzaktan algılama çalışmaları sonucunda elde edilen veriler bölgede etkin olan gerilme eksenleri hakkında önemli ve birbirlerini destekleyici bilgiler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğu Anadolu Fay Sistemi, Kinematik Analiz, Uzaktan Algılama

SUMMARY

KINEMATICS OF THE AREA BETWEEN PALU-USLU (ELAZIG) ON THE EAST ANATOLIAN FAULT SYSTEM IN TURKEY

The Eastern Anatolian Fault System (EAFS) is an intra-continental strike-slip fault system associated with the collision of the Arabian and African plates with the Anatolian plate in the Alp-Himalaya system. In this study, an area of about 80 km long, starting from Palu in the northeast and extending to Uslu in the southwest, was studied on the EAFS. The geometries of the faults in the study area are mapped with the help of remote sensing methods as well as field studies. Lineaments in the region were extracted by using automatic methods from Landsat (4-5) TM satellite image and a total 101 geological lineaments were defined and mapped in the study area. According to the Rose Diagram for the interpretation of the lineaments, the main orientations were determined as N750°E. The kinematic analysis of the fault slip data measured from fault planes by using Angelier (1990) method and the existence of at least three different deformation phases were determined in the study area. The oldest deformation phase in the study area occurred in the Late Oligocene-Middle Miocene (25-11 Ma). At this stage, the lithosphere of the Neo-Tethys ocean broke off and resulting the NW-SE direction of expansion on the plate above it. The second deformation phase is characterized by compression in the NW-SE direction in the stressed region. This deformation is thought to be related to post-collision compression which is effective in the region during the Late Miocene-Pliocene time. The youngest deformation phase in the study area is characterized by the presently effective NE-SW directional compression. This period, which has been effective since Late Pliocene, is associated with the activation of EAFS and many strike-slip faults. The data obtained as a result of field and remote sensing studies provide important and supportive information about the active stress axes in the region.

Key Words: The East Anatolian Fault System, Kinematic Analysis, Remote Sensing

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.....	3
Şekil 1.2. Çalışma alanının 1/100.000 ve 1/25.000 paftasındaki yeri.....	4
Şekil 1.3. Çalışma alanına ait ASTER DEM haritası.....	7
Şekil 4.1. Türkiye ve yakın çevresinin Paleotektonik birlikleri	22
Şekil 5.1. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit.....	26
Şekil 5.2. Çalışma alanına ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası	27
Şekil 5.3. A) ve B) Guleman Ofiyolitleri (Kg) ve Hazar Grubu (KTh) sınırı (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A), c) Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Sivrice ilçesi doğusu, bakış GB'A), d) Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A).....	30
Şekil 5.4. Hazar Grubu A) Simaki Formasyonu (KThs) kilaşları (Elazığ-Diyarbakır yolu 37.km, bakış G'e), b) Simaki Formasyonu (KThs) çamurtaşları (Kartaldere köyü doğusu, bakış K'e), c) Simaki (KThs), Sarıkamış (KThsr) Formasyonları ve Elazığ Magmatitleri (Ke) (Kumyazı köyü doğusu, bakış KD'A), d) Simaki Formasyonu (KThs) ile Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A).....	34
Şekil 5.5. Hazar Grubu'na ait Simaki Formasyonu (KThs) ile Kırkgeçit Formasyonu (Tmk) sınırı (Palu Kalesi, bakış GD'yA).	38
Şekil 5.6. Palu Formasyonu'na ait konglomeralar	41
Şekil 5.7. Güncel sıcak su çıkışları ve traverten oluşumu.....	43
Şekil 6.1. Kıtasal çarpışma ile ilişkili deformasyonları gösteren deney.....	45
Şekil 6.2. Peltzer ve Tapponnier (1988) modelini Türkiye'ye uyarlanmasını gösteren şekil.....	46
Şekil 6.3. Doğrultu atımlı fayların tektonik konumlarına göre yapılan sınıflandırmayı gösteren şekil.....	46
Şekil 6.4. DAFS'nin segment yapısını gösteren harita.....	48
Şekil 6.5. DAFS üzerinde meydana gelmiş tarihsel dönem depremler	49
Şekil 6.6. DAFS üzerinde meydana gelmiş aletsel dönem depremler	49
Şekil 6.7. DAFS'nin segment yapısını gösteren harita	50
Şekil 6.8. ASTER GDEM verisi yardımıyla çalışma alanındaki tektonik hatların belirlenme aşamaları.....	52
Şekil 6.9. Çalışma alanına ait Landsat (4-5) Thematic Mapper (7-4-1) görüntüsü.....	54
Şekil 6.10. Landsat (4-5) Thematic Mapper (7-4-1) görüntüsü üzerinden otomatik yöntemlerde elde edilen çizgisel yapılar.....	55
Şekil 6.11. Landsat (4-5) Thematic Mapper görüntüsü üzerinden otomatik yöntemlerde elde edilen çizgisel yapılara ait gül diyagramı ve sonuçları.....	56
Şekil 6.12. Çalışma alanına ait tektonik harita ve kinematik analiz için gerekli ölçümlerin alındığı istasyonlar.....	60
Şekil 6.13. 1 Numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi.....	62
Şekil 6.14. 1 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	63

Şekil 6.15. 2 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	64
Şekil 6.16. 3 Numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi.....	65
Şekil 6.17. 3 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	66
Şekil 6.18. 4 Numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi.....	67
Şekil 6.19. 4 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	68
Şekil 6.20. A) ve B) 5 Numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi.....	70
Şekil 6.21. 5 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	71
Şekil 6.22. 6 Numaralı istasyona ait Senoniye yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi.....	72
Şekil 6.23. 6 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	73
Şekil 6.24. A) ve B) 7 Numaralı istasyona ait Senoniye yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemleri.....	75
Şekil 6.25. 7 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	76
Şekil 6.26. A) 8 Numaralı istasyona ait Senoniye yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi, B) Aynı fay düzlemi üzerinde iki farklı faza ait kayma çizikleri.....	78
Şekil 6.27. 8A Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	79
Şekil 6.28. 8B Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	80
Şekil 6.29. 9A Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	81
Şekil 6.30. 9B Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	82
Şekil 6.31. 10 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	83
Şekil 6.32. A) 10 Numaralı istasyona ait Senoniye yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi, B) 11 Numaralı istasyona ait Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kil taşları içerisindeki fay düzlemi.....	85
Şekil 6.33. 11 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	86
Şekil 6.34. 12 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	87
Şekil 6.35. 13 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	88
Şekil 6.36. 14 Numaralı istasyona ait Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi.....	90
Şekil 6.37. 14 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program	

çıktısı.....	91
Şekil 6.38. 15A Numaralı istasyona ait Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu birimleri içerisinde gelişmiş fay.....	92
Şekil 6.39. 15B Numaralı istasyona ait Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu birimleri içerisindeki fay düzlemi.....	93
Şekil 6.40. 15A Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	94
Şekil 6.41. 15B Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	95
Şekil 6.42. 16 Numaralı istasyona ait Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi.....	96
Şekil 6.43. 16 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	97
Şekil 6.44. 17 Numaralı istasyona ait Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi.....	98
Şekil 6.45. 17 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.....	99
Şekil 7.1. Çalışma alanında 2, 3, 8A, 12, 13 ve 14 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçları.....	105
Şekil 7.2. Çalışma alanında 1, 9A, 9B, 10, 11, 15B ve 17 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçları.....	106
Şekil 7.3. Çalışma alanında 4, 5, 6, 7, 8B, 15A ve 16 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçları.....	107
Şekil 7.4. Ortatepe sırtında gözlenen ters faylar ve bu faylardan alınan kinematik analiz çözümü.....	109
Şekil 7.5. Doğrultu atımlı fayların geometrilere bağlı olarak gözlenen saat ibresi tersi yönündeki rotasyon.....	110

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.1. Çalışma alanı içerisinde meydana gelen önemli depremler.....	50
Tablo 6.2. Çalışma alanı içerisinde ölçüm yapılan istasyonlar ve bu istasyonlardan alınan ölçümlere ait genel bilgiler.....	61
Tablo 6.3. 1 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	63
Tablo 6.4. 2 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	64
Tablo 6.5. 3 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	65
Tablo 6.6. 4 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	68
Tablo 6.7. 5 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	71
Tablo 6.8. 6 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	73
Tablo 6.9. 7 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	76
Tablo 6.10. 8 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	80
Tablo 6.11. 9 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	82
Tablo 6.12. 10 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	83
Tablo 6.13. 11 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	86
Tablo 6.14. 12 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	87
Tablo 6.15. 13 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	88
Tablo 6.16. 14 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	91
Tablo 6.17. 15 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	95
Tablo 6.18. 16 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	97
Tablo 6.19. 17 Numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler.....	99
Tablo 7.1. Çalışma alanı içerisinde ölçüm yapılan istasyonlar ve bu istasyonlardan alınan ölçümlere ait genel bilgiler.....	103
Tablo 7.2. Çalışma alanı içerisinde ölçüm yapılan istasyonların tektonizma ilişkilerine göre gruplandırılmaları.....	104

KISALTMALAR

AFAD	: Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFS	: Adıyaman Fay Sistemi
BSZ	: Bitlis Sütur Zonu
DAFS	: Doğu Anadolu Fay Sistemi
DAYK	: Doğu Anadolu Yığılım Karmaşığı
KAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
KY	: Kıbrıs Yayı
ÖDFS	: Ölü Deniz Fay Sistemi
R	: Asal Gerilimlerin Büyüklükleri Farklarının Birbirlerine Oranı
SG2PS	: Structural Geology to Post Script Program
S1	: En Küçük Asal Gerilme Eksen
S2	: Ortanca Asal Gerilme Eksen
S3	: En Büyük Asal Gerilme Eksen

EKLER LİSTESİ

EK 1. Çalışma alanına ait 1/100.000 ölçekli tektonik harita



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Doğu Anadolu bölgesi Alp-Himalaya sistemi içerisinde Arabistan ve Afrika Levhaları'nın Anadolu Levhası'na doğru farklı hızlarla ilerlemesine bağlı olarak Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanması ile sonuçlanan karmaşık bir kıta-kıta çarpışma bölgesidir. Kızıl Deniz'in açılmasına neden olan Arabistan Levhasındaki rotasyon Anadolu Levhası'nın sıkışmasına neden olmaktadır. Bu sıkışmaya bağlı olarak Anadolu Levhası doğrultu atımlı faylar ile Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) arasında batıya doğru hareket etmektedir. Ayrıca batı Anadolu da bu hareket Helenik Yayı'nın batı Anadolu bloğunu kendisine doğru çekmesi nedeniyle güneybatıya doğru dönmeli hızlanmalı bir hareket sunmaktadır (Barka ve Reilingier, 1997).

Bölge, Alp-Himalaya sistemi içerisinde Paleotektonik ve Neotektonik olmak üzere iki döneme ayrılmıştır. Tartışmalı olmakla birlikte özellikle Geç Miyosen sonrası oluşuklar (litoloji, yapı) Neotektonik dönem içerisinde yorumlanırken Geç Miyosen öncesi oluşuklar Paleotektonik döneme atfedilir. Bölgede Paleotektonik dönem, özellikle Neo-Tetis Okyanusu'nun kollarının açılması ve kapanması ile temsil olur. Geç Miyosen döneminde Neo-Tetis Okyanusu'nun tamamen kapanması ve kıtaların çarpışması ile başlayan Neotektonik dönemde Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) bu çarpışmanın bir sonucu olarak oluşmuştur (Barka ve Reilingier, 1997).

Anadolu Levhası'nın batıya doğru hareketi Türkiye'nin ve Dünya'nın en önemli aktif faylarından olan Doğu Anadolu ve Kuzey Anadolu Fay Sistemleri ile sağlanmaktadır. Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS), kuzeydoğuda üçlü eklem noktası olan Karlıova (Bingöl) ile güneybatıda Antakya da Amik'te Ölüdeniz Fayı ve Kıbrıs Yayı ile bir diğer üçlü eklem noktasını oluşturur. Doğrultusu yer yer değişmekle beraber yaklaşık K60⁰D olup uzunluğu yaklaşık 580 km olan sol yanal doğrultu atımlı kıta içi bir transform fay sistemidir (Duman ve Emre, 2013).

Bu çalışmada DAFS üzerinde kuzeydoğuda Palu'dan başlayıp güneybatıda ise Uslu'ya kadar uzanan yaklaşık 80 km uzunluğundaki bir alanı çalışılmıştır.

Türkiye'nin en önemli aktif faylarından birisi olan DAFS bir çok bilim adamı tarafından çeşitli dönemlerde çalışılmıştır (Arpat ve Saroglu, 1972; Jackson ve McKenzie, 1984; Sengör vd., 1985; Lyberis vd., 1992; Saroglu vd., 1992; Nalbant vd., 2002; Westaway, 2003; Aksoy vd., 2007, Duman ve Emre, 2013). Bu çalışmalar çoğunlukla fayın

geometrisini ve segmentlerinin tanımlanması amacıyla yapılmış olup, fayın deformasyon mekanizması ve kinematik özellikleri gibi konularda yeterli olmamıştır. Bu çalışmada, fayın çalışma alanı içerisindeki geçmişte ve günümüzde sunduğu davranışı ve fayın geometrisi ile bölgesel gerilme arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılmıştır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın başlıca amacı Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Palu ve Uslu arasındaki kesiminin geometrisi, deformasyon mekanizması ve kinematik özellikleri uzaktan algılama yöntemleri ve fay düzlemlerinin kinematik analizleri yapılarak elde edilmesidir.

Elde edilen sonuçlarla Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Palu ve Uslu arasındaki kesiminin geçmişte ve günümüzde etkin olan gerilme kuvvetlerinin belirlenmesi ve geçmişteki ve günümüzdeki davranışlarının karşılaştırılması ve değişimin nedenlerinin tartışılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında çalışma alanındaki çizgisel yapıların Landsat (4-5) TM uydu görüntülerinden yararlanarak otomatik olarak çıkarımı yapılmıştır. Elde edilen bu çizgisellikler kullanılarak Gül Diyagramı hazırlanmıştır. Arazi çalışmaları ile doğrudan fay düzlemi üzerinden elde edilen veriler, kinematik analiz sonuçlarıyla karşılaştırmıştır. Uydu görüntüleri ile elde edilen analiz sonuçları ile arazi çalışmaları sonucu elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirilerek bölgedeki fayların haritalandırılması ve bu yöntemin tektonik/jeolojik yapıların belirlenmesine ne ölçüde katkıda bulunduğu amaçlanmıştır.

Bu çalışma, gerek kullandığı yöntemler gerekse bilimsel yaklaşım açısından bölgedeki fayların geometrilerini, karakterlerini ve bunlara bağlı olarak gelişen yapıları tanımlamayı amaçlayan bir çalışmadır.

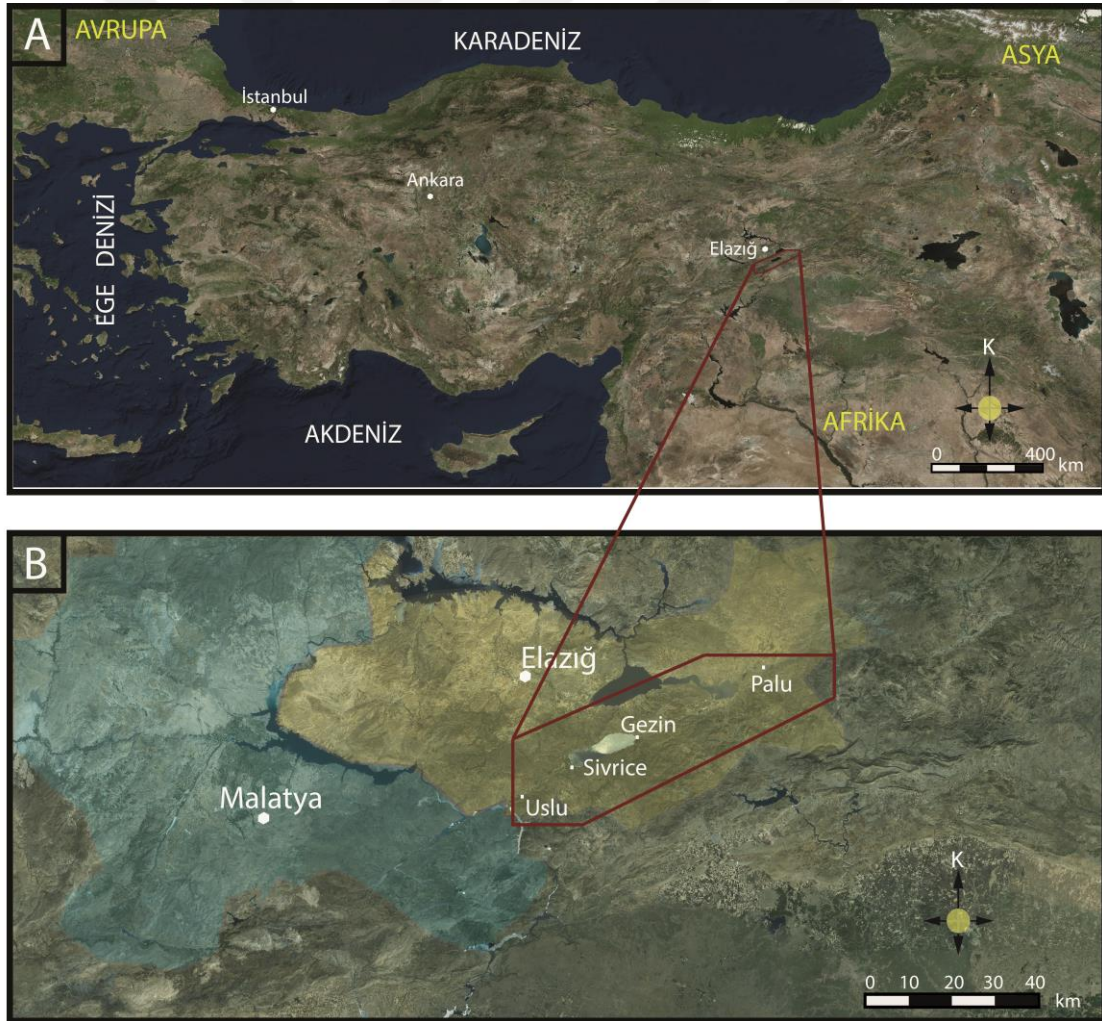
1.3. Çalışma Alanının Tanıtılması

Çalışma alanı Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Bu çalışmada Türkiye'nin en önemli neotektonik yapılarından birisini oluşturan Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) üzerinde kuzeydoğuda Palu'dan başlayıp

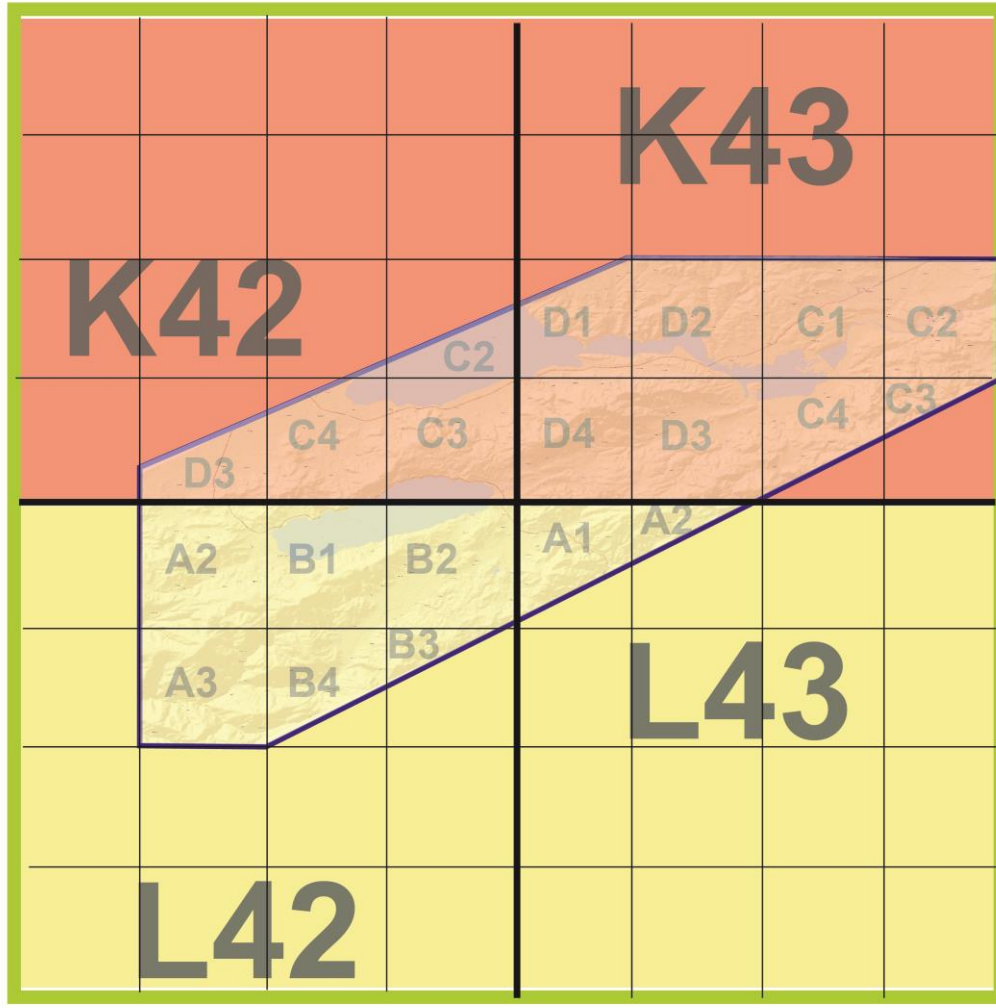
güneybatıda ise Uslu'ya kadar uzanan yaklaşık 80 km uzunluğundaki bir alanı çalışılmıştır (Şekil 1.1).

Yaklaşık olarak 80 km uzunluğunda ki bu hat 1/100.000 ölçekli K42, K43, L42 ve L43 paftalarının içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı K42c2, K42c3, K42c4, K42d3 K43c1, K43c2, K43c3, K43c4, L42b1, L42b2, L42b3, L42b4, L43a1 ve L43a2 ölçekli 1/25.000 topoğrafik paftalarının belirli bölümlerini kapsamaktadır (Şekil 1.2).

Çalışma alanında yer alan en önemli yerleşim yerleri Elazığ iline bağlı Palu, Gezin, Sivrice ve Uslu yerleşim yerleridir. Bölge topoğrafik açıdan engebeli olmasına rağmen ulaşım ağı gelişmiştir. Köyleri birbirine bağlayan asfalt ve stabilize yollar mevcuttur.



Şekil 1. 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası



Şekil 1.2. Çalışma alanının 1/100.000 ve 1/25.000 paftasındaki yeri

1.3.1. Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

Çalışma alanı Doğu Anadolu'da Elazığ il sınırları içerisinde yer almaktadır. Elazığ ili Doğu Anadolu Bölgesinin güneybatısında, Yukarı Fırat Bölümünde yer almaktadır. Yüzölçümü 8.455 km²'si kara, 826 km²'si baraj ve doğal göl alanları olmak üzere toplam 9.281 km² dir. Denizden yüksekliği 1.067 m olan Elazığ, yeryüzü şekilleri açısından topraklarını dağlık alanlar, platolar ve ovalar oluşturmaktadır. Türkiye topraklarının % 0,12'sini meydana getiren il sahası, 40° 21' ile 38° 30' doğu boylamları, 38° 17' ile 39° 11' kuzey enlemleri arasında kalmaktadır. Bu çerçeve içinde şekil olarak kabaca bir

dikdörtgene benzeyen Elazığ ili topraklarının D-B doğrultusundaki uzunluğu yaklaşık 150 km. K-G yönündeki genişliği ise yaklaşık 65 km. civarındadır.

Elazığ-Kovancılar-Palu (D300), Elazığ-Gezin-Palu (D885) veya Elazığ-Gözü Uslu (D300) yolları ile çalışma alanına ulaşım kolaylıkla sağlanabilmektedir.

Geçmişte karasal iklimin hüküm sürdüğü Elazığ, yapılan ve yapılmakta olan barajların etkisi ile ılıman bir iklime geçiş yapmıştır. Bölgenin iklimi, Akdeniz ve karasal iklim arasında bir geçiş özelliği de gösterir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve sert geçer. Isı -15°C ile +42°C arasında seyreder. Senelik yağış ortalaması 433 mm'dir. En fazla yağış ilkbahara aittir.

1.3.2. Çalışma Alanının Jeomorfolojik Özellikleri

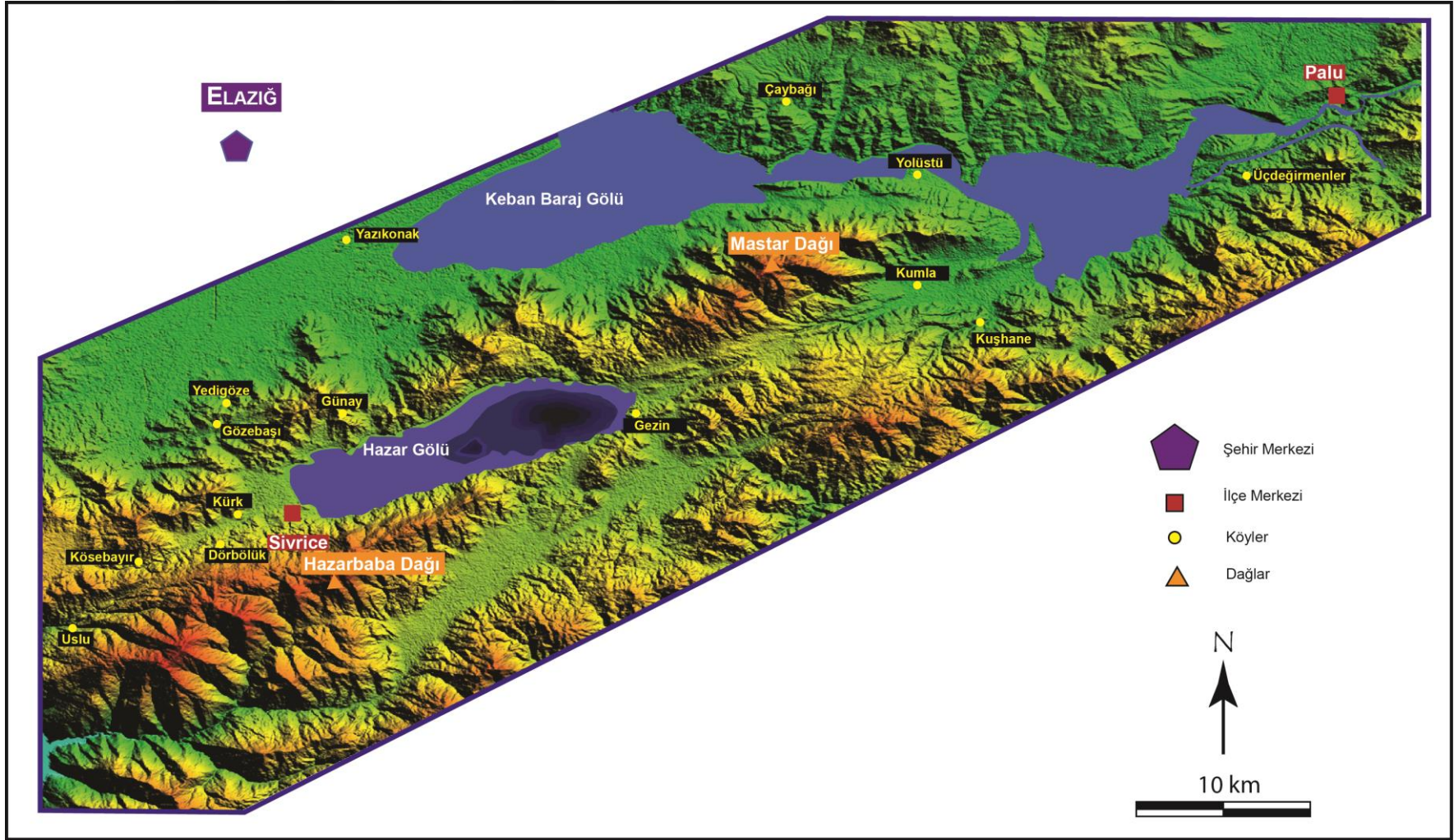
Elazığ il topraklarının %57,2 dağlar, %14,9 ovalar, %1 yaylalar, %26,8 platolar oluşturur. Çalışma alanına ait sayısal yükseklik haritasında (ASTER DEM) dağlar ve ovalar görülmektedir (Şekil 1.3). Elazığ, doğusundan, batısından ve güneyinden, Güneydoğu Torosların batı uzantıları ile çevrili olup, Güneydoğu Toroslar, Malatya ili sınırları içinde doğuya doğru uzanarak Elazığ'dan geçer. Van gölünün güneyine doğru kıvrımlar halinde devam ederek ülkemizin sınırlarını terk ederler. Bu dağların en yüksek noktasını İl'in batısındaki Hasan Dağları (2118 mt) oluşturur. Hasan Dağının güneyinde Bulutlu Dağı (2004 m) , Karga Dağı (1925 m) ve Kamışlık Dağı (2016 m) yer alır.

Elazığ ovasının güneyinde bulunan Meryem Dağının yüksekliği 1490 m'dir. Sıra dağlar Elazığ ovasının kuzeyinde, yeniden yükselir. Beydoğan yöresinde 1724 m'ye çıkarak, Keban Barajı çöküntü alanına dek sürer. Çöküntü alanından sonra doğuya doğru, önce Asker Dağını, sonra Palu İlçesinin doğusunda Gökdere Dağını oluşturur. Kuzeye doğru açılarak İl'in Bingöl ile olan sınırını çizer. Burada bulunan Karaboğa dağlarının en yüksek noktaları, Elazığ İl sınırları içinde kalır. Hazar Gölünün kuzeyinde 2140 m yüksekliğindeki Master Dağı yer alır. Güneyinde ise en yüksek dağ silsileleri Hazar baba (2230 m) dağını meydana getirir.

Elazığ (Harput) ovası, Uluova, Kuzuova, Behramaz ovası, Palu ovası ildeki en önemli düzlüklerdir.

Elazığ ilinde Murat suyu, Peri çayı, Haringet çayı, Fırat ırmağı, Behramaz deresi önemli akarsuları oluştururken, Hazar Gölü, Keban Baraj Gölü, Cip Baraj Gölü ise önemli göllerindendir.





Şekil 1.3. Çalışma alanına ait ASTER DEM haritası

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Türkiye'nin en önemli aktif faylarından birisi olan Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) birçok araştırmacı tarafından 1960' lı yılların başından itibaren çalışılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar ile fayın geometrisi, segmentasyonu, yaşı ve ölçülebilen morfolojik ve litolojik atım miktarları ve tarihsel ve aletsel dönemlerde ki deprem aktivitesi açığa çıkarılmaya çalışılmıştır. Çalışma alanı ve yakın çevresinde yapılmış çalışmalar aşağıdaki özetlenmiştir.

Altınlı (1963), tarafından yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Karlıova ile Bingöl arasındaki fayın varlığı Maden Teknik Arama Müdürlüğü (MTA) tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli haritalara işlenmiş olup çeşitli verilerle desteklenmiştir.

Ketin (1966, 1968) tarafından ilk kez Türkiye'deki paleotektonik birlikler tanımlanarak bölge dört ana tektonik birliğe ayrılmış çalışma alanı Torid tektonik birliği içerisine dâhil edilmiştir. Araştırmacı tarafından hazırlanan 1/2.500.000 ölçekli haritada daha önceden Karlıova-Bingöl arasında gösterilen fay, Göynük Çayı'na kadar uzatılmıştır. Ayrıca aynı fay Ketin ve Güçlü (1968) tarafından hazırlanan Türkiye'nin Sismotektonik Harita' sına eklenmiştir.

Allen (1969) tarafından yapılan çalışmada bölgede izlenebilen önemli bir süreksizliğin (Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS)) varlığı ilk kez tartışılmıştır. Araştırmacı yaptığı çalışmada DAFS kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile birleştirirken, güneyde ise Ölü Deniz Fay Sistemi (ÖDFS) ile birleştirmiştir. Araştırmacı fayın oluşumunu ise KAFS' nin oluşumuna neden olduğunu düşündüğü bölgede etkin olan kuzey-güney sıkışmaya bağlamıştır.

Ambraseys (1971) tarafından yapılan çalışmada 1900-1965 yılları arasında meydana gelen depremler ve tektonik birliklerin sınırları göz önüne alınarak Ölü Deniz Fay Sistemi'nin devamı olduğu düşünülen Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) 'Sınır Hattı (Border Zonu)' olarak tanımlanmıştır. Araştırmacı yaptığı bu çalışma ile DAFS üzerinde yapılan ilk ayrıntılı deprem kataloğunu oluşturmuştur.

Seymen ve Aydın (1972), araştırmacılar 22 Mayıs 1971 tarihinde Bingöl'de meydana gelen deprem sonucunda bölgede yaptıkları çalışmalarla çeşitli bulgular elde etmişlerdir. Depreme neden olan fayın Bingöl' ün güneyinden başlayarak Göynük Çayı boyunca Karlıova' ya uzanarak Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile birleşen 75 km uzunluğunda, 2-3 km genişliğinde ve yaklaşık K45⁰ doğrultulu bir fay zonu olarak tanımlamışlardır. Ayrıca araştırmacılar bu fayın aktif bir sol yanal fay olduğunu, herhangi bir düşey bileşen olmadığını ve üzerindeki toplam atım miktarının ise 15 km olduğunu saptamışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda bu fayın KAFS ile yaklaşık 55-60⁰ lik bir açı yaptığı ve KAFS' nin ikincil faylanması olduğu önerilmiştir. Ayrıca bu fayın 'Göynük Suyu Fay Zonu' olarak adlandırılmasını önermişlerdir.

Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından yapılan çalışmada fayın Karlıova ile Hazar Gölü arasındaki kuzey kesimlerinde yoğunlaşmıştır. İlk kez Allen (1969) tarafından ortaya konulan veriler ışığında yapılan çalışmalar arazi gözlemlerine dayanmaktadır. 22 Mayıs 1971 tarihinde Bingöl'de meydana gelen deprem sonucu oluşan yüzey kırıkları ile yer değiştirmeler incelenerek fayın karakteri ile ilgili önemli bulgulara ulaşılmıştır. İlk kez Allen (1969) tarafından varlığı ortaya konan ve daha sonra Ambraseys (1971) tarafından 'Sınır Hattı (Border Zonu)' olarak isimlendirilen fay, Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından yapılan çalışmalar ile karakterinin de ortaya konmasıyla Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) olarak adlandırılmıştır. Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda DAFS'nin sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu ve fay boyunca Göynük Çayı üzerinde Miyosen yaşlı birimlerde 22 km, Palu -Hazar Gölü arasındaki bölgedeki çamur taşları içerisinde ise 27 km'lik sol yanal bir yer değiştirme olduğunu hesaplamışlardır. Araştırmacılar fayın yaşının ise Göynük Çayı üzerindeki birimleri inceleyerek Miyosen sonrası yani Pliyosen olması gerektiğini önermişlerdir.

McKenzie (1972, 1976) yaptığı çalışmalarda Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) varlığına işaret etmiş ve kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile birleştirirken, güneyde ise Kıbrıs Yayı (KY) ile ilişkilendirmiştir. Araştırmacı daha sonraki çalışmasında uydu görüntülerinden (Landsat) faydalanarak, fayın Karlıova ile Antakya arasında uzanan 560 km uzunluğunda bir hat olduğunu önermiştir. Fayın hareket hızı ilk kez araştırmacı tarafından hesaplanmaya çalışılmış ve yıllık birkaç cm olabileceğini tahmin etmiştir. Araştırmacı DAFS için Anadolu Levhası ile Arabistan (Suriye ön ülkesi) arasındaki sınırda geliştiğini ifade ederek kıta içi transform fay olarak tanımlamıştır. Araştırmacı DAFS'nin yaşını belirlemek amacıyla Gölbaşı (Adıyaman) civarında yapılan arazi çalışmalarında

Miyosen ile daha yaşlı kristalin birimlerin arasında uyumsuzluğun varlığı ile DAFS kontrolünde gelişen havzalarda Pliyosen yaşlı linyit yataklarının varlığını dikkate alarak, DAFS'nin yaşının Orta Miyosen-Pliyosen aralığında olması gerektiğini önermiştir. Araştırmacı Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) kesiştiği Karlıova (Bingöl) bölgesini üçlü eklem noktası olarak tanımlamıştır.

Ercan (1979) tarafından DAFS üzerinde Hazar Gölü ile Pütürge arasında meydana gelen mikro depremler çalışılmış ve fay düzlemi çözümleri üzerinde yaptığı çalışmalar ile fayın sol yanal karakteri ortaya konmuştur. Araştırmacı yaptığı çalışmalara dayanarak fay üzerinde; 30 yıl içerisinde %100 olasılıkla 5'den büyük, %26 olasılıkla 6'dan büyük ve 100 yıllık dönem içerisinde %63 olasılıkla 6'dan büyük bir deprem olabileceğini önermiştir.

Naz (1979), Palu (Elazığ) dolayının jeolojisi adlı çalışmada Kırkgeçit Formasyonu içerisinde aldığı fosil örnekleriyle birimin yaşının Geç Eosen-Oligosen olarak belirlemiştir. Araştırmacı Karabakır Formasyonunu ilk kez tanımlayarak birimin yaşının Geç Miyosen olduğunu önermiştir. Ayrıca araştırmacı birim üzerinde yaptığı çalışmalar sonucunda birim içerisindeki oolitlik kireçtaşlarının çok sık, çalkantılı ve ısının yüksek olduğu ortamda çökeldiğini vurgulamıştır. Araştırmacı yaptığı gözlemlerde, bölgedeki birimlerin kıvrım eksenlerinin yaklaşık doğu-batı doğrultulu olduğunu görmüştür.

Perinçek (1979a, 1979b, 1980a, 1980b) tarafından Doğu Toros Orojenik Kuşağı içerisinde yapılan çalışmalarda bölgede yüzeyleyen birimlerin dağılımını, konumunu, petrografi, petroloji ve stratigrafisini inceleyerek Doğu Toros Orojenik Kuşağı'nın jeotektonik evrimini irdelemiştir.

Hempton ve Şaroğlu (1981) tarafından yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) sismik bakımdan aktif, morfolojik olarak da oldukça belirgin şekilde, Karlıova (Bingöl) ile Türkoğlu (Kahramanmaraş) arasındaki yaklaşık 450 km.'lik mesafede, Anadolu ile Arabistan levhaları arasındaki sınır boyunca uzanan sol yanal doğrultu atımlı bir fay olduğunu belirtmişlerdir.

Aktimur ve Oral (1981), DAFS üzerinde Pütürge segmenti üzerinde çalışma yapan araştırmacılar, Şiro çayı üzerindeki genç çökelleri incelemiş ve bu çökeller içerisinde fay ile ilişkili kıvrımların varlığını saptamışlardır.

Şaroğlu ve Güner (1981), Doğu Anadolu'nun jeomorfolojik evrimi konulu çalışmalarında bölgenin Orta Miyosen'den başlayan Neotektonik dönemde K-G doğrultulu bir sıkışma gerilmesinin etkisinde kaldığını belirtmişlerdir. Bölgede etkin olan bu sıkışmanın havza morfolojisinde ve volkanizmaların oluşumundaki önemleri tartışılmıştır.

Şengör ve Yılmaz (1981), Türkiye'de Tetis Okyanusu'nun Evrimi konulu çalışmalarında Ketin (1966) tarafından yapılan Türkiye'nin ana tektonik birlikleri sınıflamasını güncelleyerek Pontid kuşağını Rodop-Pontid kıtası ve Sakarya kıtası olmak üzere ikiye ayırarak ülkeyi beş ana tektonik birliğe ayırmışlardır.

Yazgan (1981, 1983, 1984) tarafından Pütürge (Malatya), Baskil ve Keban (Elazığ) dolaylarında yapılan çalışmalarda, bölgenin jeotektoniği irdelenmiştir. Araştırmacı, bölgede Geç Kretase ve Orta Eosen' de iki aktif kıta kenarının etkin olduğunu, bunlardan ilkinin Yüksekova Karmaşığı'nı ikincisi ise Maden Karmaşığı'nı oluşturduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, bölgede kuzeyden güneye doğru sırası ile Pütürge, Elazığ ve Keban ve Malatya naplarının varlığını kabul ederek, Pütürge Nap' ının tabanını Kenar Kıvrımları Kuşağı'nın sınırladığını belirtmiştir.

Hempton ve Dewey (1981, 1985) tarafından yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) geometrisi temel alınarak beş ayrı segmente ayrılmıştır. Fayın segmentasyonu ile ilgili yapılan ilk çalışma olmuştur. Araştırmacılar, Hazar Gölü'nün tektonik bir göl olduğunu ve fayın bu bölgede sola sıçramasına bağlı gelişmiş çek-ayır havza olduğunu ifade etmişlerdir.

Bingöl (1982, 1984, 1988) tarafından Elazığ-Pertek-Kovancılar çevresinde yapılan çalışmalar da, Yüksekova Karmaşığı' nın petrografi ve petrolojisini inceleyerek, karmaşığın oluşum ortamını açıklamaya çalışmıştır. Araştırmacı, Yüksekova Karmaşığı' nı kalkalkali bir magmadan türemiş ada yayı ürünü olarak değerlendirmiş ve karmaşığın, Geç Kretase sonu tektonik hareketler ile Keban Metamorfikleri tarafından üzerlendiğini belirtmiştir.

Özkul (1982, 1988), Özkul ve Üşenmez (1986), Elazığ kuzeydoğusunda Güneyçayırı köyü çevresinde ve Elazığ batısında Orta Eosen-Geç Oligosen Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yaptıkları çalışmalarda, birimin yaklaşan bir levha sınırında yay gerisi, dar, uzun ve yer yer derinleşen bir havzada çökeldiğini önermiştir. Araştırmacı şiddetli tektonizmaya bağlı olarak havza tabanından hızlı bir şekilde gelişen derinleşme nedeniyle bölgede kısa sürede derin deniz şartlarının oluştuğunu ve ortama kırıntılı malzeme girişinin kuzeyden ve havza eksenine dik yönde olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar, Kırkgeçit

Formasyonu'nun depolandığı havzanın batıya doğru derinleştiğini ve derin deniz kanallarının aynı yönde gençleştiğini belirtmiştir.

Tatar (1982), Arabistan Levhası'nın KKB yönündeki yatay hareketinin, Çamlıbel Dağları civarında yaklaşık KKB-GGD; Elazığ civarında ise yaklaşık K-G doğrultulu bir sıkışma gerilmesine sebep olduğunu, Landsat fotoğrafları ve arazi gözlemlerinden yararlanarak ortaya koymuştur.

Avşar (1983), tarafından Elazığ kuzeybatısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde yapılan çalışmada, fosiller üzerinde yaş tayin çalışmaları ile birime Geç Lütésiyen–Priaboniyen yaşı verilmiştir.

Dunne ve Hempton (1984), Doğrultu atımlı bir sistem içerisinde gelişen Hazar Gölü Havzası'nı inceleyerek, sedimantasyon hızı ile fayın ilişkisini araştırmıştır. Çalışmacılar, bölgede etkin olan fayların geometrilerini ortaya koymuş ve çalışmacıya göre bu faylardan oluşturan ilki K63⁰D doğrultulu olup, havzaya GB' dan girdiğini diğerinin ise K67⁰D doğrultusunda olup, havzaya KD' dan girdiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz vd., (1984), Güney Doğu Anadolu Orojenik Kuşağının Batı Kesiminin Jeolojik Evrimi başlıklı çalışmalarında, araştırmacılar tarafından yapılan Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nı, güneyde “Arabistan Platformu” ve kuzeyde “Orojenik Kuşak” olmak üzere iki bölgeye ayırmıştır. Araştırmacılar, ayrıca orojenik kuşağı da kendi içinde istifsel ve yapısal nitelikleri farklı “ekay zonu” ve “nap alanı” olarak iki alt bölüme ayırmışlardır. Araştırmacılar Ekay zonunun, Güneydoğu Anadolu Orojenik Kuşağı'nda naplarla Arabistan Platformu arasında sıkıştırılmış ve dilimlenmiş birimlerden oluştuğunu belirtmişlerdir. Arabistan Platformu'nun başlıca Geç Kretase ve Miyosen nap yerleşmelerine bağlı gelişmiş iki ana deformasyondan etkilendiği belirtilen bu çalışmaya göre, Erken Miyosen döneminde naplar ve bunun güney cephesini oluşturan ekay zonu bir bütün halinde güneye doğru ilerleyerek Arabistan Platformu üzerine bindirmeyle geldiğini belirtmişlerdir.

Çetindağ (1985), Kovancılar ve Palu yöresinde yaptığı çalışmada, Palu Formasyonu' nu ilk defa adlandırmıştır. Birimin yaşını ise Pliyosen-Kuvaterner olarak önermiştir.

Hempton (1985), Kampaniyen-Maastrichtiyen'de Arabistan Kıtası'nın kuzey kenarına ofiyolitlerin yerleştiğini ve Pütürge Metemorfitleri'nin de bunun sonucu olarak metamorfizmaya uğradıklarını ve daha sonra Maastrichtiyen-Paleosen'de güneye dalma-batmanın gelişerek, Elazığ Volkanik Kompleksi'nin oluştuğunu belirtmiştir.

Sungurlu vd. (1985), Elazığ–Hazar–Palu alanının jeolojisi konulu çalışmalarında, bölgede yüzeyleyen kayaçları otokton, allokton, paraallokton ve neotokton olarak dört ana birime ayırmışlardır. Çalışmacılar, bölgede allokton birimlerin yoğun olarak gözlemlendiğini ve bu birimleri güneydeki şelf sedimanları üzerinde tektonik olarak bulunduğunu belirtmişlerdir.

Şengör vd. (1985) tarafından yapılan çalışmada 12 MÖ Geç Serravaliyen’de nihayi çarpışma ile beraber Türkiye’de yeni bir tektonik dönemin başladığını ve dönemde KAFS ile DAFS’nin çok önemli rol aldığını önermişlerdir. Araştırmacılar Anadolu Bloğu’ nun KAFS ve DAFS boyunca batıya hareket ettiğini ve bunun sonucu olarak, dört ana neotektonik bölge oluştuğunu belirtmişlerdir, bunlar; (1) Doğu Anadolu sıkışma bölgesi; (2) Kuzey Türkiye bölgesi; (3) Batı Anadolu açılma bölgesi; (4) Orta Anadolu “ova” bölgesidir.

Dewey vd. (1986), Doğu Anadolu Bölgesinin Neotektoniği konulu çalışmasında, araştırmacı sadece Doğu Anadolu Fay Sistemi’ni (DAFS) incelemekle kalmamış DAFS’ ni ve bölgedeki tüm yapıları oluşturan kuvvetleri ve ilişkilerini irdlemiştir. Araştırmacı, Doğu Anadolu Bölgesinde Neotektonik dönemin 12 MÖ Geç Serravaliyen’ de Arabistan ile Avrasya Levhaları arasındaki son okyanusun (Bitlis Okyanusu) yitimi ile başladığını önermiştir. Araştırmacıların bölgede yapılar üzerinde yaptığı çalışmalar sonucunda günümüze kadar en az iki farklı deformasyon fazı (dönemi) olması gerektiğini savunmuşlardır. İlk deformasyon fazı olan sıkışma fazı ile bölgenin yükseldiğini ve 52km kabuk kalınlığına ulaştığını öne sürmüştür. Sıkışma fazını, doğrultu atımlı sistemler takip etmiş ve bölgede Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile beraber birçok doğrultu atımlı sistemin geliştiğini ve çalıştığını öne sürmüştür.

Şaroğlu ve Yılmaz (1985), araştırmacılar Doğu Anadolu Bölgesinin evrimini Orta Miyosen’den itibaren ele alarak yapısal unsurları geniş bir çerçevede ve bir sistematik içerisinde açıklamaya çalışmışlardır. Araştırmacılara göre Orta Miyosen de Neo-Tetis Okyanusu’nun kapanmasıyla gerçekleşen kıta-kıta çarpışmasına bağlı genel olarak D-B doğrultu kıvrım ve yüksek açılı bindirmelerin, K-G doğrultulu açılma çatlaklarının, KD-GB doğrultulu sol yönlü ve KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı fayların geliştiği önerilmiştir. DAFS bu sistem içerisinde gelişen bir yapı olarak tanımlanmıştır.

Akgül (1987), Keban bölgesindeki metamorfik kayaçların incelenmesi konulu çalışmasında, araştırmacı bu metamorfik kayaçların Permo–Triyas yaşlı olduklarını ve kıta şelfi ve yamacında çökelen kırıntılı ve karbonatlı birimler olduğunu önermiştir. Araştırmacı, bu metamorfik kayaçların güneyindeki okyanusal kabuğun Geç Kretase döneminde kuzeye yitilmesi ile Arabistan ve Keban levhaları birbirine yaklaşarak, Permo–Triyas yaşlı birimler yeşil şist fasiyesinde düşük derecelerde bölgesel metamorfizma geçirdiğini çeşitli bulgularla elde etmiştir.

Gülen vd., (1987), Kıtaların Çarpışması ile ilgili Kompleks Deformasyon, Maraş Üçlü Eklemi ve Çevre Yapıları başlıklı çalışmalarında, araştırmacılar bölgedeki yapıları ve bu yapıların dünyadaki benzer örneklerini karşılaştırarak, bu yapıları oluşturan bir model önermişlerdir.

Muehlberger ve Gordon (1987), Observations on the complexity of the East Anatolian Fault başlıklı çalışmada, araştırmacılar DAFS'nin birçok farklı segmente ayrıldığını ve her bir segmentin farklı kayma hızlarına sahip olduklarını önermişlerdir. Fay sistemi içerisindeki segmentleri sıkışmalı veya genişlemeli olmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Yaklaşık olarak K-G doğrultulu kısımları sıkışmalı büküm segmentlerini oluştururken, faya paralel olan kısımlar ise genişlemeli bileşime sahip segmentleri oluşturmuştur.

Perinçek vd. (1987), Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki doğrultu atımlı fayları çalışan araştırmacılar, bölgedeki yapıları ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Arazi bulgularına dayanan çalışmalarda araştırmacılar fayın geometrisi ve atımları ile ilgili çeşitli veriler sunmuşlardır.

Tatar (1987), Elazığ bölgesinin tektonik yapıları ve Landsat fotoğrafları üzerinde yapılan bazı gözlemler başlıklı çalışmasında araştırmacı, bölgenin genelleştirilmiş tektonik haritasını hazırlamıştır. Kırık analizleri sonucu elde edilen veriler ışığında bölgenin KKD sıkışma etkisi altında kaldığı veriler ışığında elde edilmiştir.

Barka ve Kadinsky-Cade (1988), Türkiye'deki Doğrultu Atımlı Faylar konulu çalışmalarında doğrultu atımlı fayların geometrileri ile sismik aktiviteleri incelenmiştir. Araştırmacılar Doğu Anadolu Fay Sistemi' nin (DAFS) geometrilerini ayrıntılı bir biçimde ele alarak DAFS' ni on dört segmente ayırmışlardır.

Ambraseys (1989) tarafından tarihsel depremlerin konumları adlı çalışmada, 1875 (Ms 6.7) ve 1905 (Ms 6.8) depremlerinin DAFS üzerindeki Pütürge segmenti üzerinde olabileceği tartışılmıştır.

Perinçek ve Çemen (1990) tarafından Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) ile Ölü Deniz Fay Sistemi' nin (ÖDFS) yapısal ilişkileri konulu çalışmalarında, DAFS ile ÖDFS arasında ki yapısal ilişki arazi çalışmaları ile irdelenmeye çalışılmıştır. DAFS ile ÖDFS' nin üç muhtemel bölgede birleştiğini savunan araştırmacılar, bu bölgelerin; Antakya güneyindeki Amik ovası, Narlı ilçesinin kuzeyi veya Hazar Gölü'nün kuzeyi olabileceğini iddia etmişlerdir.

Taymaz vd. (1991), Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) yıllık kayma hızını belirlemek için yaptıkları çalışmada, fayın kayma hızının 25mm/y ile 35mm/y arasında ve tercihen 29mm/y olduğunu hesaplamışlardır.

Lyberis vd., (1992) tarafından yapılan çalışmada Doğu Anadolu Fay Sistemi' nin (DAFS) Afrika-Arabistan ile Anadolu levhalarının çarpışmalarına bağlı olarak geliştiği önerilmiştir. Çalışmacılar bu çarpışmaya bağlı olarak Anadolu Levhasında önemli deformasyonların (kırılma, kıvrılma vb.) varlığını gözlemlerken, Afrika-Arabistan levhasında ise daha az deformasyon gözlemlemişlerdir. Bunun nedenini ise Anadolu Levhasının yapısının daha heterojen olmasına ve/veya Afrika-Arabistan Levhaları'nın nispeten daha homojen olmasına bağlamışlardır. Araştırmacılar yaptıkları arazi çalışmalarında DAFS'nin Bitlis Sütur Zonu (BSZ) olarak tanımlanan Anadolu ile Afrika-Arabistan levhaların çarpışma kuşağını Gölbaşı (Adıyaman) yakınlarında keserek sol yanal olarak ötelediğini gözlemlemişlerdir. Arazi çalışmaları sırasında DAFS'nin Maraş civarında diğer bölgelere oranla daha belirsiz morfoloji sunduğunu gözlemleyen çalışmacılar, bunu DAFS'nin Maraş civarında daha geniş alanlara yayılan bir deformasyon alanı oluşturmaya bağlamışlardır.

Herece ve Akay (1992) tarafından yapılan Karlıova Çelikhan arası Doğu Anadolu Fayı konulu çalışmada, araştırmacıların fayın yaşının Üst Pliyosen olması gerektiğini önermişlerdir. Araştırmacılar, Palu ile Hazar Gölü arasındaki 50 km'lik kısmı Palu-Aydın fayı olarak adlandırmışlardır. Yapılan arazi çalışmalarında, faya ait maksimum atım miktarları ölçülmüş ve bölgede Eosen yaşlı birimlerde 9km yi bulan sol yanal yer değiştirmeler olduğu saptanmıştır.

Şaroğlu (1992a ve 1992b), tarafından yapılan çalışmada Karlıova ile Türkoğlu arasında devamlılık gösteren DAF üzerinde fayın büküm veya sıçrama yaptıkları bölgelerde faylarla ilişkili olarak gelişen üç önemli kesinti bölgesi olduğunu belirtmiştir. Bu alanlar, (1) çek ayır havza olarak oluşan Hazar Gölü, (2) sıkışma ve kıvrılma ile ilişki Palu ve Bingöl ve (3) Sincik ve Çelikhan yükselimleri.

Aksoy (1993), Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri başlıklı çalışmasında, daha yaşlı olan Permo-Triyas yaşlı Metamorfik kayaçların, kendisinden daha genç Senoniyen yaşlı magmatik birimler üzerine tektonik olarak geldiğini ve bunun bölgede etkin olan sıkışma nedeniyle olduğunu açıklamıştır.

Biricik (1993), araştırmacı tarafından Hazar Gölünün batimetri haritası ortaya konmaya çalışılmış ve gölün maksimum derinliğinin 89 m, ortalama derinliğinin ise 60 m olduğu ileri sürülmüştür.

Kaya (1993), Gezin-Maden (Elazığ) çevresinde jeolojik araştırmalar başlıklı çalışmada bölgedeki tektonik unsurlar ortaya konmaya çalışılmıştır.

Kiratzi (1993) tarafında yapılan çalışmada DAFS'nin geçmiş 140 yılda meydana gelmiş depremleri araştırarak kayma hızının 19-29 mm/y arasında olması gerektiğini önermiştir.

Yılmaz (1993), Güneydoğu Anadolu bölgesinin evrimi konulu çalışmasında Arabistan Levhası ile Bitlis-Pütürge Masifleri arasında Geç Triyas' da açılmaya başlayan okyanusun Erken Kretase sonlarından itibaren kuzeye doğru yitildiğini önermiştir. Araştırmacı bölgede yüzeyleme gösteren ofiyolitik birimlerin Geç Kretase' de Arabistan Levhası üzerine yerleştiğini belirtmiştir.

Çelik (1994), Kovancılar (Elazığ) yakın kuzey ve batısındaki alanın jeolojik özellikleri başlıklı çalışmasında bölgedeki birimlerin genel özelliklerini ve birbirleri ile olan ilişkilerini ortaya koymuştur.

İnceöz (1994), Harput (Elazığ) Yakın Kuzeyi ve Doğusunun Jeolojik Özellikleri başlıklı çalışmasında araştırmacı, bölgenin jeolojik ve tektonik özelliklerini çalışmıştır.

Tonbul ve Özdemir (1994a ve 1994b), Palu civarında DAFS'nin jeomorfolojiye etkisi konulu çalışmalarında araştırmacılar, bölgedeki yapıların fay ile ilişkisini ortaya koyarak bu yapıları tanımlamışlardır.

İmamoğlu (1996), Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Gölbaşı kesimi neotektonik özellikleri ve Gölbaşı-Saray fay kaması havzası başlıklı çalışmalarında araştırmacılar, bölgedeki birimleri Paleotektonik ve örtü birimler olarak iki gruba ayırmışlardır.

Özdemir (1996a ve 1996b), Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Sincik-Hazar Gölü arasındaki kısmın morfolojik özellikleri konulu çalışmasında, bölgedeki yapıların fay ile ilişkisini ortaya koyarak bu yapıları tanımlamışlardır.

Barka ve Reilinger (1997), Doğu Akdeniz bölgesindeki levha hareketlerini ve bu levha hareketlerine neden olan fayların kayma miktarlarını GPS tarafından yapılan ölçümlerle

hesaplamaya çalışmışlardır. Araştırmacılar DAF için 11 ± 1 mm/yıl kayma hızı hesaplamışlardır.

McClusky vd. (2000), Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus başlıklı çalışmada, DAFS için kayma hızını ise 9 ± 1 mm/yıl olarak belirlemişlerdir.

Nalbant vd. (2002), DAFS üzerinde 1822 yılından itibaren meydana gelen depremleri çalışarak ve bunlara DAFS üzerinde meydana gelmiş en önemli 10 tarihsel deprem verisini de ekleyerek DAFS üzerindeki deprem üretme potansiyeli açısından riskli bölgeleri belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar bu veriler ışığında DAFS üzerindeki Kahramanmaraş-Malatya ve Elazığ-Bingöl arası bölgenin oldukça riskli olduğunu iddia etmişlerdir.

Çelik (2003) Elazığ ilinin güneydoğusunda Mastar Dağı çevresinde yaklaşık 300 km²'lik bir alanı çalışarak bölgede yüzeyleyen birimleri haritalamıştır. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin bir bölümü inceleme alanından geçmektedir. Maden Grubu'na ait Melefan Formasyonu'nun Palu ilçesinin GB kesimindeki yüzeylemesinin devamı, Hazar Gölü'nün KD'sunda bulunan iki yüzeyleme, Doğu Anadolu Fayı tarafından kesilerek yaklaşık 30 km'lik bir atım ile bugünkü konumuna taşınmıştır.

Çetin vd. (2003), Paleosismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone başlıklı çalışmada araştırmacılar, bölgede tarihsel dönemde meydana gelen depremleri ve bu depremlerin büyüklüklerini bulmaya çalışmışlardır. Araştırmacılar bu segment üzerindeki yüzey kırığı oluşturan en son depremin $M_s=7.1$, 1874 ve $M_s=6.7$, 1875 olaylarına ait olabileceğini ve daha önce olan yıkıcı diğer olayların da var olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey kırığı oluşturacak büyük ($M>7$) depremlerin tekrarlanma aralığını 100 ± 35 ile 360 yıl arasında olabileceğini önermişlerdir.

Palutoğlu (2005), Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği başlıklı çalışmada Elazığ il merkezi yerleşim alanı zemininin inceleyerek, deprem riski ayrıntılı olarak ortaya koymuştur.

Tatar vd. (2004), Ölü Deniz Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu arasındaki Karasu Volkanizması üzerinde paleomanyetizma çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar volkanizmanın yaşını 0.3 ile 0.6 my aralığında olduklarını önermişlerdir. Ayrıca Ölü Deniz Fay Zonu ile Doğu Anadolu Fay Zonu arasındaki blokların saat ibresinin tersi yönünde rotasyonel bir hareket içerisinde olduklarını ve bu hareketin miktarının yaklaşık 8^0 olduğunu hesaplamışlardır.

Zengin (2005), Adıyaman Fay Zonu (AFZ) üzerinde yaptığı kinematik analiz çalışmalarında fayın karakterini ve geometrisini ortaya koymaya çalışmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre AFZ' nun da içinde bulunduğu DAFS'nin Erken Miyosen'deki genişleme tektonik rejimi ile oluşup, Orta-Geç Miyosen sonlarında etkili olan sıkışma tektonik rejiminden etkilendiğini ve Pliyo-Kuvaterner'de ise günümüzde de etkili olan doğrultu atım karakterini kazandığını önermektedir.

Yılmaz vd. (2006), Doğu Anadolu Fay Zonu'nun Türkoğlu (Kahramanmaraş) ile Çelikhan (Adıyaman) arasındaki bölgenin Kinematik Analizi başlıklı çalışmada araştırmacılar Neosen'den günümüze bölgenin stres rejimini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar hem fay düzlemi üzerindeki kayma çiziklerinden hemde 5 ve üzeri depremlere ait odak çözüm mekanizmalarından Kinematik Analiz yapmışlardır. Araştırmacılar bölgede etkili olan fayın doğrultu atımlı ve ters bileşenli (Transpresiyonel) olduğunu önermişlerdir. Çalışma alanı içerisinde doğrultu atımlı fayların normal bileşenli (Transtansiyonel) fayların gözlendiği ancak Transpresiyonel fayların daha baskın oldukları gözlenmiştir.

İmamoğlu ve Çetin (2007), Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği başlıklı çalışmada DAFS ve bu fayın eşlenikleri olan Lice Fayı ve Bozova Fayı üzerinde önemli tektonik aktivitelerin olduğunu önermişlerdir. Hazar Gölü genç tortulları üzerinde yapılan çalışmalarda, tortullar üzerinde beş önemli deprem izlerine rastlamışlardır.

Aksoy vd., (2007), Lake Hazar Basin: A Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey başlıklı çalışmada araştırmacılar bölgedeki fayları yeniden haritalayarak geometrilerini ortaya koymuşlardır. Bu çalışmada araştırmacılar yeni bir görüş savunmuş ve Hazar Gölü'ne KD'dan geldiği düşünülen ana fayın sola sıçrama yapmadığını, bunun aksine ana fay Hazar Gölü' ne varmada Kartaldere Köyü civarında iki kola ayrılarak negatif çiçek yapısı sunarak göl tabanından devam eder. Burada ki fayların önemli oranda normal bileşenlerinin varlığı yapılan arazi çalışmalarında gözlemlenmiştir. Araştırmacılar bölgede yaptıkları hesaplamalar doğrultusunda fayın yanal atımının yaklaşık 9 km, düşey atımının ise 1317 m civarı olduğunu hesaplamışlardır.

Çolak vd. (2012), The Palu-Uluova Strike-Slip Basin in the East Anatolian Fault System, Turkey: Its Transition from the Palaeotectonic to Neotectonic Stage başlıklı çalışmada, DAFS üzerinde doğrultu atımlı bir havza olan Palu-Uluova havzasını ayrıntılı bir biçimde çalışmışlardır. Palu-Uluova havzasını üç alt bölüme ayıran araştırmacı bu

havzaları sırayla KD-gidişli Uluova, Palu-Kumyazı ve Yolüstü alt havzaları olarak adlandırmıştır.

Duman ve Emre (2013), tarafından yapılan çalışmada DAFS'nin geometrisi ve segmentasyonu sismolojik ve paleosismolojik verilerle ortaya konmuş, fayın bölgedeki diğer büyük faylarla (Ölüdeniz fayı, Kıbrıs yayı vb.) olan geometrik ilişkileri açıklanmıştır. Fayın geometrisini ayrıntılı bir şekilde haritalayan araştırmacılar, DAFS'ni güney (ana fay) ve kuzey olmak üzere iki ana kola ayırmışlardır. Güney kol, ana fay, Karlıova ile Antakya arasında yaklaşık 580 km uzunluğunda olup Amik üçlü eklem noktasında Ölüdeniz ve Kıbrıs Yayısı ile kesişmektedir. Sürgü-Misis fayı olarakda adlandırılan kuzey kol ise yaklaşık 350 km uzunluğunda olup İskenderun körfezinde Kyrenia-Misis fayı ile kesişmektedir.

Koçbulut vd. (2014), Ezinepazara-Sungurlu Fay Zonu'nun Landsat ve Kinematik Verilerle Analizi başlıklı çalışmada araştırmacılar, Landsat verileri üzerinden çizgisellik analizi ve fay düzlemleri üzerinden ise fay kayma analizleri yapmışlardır. Araştırmacılar fayın karakterinin Transtansiyonel olduklarını önermişlerdir.

Palutoglu (2014), 'Elazığ Kent Merkezinin Tektoniği Depremselliği Ve Mikrobölgeleme' başlıklı doktora tezinde Elazığ kent merkezi içerisinde DAFS ile ilgili fayların tektonik haritasını yapmıştır. Çalışmacı inceleme alanındaki fayları haritalayarak meydana gelmiş önemli tarihsel ve aletsel döneme ait depremleri ilgili yerlerine yerleştirmiştir. Çalışmacı ayrıca Elazığ ve çevresindeki faylarda meydana gelebilecek depremlerin Elazığ kent merkezinde oluşturacakları depremsellik parametrelerini hesaplamıştır.

Simao vd. (2016), 'Central and eastern Anatolian crustal deformation rate and velocity fields derived from GPS and earthquake data' başlıklı çalışmada araştırmacılar DAFS üzerindeki Karlıova ile Elazığ arasındaki segmentlerin deprem aktivitesi açısından riskli bölgeler olduklarını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması; saha öncesi çalışmalar, saha çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

Saha öncesi çalışmalar, bölge ile ilgili yapılmış çalışmaları inceleyerek saha çalışmaları öncesi çalışma alanı ile ilgili ön bilgiler elde etmek ve veri tabanı oluşturmak amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma alanı ve yakın çevresini içeren bölgelerde bugüne kadar farklı araştırmacılar tarafından yapılmış olan çalışmalar ve bunlarla ilişkili birimleri içeren rapor, tez ve yayınlar incelenmiştir. Ayrıca uzaktan algılama çalışmaları kapsamında uydu görüntülerinden faydalanılmıştır. İnternet üzerinden erişime açık olan sayısal yükseklik modeli ASTER GDEM Worldwide Elevation Data (1.5-arc-second Resolution) ve Landsat (4-5) Thematic Mapper (TM) verileri çeşitli programlar yardımıyla işlenerek aktif fayların haritalanması ve çizgisellikleri ortaya çıkarılmasında kullanılmıştır (URL-1, 2016). Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilen; sayısal yükseklik modeli, akarsu drenaj ağları ve ilgili kurumların internet sayfaları üzerinden elde edilen aletsel dönem deprem aktivitesi sayısal tabanlı programlarla çalıştırılarak bölgenin tümünü kapsayan 1/100.000 ölçekli fay haritası hazırlanmıştır. Bu veriler arazi çalışmalarıyla elde edilecek olan fay düzlemi üzerindeki kinematik verilerin muhtemel konumlarının belirlenmesinde önemli faydalar sağlamıştır. Uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen çizgisellikler daha sonra büro çalışmaları sırasında uygun programlar yardımıyla diyagramlara eklenip bölgenin yapısal özelliklerinin açıklanmasında kullanılmıştır.

Saha çalışmaları 2016 ve 2017 yıllarında mevsim koşullarının uygun olduğu çeşitli günlerde yapılmıştır. Saha çalışmaları sırasında çalışma alanının tamamını içeren bölgenin 1/100.000 ölçeğinde jeoloji haritası önceki çalışmalardan faydalanılarak yeniden düzenlenmiştir. Saha öncesi çalışmalar kapsamında hazırlanan aktif fay haritası yardımıyla fay düzlemleri üzerindeki kinematik veriler toplanmıştır.

Büro çalışmaları kapsamında, saha öncesi ve saha çalışmaları sırasında elde edilen tüm veriler düzenlenerek yorumlanmıştır. Büro çalışmaları sırasında DAFS boyunca ölçülen fay düzlemi kinematik verilerinin Wallace (1951) ve Bott (1959) varsayımını temel alan Angelier (1990) tarafından geliştirilen sayısal modelleme tabanlı SG2PS (Structural Geology to Post Script) programı kullanılarak asal gerilme eksenleri belirlenmiştir. Bu yaklaşımda iki temel kabul vardır: (1) küçük bir alanda ki kütlenin gerilmesi tek düzedir (homojen) ve (2) kayma yönü, en uygun zayıflık düzlemi boyunca maksimum makaslama gerilmesine paraleldir. Bu varsayımlardan yola çıkarak, fay düzleminde alınan verilerden

(doğrultu/eğim, fay çiziklerinin yönelimi ve fayın karakteri) asal gerilim eksenlerinin konumları ve eksenlere ait R oranı elde edilmektedir. Bu oran asal gerilimlerin büyüklükleri farklarının birbirlerine oranı olarak tanımlanabilir ($R=S_2-S_3/S_1-S_3$). Bu değer 0 ile 1 arasında değişir ve deformasyon elipsoidinin şeklini tanımlar (Angelier, 1990). Ancak, fay kayma verilerinden alınan doğal örneklerden mutlak büyüklükleri belirlenmesi bir ölçüde mümkündür ve genellikle çok zordur. Bunun nedeni faylanma sırasındaki çevresel koşullarla ilgili bilinmeyenler (örnek olarak faylanma sırasında ki örtü tabakasının kalınlığı) ve bu verilere sadece fay kayma analizi yoluyla ulaşamaması. Bu nedenle, standart paleostres ters çözüm teknikleri bölgesel asal gerilme eksenlerinin göreceli büyüklüklerinin (R yani oran) ve yönelimlerinin belirlenmelerinde kullanılır.

Büro çalışmaları kapsamında, Landsat (4-5) TM görüntülerinden otomatik olarak elde edilen sayısal çizgiselliklerden faydalanarak Gül Diyagramı hazırlanmış böylece bölgede etkin olan çizgisellik doğrultusu belirlenmiştir.

Tetis güneyindeki Kimmeriyen kıtası altına yitilirken, bu yitime bağlı olarak Kimmeriyen kıtası üzerinde Karakaya Kenar Denizi ve Neo-Tetis'in güney kolu Üst Triyas'ta ilk kez açılmaya başladı. İlk kez Üst Triyas'ta oluşmaya başlayan ve Türkiye'nin Neotektonik döneminde önemli etkisi olan Neo-Tetis Okyanusu ilerleyen dönemlerde açılmaya devam ederek Zagros ve Himalayalara kadar genişleyecek, Miyosen döneminde ise Bitlis Sütur Zonu boyunca kapanacaktı. Jura başlangıcından itibaren sürekli parçalanarak Kimmeriyen kıtası sürekli olarak parçalanarak Anatolid-Torid Platformu ile Keban, Malatya, Pütürge Masifleri gibi daha küçük kıta parçalarına ayrılmıştır. Jura döneminde tamamen kapanan Paleo-Tetis Okyanusu'nun aksine, Neo-Tetis sürekli olarak genişlemeye devam etmiştir. Jura ve Alt Kretase dönemi Türkiye'de ki ofiyolitlerin oluştuğu ve Anatolid-Torid dönemi üzerinde karbonatların birikimlerinin oluştuğu dönemi temsil etmektedir. Jura-Erken Kretase'de en geniş yayılımına ulaşan Neo-Tetis okyanusu, Kretase sonlarından itibaren kapanmaya başlamış ve bu kapanmaya bağlı ofiyolit üzerlemeleri ilk kez bu dönemde gerçekleşmeye başlamıştır. Artık sıkışmalı bir dönem içerisine giren Türkiye'de, Geç Kretase döneminde ilk ofiyolit üzerlemeleri, Karadeniz, Maden ve Çüngüş havzalarının açılması gerçekleşmiştir. Eosen döneminde kapanmaya başlayan Maden ve Çüngüş havzaları, Erken Miyosen döneminde kapanarak, bu dönemden itibaren artık denizel kökenli kayaların oluşumu son bulmuştur. Neo-Tetis Okyanusu'nun yitimiyle beraber Bitlis Sütur Zonu (BSZ) boyunca gerçekleşen Arabistan ve Anadolu levhalarının çarpışması ile KAFS ve DAFS oluşmuş ve ilerleyen dönemlerde, levha içi deformasyonun artmasına bağlı bu faylarla ilişkili diğer faylar ve yapılar gelişmiştir. Pliyosen döneminde son şeklini alan Türkiye de, Arabistan ve Afrika Levhaları'nın yakınlaşmasına bağlı gelişen yapılar, bölgenin Neotektonik yapısını şekillendirmektedir (Ketin 1966, 1968).

Anatolid-Torid Bloğu içerisinde kalan Doğu Anadolu Bölgesi Orta Miyosen'den itibaren etkisini gösteren Alpin Orojenezi'ni çok yoğun şekilde yaşamıştır. Bu çarpışma ile beraber yoğun bir sıkışma rejimi altına giren bölgede çarpışma ile ilişkili Neojen-Kuvaterner yaşlı genç volkanizma yaygın olarak gözlenmektedir. Birçok araştırmacı (Örn. Şengör ve Yılmaz, 1981; Yılmaz, 1993; Tüysüz vd., 1995; Keskin, 2003) tarafından çalışılan bölgedeki birimler Paleotektonik ve Neotektonik olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Daha yaşlı olan Paleotektonik birimler ise kendi içerisinde genel olarak üç gruba ayrılmıştır. Birince grupta en kuzeyde görülen Doğu Rodop-Pontid magmatik yayı ürünleri yer almaktadır. Geç Kretase döneminde Neo-Tetis'in kuzey kolu (Vardar okyanusu) değişen tektonik rejim ile beraber Rodop-Pontid kıta parçasının altına doğru yitilirken,

Rodop-Pontid kıta parçası üzerinde yoğun bir magmatik yay ve bu yayın önünde melanj (karmaşık) kaması birikmeye başlamıştır. Güneye eğimli bu yay üzerinde Kretase yaşlı ofiyolitler geriye bindirmelerle Rodop-Pontid kıta parçasının güney kenarına itilmişlerdir (Yılmaz vd., 1993). Geç Kretase dönemi bölgede sıkışmalı rejimin başladığı ve buna bağlı ofiyolit naplarının yerleşmeye başladığı ve bu yerleşmeler ile ilişkili bölgesel ölçekte metamorfizmaların gerçekleştiği dönem olarak bilinmektedir (Ketin, 1966). Bölgede yaygın olarak gözlenen Malatya-Keban ve Bitlis-Pütürge masifleri bu ofiyolit üzerlemelerinden etkilenecek yüksek basınca bağlı metamorfizmaya uğramışlardır (Ketin, 1966). İkinci grubu Doğu Anadolu Yığılma Karmaşığı (DAYK) olarak adlandırılır ve Geç Miyosen'den Kuvaterner'e (Neotektonik birimler) kadar farklı yaştaki birimleri tarafında örtülüdür. DAYK ofiyolitleri ve Paleosen-Geç Oligosen yaşlı filişleri içermektedir. Bu gruptaki birimler kuzeye eğimli ekaylanmalarla güneye doğru Arabistan Levhası üzerine taşınmışlardır (Tüysüz vd., 1995). Üçüncü ve en güneydeki grubu Bitlis-Pütürge Masifleri oluşturmaktadır. Neotektonik birimler ise Geç Miyosen ve sonrasında oluşan sedimanter ve magmatik birimleri kapsamaktadır.

Koçyiğit vd. (2001), tarafından yapılan çalışmada bölgede ki yapılar üç ana gruba ayrılmıştır. Bu yapılar; KB ve KD doğrultulu sırasıyla sağ yanal ve sol yanal doğrultu atımlı faylar, K-G doğrultu açılma çatlakları ve bu çatlaklarla ilişkili volkanizmalar ve doğrultu atımlı faylarla ilişkili havzalarda biriken 5 km kalınlığa ulaşan deforme olmamış Pliyosen yaşlı volkano-sedimanter ürünler.

5. STRATİGRAFİ

Çalışma alanında Pre-Kambriyen' den günümüze kadar değişen yaş aralığında ve farklı türde kaya birimleri yüzeylemektedir. İnceleme alanındaki birimler alt başlıklar altında ayrı ayrı ele alınmıştır.

5.1. Pütürge Metamorfikleri

Birim, birçok araştırmacı tarafından ‘‘Pütürge Metamorfikleri/Pütürge Masifi’’ olarak adlandırılmıştır (Rigo de Righi ve Cortesini, 1964; Perinçek 1979; Erdoğan 1982; Aktaş ve Robertson, 1984; Yazgan ve Chessex, 1991).

İlk kez Perinçek (1979) tarafından adlandırılan Pütürge Metamorfikleri, Bitlis Metamofiti ile birlikte Güneydoğu Anadolu'nun en önemli metamorfik masiflerinden birisi olup, çoğunlukla Bitlis-Pütürge Masifleri birlikte düşünülmektedir. Bu masifler başlangıçta tek bir masif olduğu, sonraki tektonik hareketlerle parçalandıkları düşünülmektedir (Yılmaz ve Yiğitbaş, 1984).

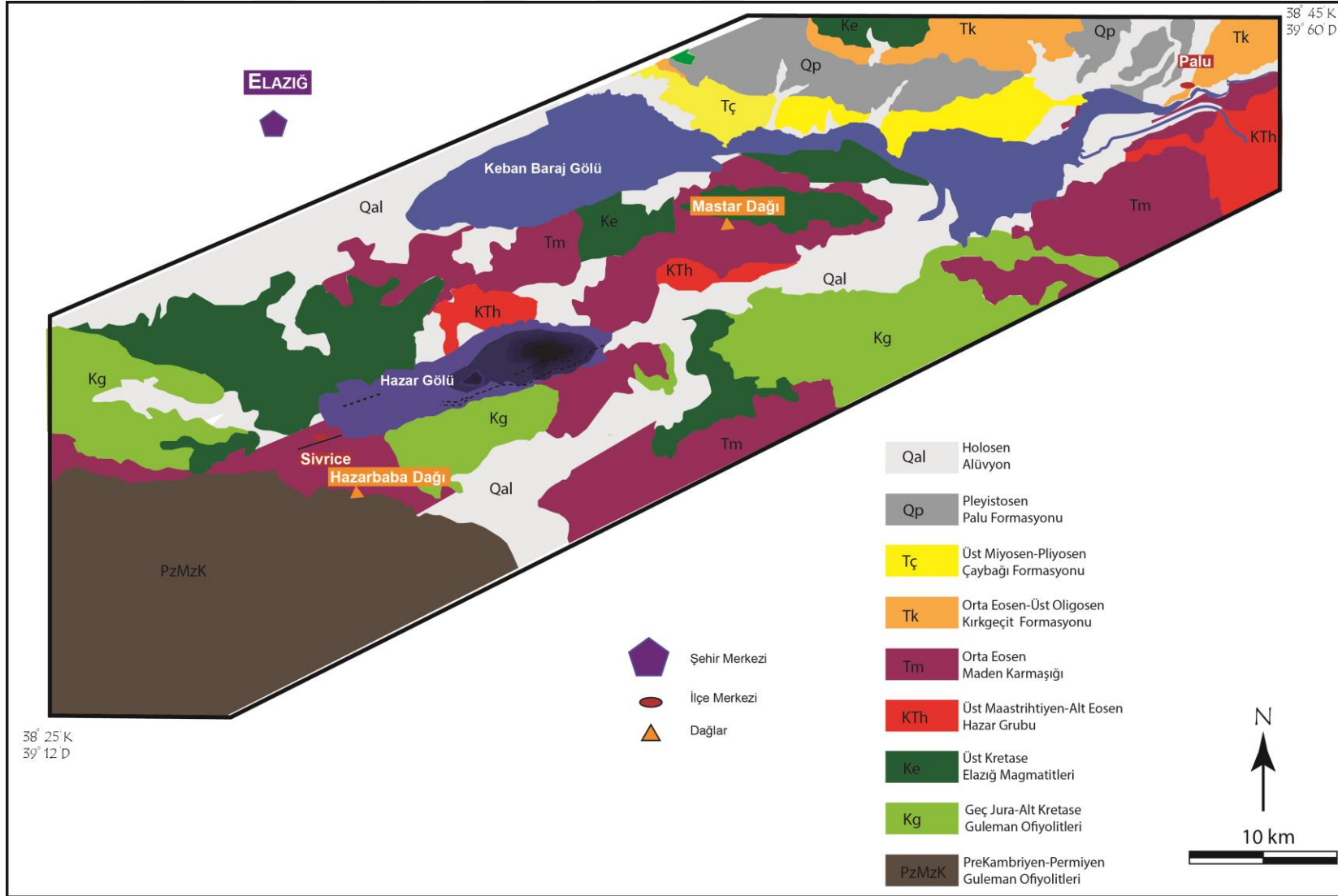
Pütürge Metamorfikleri, çekirdek-örtü (Çağlayan vd. 1984) veya Alt-Üst Birlik/Topluluk olarak ayrılmıştır (Boray, 1975; Helvacı, 1984; Göncüoğlu ve Turhan, 1984; Erdem, 1994). Erdem (1994) tarafından yapılan çalışmaya göre birimin alt topluluğunu, alttan üste doğru gözlü gnays, biyotitşist, granatlı mikaşist ve tüm bu birimleri kesen amfibolit-prasinitler ve granitik gnaysların oluşturmaktadır. Araştırmacı üst topluluğu ise bunların üzerine uyumsuz olarak gelen muskovit şist, granatlı stavrolit mikaşist, granatlı muskovit şist, kalkışist ve mermerlerin oluşturduğunu söylemiştir (Şekil 5.1).

Çalışma alanında en fazla yüzeyleme veren birim olan Pütürge Metamorfikleri, Hazar Gölü güneydoğusundan güneybatıda Uslu'ya kadar uzanan geniş alanda yaygın olarak gözlenmektedir.

Bazı bölgelerde Maden Karmaşığı üzerine tektonik olarak yerleşen birim, zaman zaman ise DAF boyunca Maden Karmaşığı ile yan yana gelmiştir (Şekil 5.2).

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	SİMGE	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR	
SENOZOYİK	KUVATERNER			Qal		Güncel alüvyon	
			PALU	Qp		Kaba taneli, kötü boyplanmalı koglomera	
	PLİYOSEN	ERKEN PLİYOSEN	ÇAYBAĞI FORMASYONU	Tç		Killi kireçtaşı, kiltası, marn, turba	
	EOSEN	OLİGOSEN	ORTA EOSEN-OLİGOSEN	KIRKGEÇİT FORMASYONU	Tk		Tabanda çakıltaşı, üst seviyelerde resifal kireçtaşları
			ORTA EOSEN	MADEN KARMAŞIĞI	Tm		Bazalt andezit türü volkanitler, yer yer çamurtaşı, mikritik kireçtaşı bantlı
		KRETASE	ÜST MAASTRİHTİYEN-ALT EOSEN	HAZAR GRUBU	Kth		Kumtaşı, çamurtaşı, marn
			ÜST KRETASE	ELAZIĞ MAGMATİTLERİ	Ke		Gabro, diyorit, granodiyorit, bazalt ve bunları kesen dasit daykları
	JURA-ALT KRETASE		GÜLEMAN OFİYOLİTİ	Kg		Peridotitler (dünit ve harzburgit)	
	PRE-KAMBRIYEN PALEOZOYİK	PRE-KAMBRIYEN PERMİYEN		PÖTÜRGE METAMORFİTLERİ	PzMzK		Gri renkli mermerler ve kalkıştler

Şekil 5.1. Çalışma alanına ait genelleştirilmiş stratigrafik kesit (ölçeksiz)



Şekil 5.2. Çalışma alanına ait 1/100000 ölçekli jeoloji haritası (MTA 1/100000 ölçekli paftalardan değiştirilerek alınmıştır)

Şahin ve Işık (2010) tarafında yapılan çalışmada ise araştırmacılar inceleme alanında yüzeyleyen Pütürge Metamorfitlelerinin ilksel stratigrafik dokanaklarının silinmiş, kıvrımlanmış ve tektonik dilimlere ayrıldığını belirtmiştir. Araştırmacılara göre inceleme alanı içerisinde, çekirdek-örtü veya alt-üst birlik ayırımını doğrulayacak bulgular bulunmamaktadır.

Arabistan levhasının kuzeyde ki uzantısı olan Bitlis Metamorfitleleri ile körele edilen Pütürge Metamorfitleleri orta/yüksek dereceli metamorfik temel ile daha az dereceli metamorfizmaya uğrayan kılıftan oluşmaktadır.

Bitlis masifinin batı uzantısı olarak düşünülen Pütürge Metamorfitleleri üzerinde yapılan çalışmalarda Pütürge Metamorfitlelerinin, Bitlis masifinin özellikleriyle benzer olduğu düşünülmektedir (Yazgan ve Chessex 1991).

Yazgan ve Chessex (1991) Bitlis- Pütürge Masifinin metamorfizmasındaki ilk etkili evrenin, Alpin metamorfizması olduğunu belirtmişlerdir. Bu metamorfizma, yay-kıta çarpışması ve ofiyolitlerin üzerlemesi ile Kampaniyen'de gerçekleşmiş ve masifte yeşilistten-üst amfibolit fasiyesine kadar Barroviyen tipi bir bölgesel metamorfizma yaratmıştır.

Yazgan (1984) Pütürge Metamorfitleleri'nin muskovit-mikaşist örneklerinden muskovitler üzerinde yaptığı K-Ar radyometrik yaş tayinine göre 70-74 my, amfiboller üzerinde aynı yöntemle yaptığı yaş tayinine göre ise, 70-85 my yaşlarını tespit etmiştir.

Bingöl vd. (2015), Beyarslan vd. (2016) yapmış oldukları $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ yaşlandırmasına göre, Pütürge Masifi'nin taban kesimini oluşturan gözlü gnaysların 544-551 my olup Neoproterozoik-Erken Kambriyen yaşlı olduklarını belirtmektedirler.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Pütürge Metamorfitlelerinin yaşı Pre-Kambriyen-Permien olarak kabul edilmiştir.

Çalışma alanının güneybatı kısmını oluşturan bölgede en yaşlı birim olan ve bölgede diğer birimlere oranla çok daha fazla yüzey alanı kaplayan Pütürge Metamorfitleleri dışında Hazar Gölü güneyinde Guleman Ofiyolitleri, Hazar Gölü güneydoğusu ve çalışma alanının uzak kuzey bölümlerinde Elazığ Magmatitleri, Pütürge Metamorfitleleri'ni uyumsuzlukla örten Maden Karmaşığı'na ait Karadere Formasyonu DAFS boyunca geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Çalışma alanında ki Kuvaterner yaşlı birimler ise DAFS'ni takip ederek havza dolgusu şeklinde yayılım göstermişlerdir.

5.2. Guleman Ofiyolitleri

Sungurlu (1974) tarafından ilk kez Çüngüş-Maden-Hazar civarında “Guleman Ultramafikleri” olarak adlandırılan birim daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından (Açıkbaş ve Baştuğ, 1975; Özkaya, 1978; Erdoğan, 1982) farklı bölgelerde farklı isimlerle adlandırılmıştır. Bingöl (1984, 1986) tarafından yapılan çalışmalarda birim ‘Guleman Ofiyoliti’ olarak adlandırılmıştır.

Kızıldağ (Hatay)’ dan Ağrı’ ya kadar uzanan güney kuşakta yer alan birim, en iyi Elazığ ilinin yaklaşık 80 km güneydoğusunda Alacakaya (Guleman) ilçesinde gözlenmektedir. Çalışma alanında ise Hazar Gölü güney ve kuzeydoğu kısmında yüzeylemektedir. Guleman ofiyolitlerinin çalışma alanı ve çevresinde diğer birimler ile arasında ki stratigrafik ve tektonik ilişki çeşitlilik sunmaktadır. Hazar Gölü kuzeydoğusu ve güney kısımlarında Elazığ Hazar Grubu’na ait Simaki ve Ceffan Formasyonları tarafından uyumsuz olarak üzerlenen birim, Hazar Gölü doğusunda ise Maden Karmaşığı tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir.

Guleman Ofiyolitleri Elazığ kuzeyinde Keban ve Malatya Metamorfikleri, güneybatısında ise Pütürge Metamorfikleri tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir. Ayrıca Elazığ ili güneyindeki Lice (Diyarbakır) civarında Guleman Ofiyolitleri, Maden Karmaşığı üzerine tektonik olarak yerleşmiştir (Perinçek, 1979) (Şekil 5.3).

Eksik bir ofiyolitik istif sunan Guleman Ofiyolitleri’nde levha dayk kompleksi ve bazik volkanik kayalar bulunmamaktadır (Özkan, 1984). Birim litolojik olarak; harzburgit, dünit, verlit, piroksenit, gabro, bantlı gabro ile bunları kesen diyabaz dayklarından oluşur (Kaya, 2004). Birimin tabanındaki harzburgitler özellikle tektonik hatlara yakın yerlerde önemli oranda serpantinleşmiştir (Beyarslan ve Bingöl, 2014).

Guleman Ofiyolitleri’nin oluşumu ile ilgili çeşitli araştırmacılar tarafından birçok farklı model öne sürülmüştür (Bingöl, 1986; Yazgan ve Chessex, 1991). Guleman Ofiyolitleri’nin Bitlis-Pütürge Masifleri ile Keban-Malatya Masifleri arasındaki Neo-Tetis Okyanusu’nun güney koluna ait olduğu konusunda hem fikir olan araştırmacılar, hem bu okyanusun yitim geometrisi hemde hangi dönemde yitildiği ile ilgili farklı önerilerde bulunmuşlardır.

Yazgan ve Chessex (1991), tarafından yapılan çalışmada Guleman Ofiyolitleri’nin Geç Kampaniyen-Erken Maastrichtiyen döneminde yay-kıta çarpışması ile kapanan Neo-Tetis

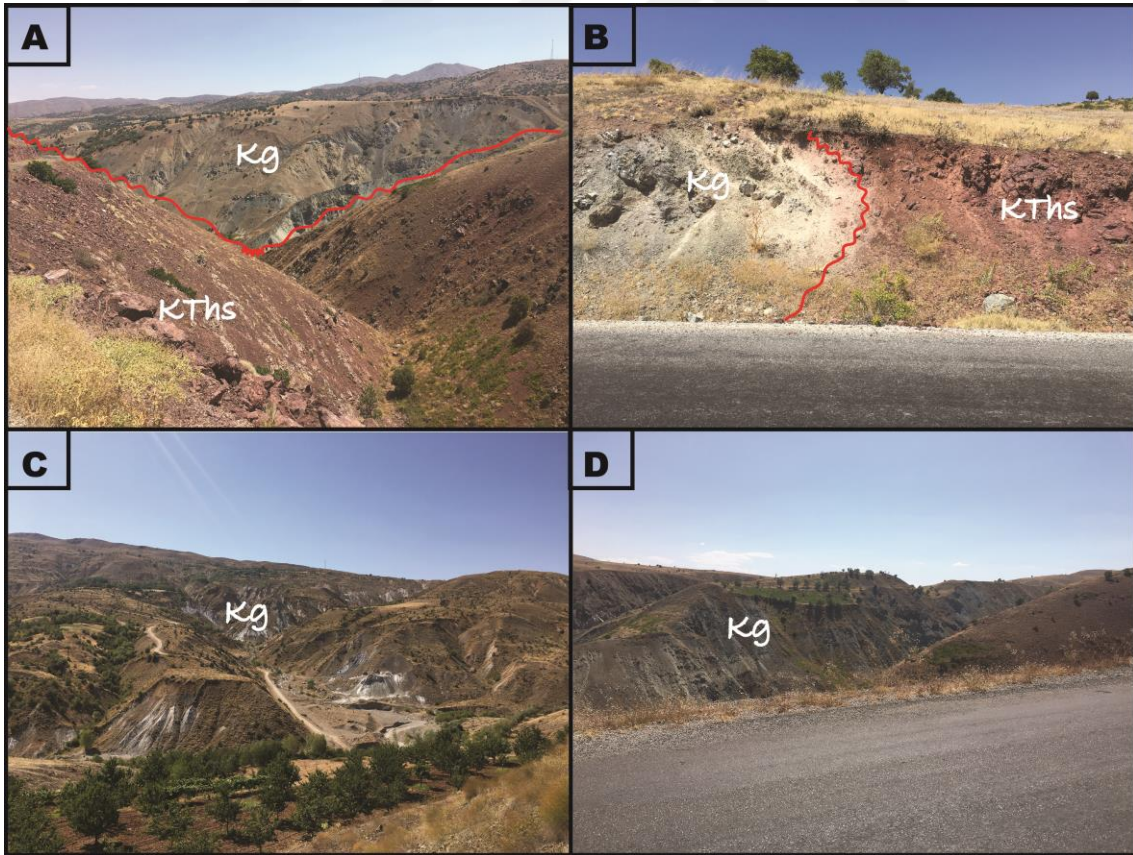
Okyanusu'nun güney kolunun kıtasal kabuk üzerindeki kalıntıları olarak ilişkilendirmişlerdir. Beyarslan (1997) ise bu ofiyolitleri, Neo-Tetis Okyanusu'nun güney kolunun Geç Kretase'den itibaren kuzeye doğru açılmaya başlamasıyla bu okyanus kabuğu üzerindeki okyanusal kabukta “supra-subduction” ile ilişkilendirmiştir.

Guleman Ofiyolitleri için birçok araştırmacı tarafından farklı yaş tahminleri yapılmıştır.

Özkaya (1978), tarafından yapılan çalışmalarda birimin yaşı Jura-Erken Kretase olarak belirtilirken; Perinçek ve Özkaya (1981) ile Bingöl (1984), Geç Jura-Erken Kretase yaşını önermişlerdir.

Göncüoğlu ve Turhan (1983), tarafından yapılan çalışmalarda birimin yaşı Senoniyen olarak önerilmiştir.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Guleman Ofiyolitleri'nin yaşı Geç Jura-Erken Kretase olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.3. A) ve B) Guleman Ofiyolitleri (Kg) ve Hazar Grubu (KTh) sınırı (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A), c) Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Sivrice ilçesi doğusu, bakış GB'A), d) Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A).

5.3. Elazığ Magmatitleri

İlk kez Perinçek (1977) tarafından “Yüksekova Karmaşığı” olarak Hakkâri ili Yüksekova ilçesi yakınlarında tanımlan birim daha sonra Hempton (1985) tarafından “Elazığ Magmatik Kompleksi” olarak adlandırılmıştır. Turan (1995) tarafından yapılan çalışmada ise birimin, Yüksekova Karmaşığı’ndan farklı litolojik özellikler sunması nedeniyle bir karmaşık olmadığını önererek, “Elazığ Magmatitleri” adlandırması yapılmıştır. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu isim kullanılmıştır. Bu çalışmada da aynı isim benimsenerek kullanılmıştır.

Elazığ’da oldukça geniş alanlarda yayılım gösteren birim, Elazığ ve kuzeyinde ki alanlarda Keban Metamorfikleri tarafından tektonik olarak üzerlenmiştir. Birim Geç Maastrichtiyen yaşlı Harami Formasyonu tarafından uyumlu olarak, Orta Eosen–Üst Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu, Geç Miyosen–Erken Pliyosen yaşlı Karabakır Formasyonu, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu ve Kuvaterner yaşlı alüvyonlar tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir.

Çalışma alanında Hazar Gölü kuzeybatısında Maden Karmaşığı’na ait Melafen ve Karadere Formasyonunu tektonik olarak üzerine yerleşirken, Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpaze çökelleri tarafından uyumsuz olarak örtüldüğü gözlenmiştir.

Bingöl ve Beyarslan (1996) tarafından yapılan çalışmada birimin diyorit, monzodiyorit ve tonalit ile bunların üzerinde yer alan bazaltik yastık lavlar andezitik lav akıntıları, piroklastikler ile bunlarla ardalanmalı volkano-sedimenter kayalar ve tüm bu istifi kesen granodiyorit, granit, dasit ve tonalitlerden oluştuğu açıklanmıştır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde volkanik kayalar ile temsil edilen birime ait bazalt türü kayalar genel olarak boşluksuz masif ve yeşilimsi-gri renklidir.

Bingöl (1982, 1984, 1988) ve Bingöl ve Beyarslan (1996) tarafından Elazığ ve yakın çevresinde Elazığ Magmatitleri üzerinde yaptığı petrografik ve jeokimyasal çalışmalar sonucunda, birimin kısmen okyanusal kısmen de kıtasal kabuk üzerinde gelişen ada yayı ürünleri olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar kalk-alkali karakterde olan birimin, yitim olaylarının üç evresinde oluştuğunu belirtmişlerdir. Birinci ve ikinci evrede ada yayı kayalar topluluğunu karakterize eden gabro, diyorit, monzonit, tonalit ve granodiyoritlerin oluşurken, üçüncü evrede ise kıta-ada yayı çarpışma zonunu karakterize eden granitlerin oluştuğu araştırmacılar tarafından önerilmiştir.

Perinçek (1977), Bingöl (1982, 1984, 1988), Turan (1995) ve Bingöl ve Beyarslan (1996) tarafından yapılan çalışmalarda birimin yaşı Geç Kretase ve/veya Senoniyen olarak değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Elazığ magmatitlerinin yaşı Geç Kretase ve/veya Senoniyen olarak kabul edilmiştir.

5.4. Hazar Grubu

Rigo De Righi ve Cortesini (1964) Hazar Gölü civarında yaptıkları çalışmada birimin ismini ilk kez ‘Hazar Birimi’ olarak adlandırmışlardır. Özkaya (1974), tarafından Ergani-Maden civarında yapılan çalışmada volkanik katkı içermeyen, kumtaşı-şeyl-marn aralanmasından oluşan filiş istifi için “Hazar Formasyonu” isimlendirmesi yapılarak Baykan grubuna dâhil edilmiştir.

Sungurlu (1974), tarafından yapılan çalışmada birim alttan üste doğru Simaki, onun yanal devamı niteliğindeki Şebgen ve en üstte de Gehroz olmak üzere üç alt formasyona ayrılmıştır (Şekil 5.4).

Perinçek (1979) “Hazar Karmaşığı”, Aktaş ve Robertson (1984) ise birimi, “Hazar Grubu” olarak adlandırarak alttan üste doğru Ceffan, Simaki ve en üstte de Gehroz olmak üzere üç formasyona ayırmışlardır.

Çelik ve Aksoy (2005) tarafından Sarıkamış köyü dolaylarında yapılan çalışmada Ceffan Formasyonunu isim karışıklığı olmaması amacıyla Sarıkamış Formasyonu olarak adlandırılması gerektiği önerilmiştir.

Ceffan Formasyonu ilk defa Perinçek (1979a), tarafından taban konglomerası olarak tanımlanan birim Sarıkamış köyü batısı ile Kartaldere köyünün kuzeydoğusunda yüzeyleme veren birim Guleman Ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Birimin en alt seviyelerinde görülen konglomeralar, Guleman Ofiyolitleri’nden türemiş gabro, serpantin ve bazaltlardan oluşan yarı yuvarlaklaşmış, eliptik şekilli, kırmızı-kahve renklidirler. Birim, yüzeyleme verdiği alanlarda yanal yönde devamlılık göstermeyip, üste doğru tane boyu küçülen kırmızı-kahve renkli kumtaşı-silttaşı litolojisine geçiş yapar. Birimin üzerine uyumlu olarak Elazığ Hazar Grubu’na ait Simaki Formasyonu gelir. Ceffan Formasyonu bölgede etkin olan sıkışmaya bağlı olarak tabakalar KKB ve GGB’ ya doğru eğik asimetric kıvrım oluşturacak şekilde kıvrımlanmıştır (Perinçek, 1979a).

Simaki Formasyonu Sungurlu (1974) tarafından adlandırılmıştır. Çalışma alanında Hazar Grubu'nun en yaygın formasyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Gezin Beldesinde ve Kartaldere köyünün kuzeybatısında oldukça geniş yayılım göstermektedir. Kartaldere köyü civarında Ceffan Formasyonu üzerine uyumlu olarak, Gezin Beldesi civarında ise Guleman Ofiyolitleri üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır.

Formasyon, altta yeşilimsi-gri renkli ince-orta tabakalı, yer yer kumlu kireçtaşı mercek ve bantları içeren kumtaşı-şeyl-marn ardalanması ile başlayıp üste doğru koyu gri renkli kalın tabakalı kireçtaşları içermektedir.

Gehroz Formasyonu ilk defa Özkaya (1974) tarafından tanımlanıp isimlendirilmiştir. Birimin tip yeri inceleme alanının güneydoğusundaki Maden ilçesi yakın kuzeyindeki Gehroz köyüdür. Çalışma alanının kuzeydoğu bölümünde Gömeçbağlar köyü ile Palu arasında çok dar ve sınırlı alanlarda gözlenirler.

Birim gri renkli, sert ve kalın tabakalanmalı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kireçtaşları birimin, alt seviyelerinde kumtaşı-çamurtaşı-marn ardalanması ile ara seviyelidir. Simaki Formasyonu'nun üzerinde uyumlu olarak bulunur.

Birim Hazar Gölü civarında yüzeyleme verdiği için dolayı adını buradan almıştır. Kartaldere ve Sarıkamış köyü ile Gezin beldesi civarı en fazla yüzeyleme verdiği bölgelerdir.

Aktaş ve Robertson, (1985) tarafından yapılan çalışmalarda, başlangıçta yarı karasal bir ortamda oluşmaya başlayan Elazığ Hazar Grubu'na ait Ceffan Formasyonu için çoğunlukla Guleman ofiyolitlerinden türeyen yarı yuvarlaklaşmış, eliptik şekilli, kırmızı-kahve renkli konglomeralarının oluştuğunu değerlendirmişlerdir.

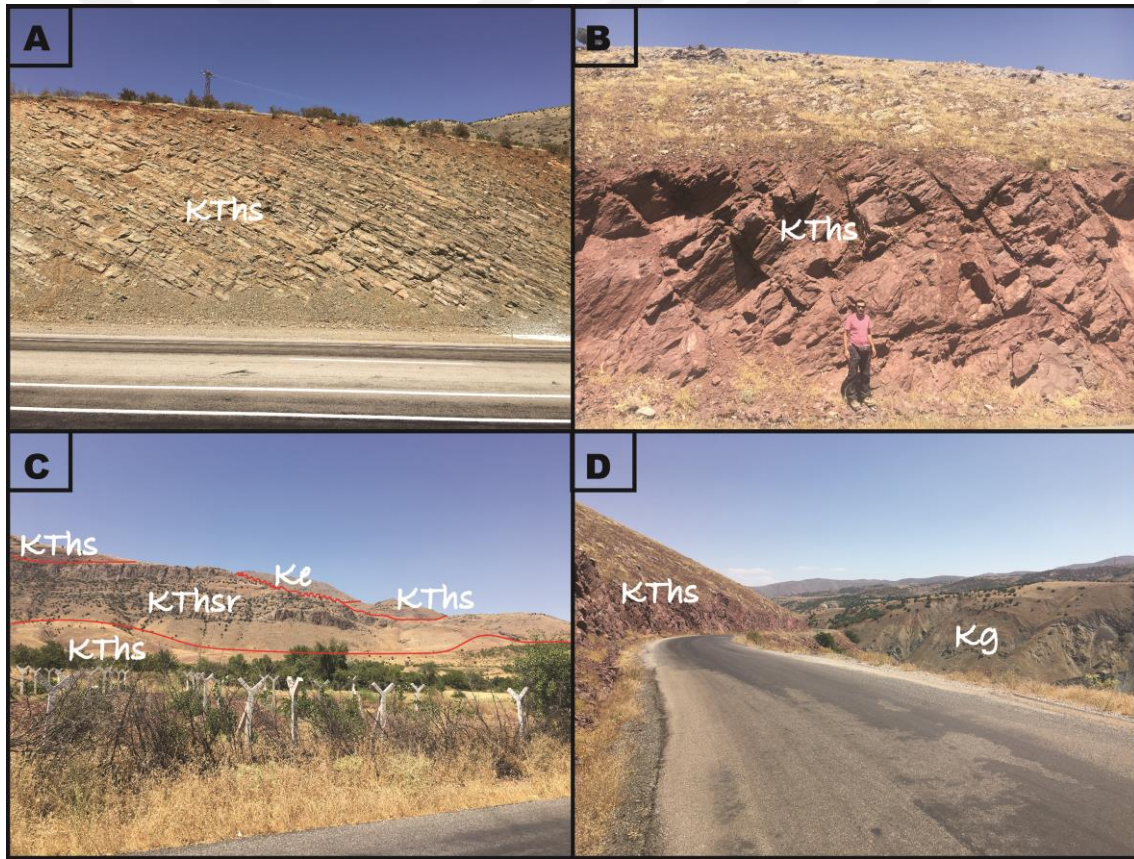
Takip eden dönemlerde hızlı bir sübsidansla ilişkili olarak derinleşen ve yaklaşık DB doğrultulu olduğu düşünülen karbonatlarla sınırlandırılmış filiş havzası içerisinde Ceffan Formasyonu ile yanal geçişli ancak denizel bir ortamda oluşan tabanda kumtaşı-şeyl-marn ardalanması, tavana doğru ise koyu renkli kalın tabakalı kireçtaşlarına geçiş gösteren Simaki Formasyonu çökelmiştir. Giderek derinleşen bu havzanın derin kısımlarında alt seviyelerde kumtaşı-çamurtaşı-marn ardalanması üstte ise pelajik kireçtaşları çökelerek Elazığ Hazar Grubu'na ait Gehroz Formasyonunu oluşturmuşlardır.

Perinçek ve Özkaya (1981) tarafından yapılan çalışmalarda Hazar Grubu'nun oluşum ortamı için, Arabistan Levhası kuzeyinde küçük levhalar arasında açılan ve kapanan dar bir okyanusun varlığından söz edilmektedir. Turan vd. (1995) tarafında yapılan çalışmanın da

benzer nitelikte olması ve Elazığ Hazar Grubu'na ait birimlerin alttan üste doğru giderek derinleşen bir ortamı temsil etmesi bu görüşü desteklemektedir.

Hazar Grubu'nun yaşı ile ilgili Perinçek (1979b), Aktaş ve Robertson (1984) ve Sungurlu vd. (1985) tarafından yapılan çalışmalarda birim içerisinde alınan fosil örnekleri göz önünde bulundurulduğunda (*Assilina* sp., *Operculina* sp., *Discocyclina* sp., gibi) birimin yaşının Geç Maastrichtiyen ile Erken Eosen aralığında olması gerektiği değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Hazar Grubu'nun yaşı Geç Maastrichtiyen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.4. Hazar Grubu A) Simaki Formasyonu (KThs) kilaşları (Elazığ-Diyarbakır yolu 37.km, bakış G'e), b) Simaki Formasyonu (KThs) çamurtaşları (Kartaldere köyü doğusu, bakış K'e), c) Simaki (KThs), Sarıkamış (KThsr) Formasyonları ve Elazığ Magmatitleri (Ke) (Kumyazı köyü doğusu, bakış KD'A), d) Simaki Formasyonu (KThs) ile Guleman Ofiyolitleri (Kg) (Kartaldere köyü doğusu, bakış GB'A).

5.5. Maden Karmaşığı

Birim Rigo de Righi ve Cortesini (1964) tarafından Maden civarında oldukça yaygın olması nedeniyle ilk kez literatürde “Maden Birimi” olarak adlandırmıştır. Sonraki yıllarda bölgede yapılan çalışmalarda Özkaya (1978), “Sason-Baykan Grubu”; Erdoğan (1982), Yiğitbaş vd. (1991), Yılmaz (1993), Maden Grubu”; Perinçek (1979a), Perinçek ve Özkaya (1981), Yazgan (1983, 1984), Hempton (1984), Aktaş ve Robertson (1985), Yazgan ve Chessex (1991), “Yiğitbaş ve Yılmaz (1996), “Maden Karmaşığı” olarak isimlendirmişlerdir.

Maden Karmaşığı Ceffan, Arbo, Melafen ve Karadere olmak üzere dört alt formasyona ayrılmıştır. Ancak çalışma alanı içerisinde Melafen ve Karadere Formasyonları olması nedeniyle sadece bu iki formasyona ayrıntılı olarak değinilecektir.

Melafen Formasyonu Açıkbaş (1978) ve Perinçek (1979) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon Hazar Gölü, Mastar dağı ve Sarıkamış köyü arasındaki bölgede yaygın olarak gözlenmektedir. Formasyon kristalize kireçtaşı blokları içeren sleyt/fillit-metaçamurtaşı-metakumtaşı-lidit-radyolarit serilerinden oluşmaktadır.

Karadere Formasyonu Açıkbaş ve Baştuğ (1975) tarafından adlandırılmıştır. Formasyonun tip kesit yeri Bingöl ili Genç ilçesinin Karadere köyüdür. Formasyonun genel özellikleri Hazar Gölü, Mastar dağı ve Sarıkamış köyü arasındaki bölgede Herece vd. (1992) tarafından yapılan çalışmada ayrıntılı bir şekilde çalışılarak ortaya koyulmuştur. Araştırmacı istifin spilit ve bazaltlardan oluştuğunu bunun yanında miltaşı, kırmızı kilitaşı, aglomeralar ile ardalanmalı olarak karmaşık özelliğı sunduğunu ortaya koymuşlardır.

Maden Karmaşığı, Doğu Toroslarda çok geniş alanlarda yayılım sunmaktadır. Elazığ iline bağılı, Sivrice, Maden, Alacakaya, Palu ve Arıcak ilçeleri dolaylarında yaygın olarak gözlenmektedir (Perinçek, 1979b).

Çalışma alanında, Geç Kretase yaşlı Guleman Ofiyolitleri ve Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Hazar Grubu üzerine uyumsuz olarak Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı gelmektedir.

Erdoğan (1982) Ergani-Maden bölgesindeki çalışmasında, Maden Karmaşığı’nı birbirleriyle düşey geçişli alt volkano-sedimenter birim ve üst volkanik birim olarak ikiye ayırmaktadır. Alt birim, volkanitler, çamurtaşları, pelajik kireçtaşları ve masif kireçtaşı bloklarından oluşmaktadır. Üst birimi ise, mafik volkanitler, aglomeralar ve tüflerden

oluşmaktadır. Erdoğan (1982), Ceffan ve Arbo Formasyonlarını alt volkano-sedimenter birim, Melafen ve Karadere Formasyonlarını ise üst volkanik birim olarak ayırmıştır.

Maden Karmaşığı'nın gelişimi ile ilgili birçok model ve görüş önerilmiştir.

Aktaş ve Robertson (1990) tarafından jeokimyasal veriler ışığında yay ardı havza modeli önerilerek birimin bu havza içerisinde çökeldiği iddia edilmiştir.

Yiğitbaş vd. (1991), Maden Havzası'nın gelişimine riftleşme ile başladığını, giderek derinleşen bir yay ardı havza olduğunu önermişlerdir.

Turan vd. (1995), tarafından yapılan çalışmada Maden Karmaşığı'nın, Neo-Tetis Okyanus'unun güney kolunun kapanmasıyla ilişkili olarak gelişen gerilmeli bir yayın yay ardı havzasında oluştuğunu değerlendirmişlerdir.

Maden Karmaşığı içerisindeki gri renkli mikritik kireçtaşlarından alınan numunelerin incelenmesi sonucunda Nummulites sp., Discocyclina sp., Operculina sp. gibi Orta Eosen yaşlı fosiller bulunmuştur. Öncel çalışmacılardan Özkaya (1978), Perinçek (1979b), Yazgan (1983,1984), Sungurlu vd., (1984), Hempton (1984, 1985) ile Yiğitbaş vd., (1993) birimin yaşının Orta Eosen olduğunu belirtirken, Erdoğan (1982), Üst Kretase-Alt Eosen; Aktaş ve Robertson (1985) ise Paleosen-Eosen olarak belirtmişlerdir.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Maden Karmaşığı'nın yaşı Orta Eosen olarak kabul edilmiştir.

5.6. Kırkgeçit Formasyonu

Doğu Anadolu'da oldukça yaygın olarak gözlenen ve Elazığ civarında da geniş yayılım sunan Kırkgeçit Formasyonu ilk kez Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) jeologları tarafından Van ili kuzeyinde Kırkgeçit köyünde tanımlanmıştır (Perinçek, 1979b).

Oldukça yaygın gözlenen birim çeşitli araştırmacılar tarafından bulundukları konum ve litolojik özelliklere göre birçok alt üyeye ayrılmıştır. Bu çalışmada Palu kalesi civarında gözlenen birim Maden Tetkik ve Arama Müdürlüğü (MTA) tarafından yapılan sınıflandırmaya uygun olarak Çakıltaş ve Kaletepe kireçtaşı üyesi olarak ayırtlanmıştır.

Çakıltaş Üyesi Kırkgeçit Formasyonu'nun tabanını oluşturur. Kaletepe civarında sınırlı alanlarda yüzeyleme vermektedir (Herece vd., 1992). Çakıltaş üyesi, Keban metamorfikleri, Baskil magmatikleri ve Harami Formasyonu'un litolojilerinden

kaynaklanmış olup iyi orta boylanmalıdır. Alüvyon yelpazesi, akarsu çökelleri ve kısmen plaj çakıltaşlarından oluşmuştur. Çakıltaşı üyesinde fosil bulgusu yoktur ancak Kırkgeçit Formasyonu'nun tabanını oluşturduğundan yaşı geç Lütésiyen olması gerektiği değerlendirilmektedir (Herece vd., 1992).

Kaletepe Üyesi Herece vd., (1992) tarafından adlandırılmıştır. Birim kireçtaşlarından oluşmaktadır. Kaletepe kireçtaşları üyesi genellikle fazla kalın değildir. Palu, Keban ve çevresinde saptanan en fazla kalınlık 30 metredir. Beyaz, krem renkli, orta ve ince tabakalanmalı, kumlu karbonatlar ile temsil edilir.

Kaletepe dolaylarında yüzeyleme veren birimin üst düzeyleri bol nummulitli tabakaları kapsar. DAFS içerisinde olması nedeniyle breşik görünüme sahip olan birim, Kırkgeçit Formasyonu'nun diğer üyeleri ile geçişlidir. Kaya türü özelliklerine göre şelfin kıyıya yakın bölümünde çökelmiş olması öngörülmektedir. Birim içerisinde elde edilen fosil örneklerine göre yaşının Orta-Geç-Eosen-Oligosen olduğu değerlendirilmektedir (Herece vd., 1992).

Elazığ ile Van arasında oldukça yaygın olarak gözlenen birim çalışma alanı içerisinde Palu ilçesinin yakın kuzeydoğusunda Kaletepe civarında sınırlı bir alanda yüzeyleme vermektedir. Birimini tabanını oluşturan Çakıltaşı üyesi Elazığ Magmatitleri üzerine uyumsuz olarak (nonkonformite) gelmiştir (Şekil 5.5).

Yüzeyleme verdiği alanlarda çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, kireçtaşı ardalanmasıyla oluşan birimin tip kesit yeri Van ilinin kuzeyindeki Kırkgeçit köyüdür (Herece vd., 1992).

Özkul (1988), tarafından Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerine yapılan çalışmalar sonucunda oluşum ortamının; Orta Eosen'de Maden Karmaşığı'nın oluşumuna neden olan yitim ile Arabistan levhasının Avrasya levhası altına dalması ile kuzeyde Avrasya levhasında ortaya çıkan gerilmelere bağlı olarak blok faylanmalar gelişmiştir. Bu blok faylanmalar sonucu hızlı gelişen çökme sonucunda çalışma alanında kısa sürede derin deniz şartları egemen olmuştur.

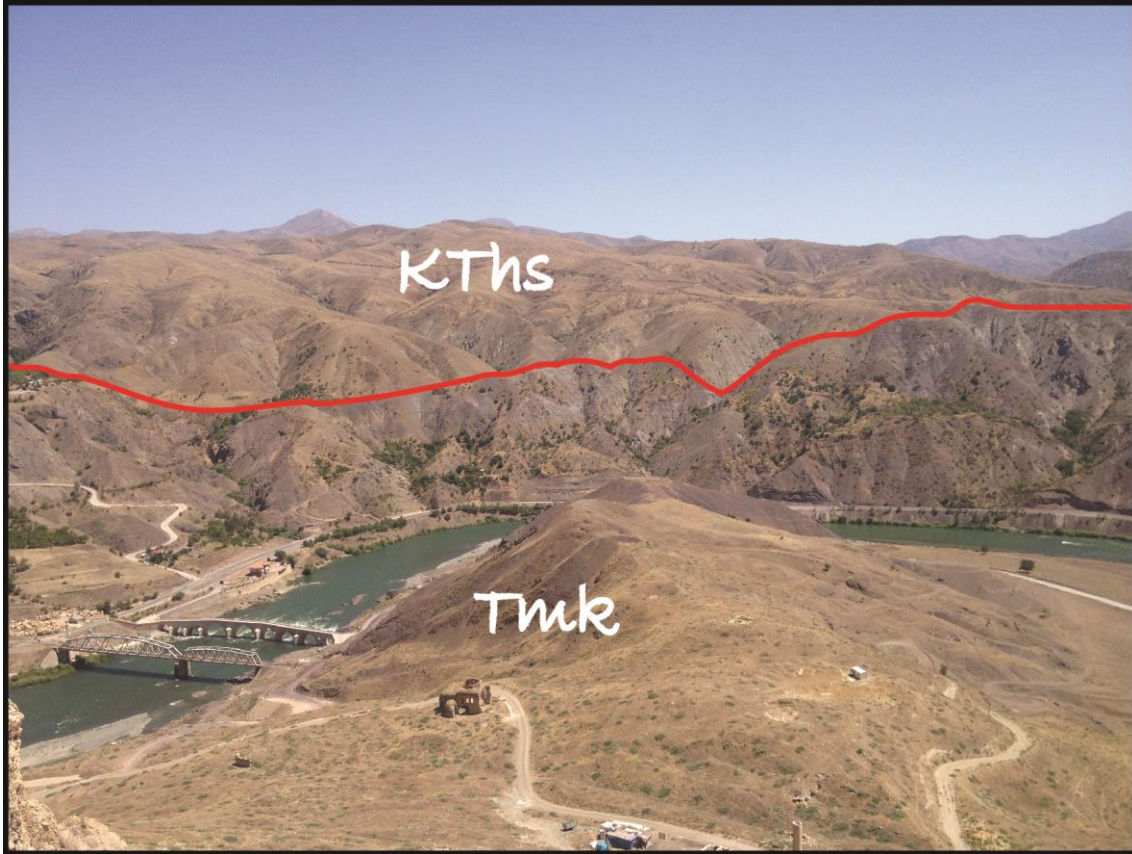
Orta Eosen' de çökelmeye başlayan Kırkgeçit Formasyonu'nu nüst yaş sınırı Elazığ ve Van yörelerinde farklılık göstermektedir (Özkul ve Kerey, 1996).

Elazığ çevresinde yapılan çalışmalarda, birimin üst yaş sınırı *Nummulites perforatus*, *Nummulites millicaput*, *Assilina spira*, *Alveolina fusiformis*, *Alveolina elongata*, *Nummulites striatus*, *Silvestriella tetraedra*, *Chapmanina gassinensis*, *Linderina brugesii*,

Praebullaalveolina afyonica, *Heterostegina sp.*, *Operculina sp.*, *Asterocyclina sp.*, gibi fosillere göre Orta-Geç Eosen yaşı verilmiştir (Avşar, 1983 ve 1996; Özkul, 1988).

Buna karşılık Van yöresinde Kırkgeçit Formasyonu'nun üst yaş sınırı *Nummulites striatus*, *Nummulites fabiani*, *Fabiania cassis*, *Chapmanina gassinensis*, *Asterigerina rotula*, *Europertia manga*, *Globigerina sp.*, *Globorotalia sp.*, *Lepidocyclina sp.*, *Miyogypsina sp.*, *Miyogypsinoidea sp.*, ve *Actinocyclina sp.*, gibi fosil bulgularına göre Erken Miyosen'e kadar çıkmaktadır (Aksoy ve Tatar, 1990).

Bu çalışmada Elazığ yöresindeki yaş verileri dikkate alınarak Kırkgeçit Formasyonu'nun yaşı Orta Eosen-Geç Oligosen olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.5. Hazar Grubu'na ait Simaki Formasyonu (KThs) ile Kırkgeçit Formasyonu (Tmk) sınırı (Palu Kalesi, bakış GD'yA).

5.7. aybağı Formasyonu

Birim ilk kez Altınlı (1966) tarafından Elazığ Formasyonu içerisinde tanımlanmıştır. Birimle ilgili ilk ayrıntılı alışma Türkmen (1991) tarafından yapılmış ve birime Geç Miyosen- Erken Pliyosen olarak yaşlandırımıştır. Herece ve diğ. (1992) yapmış oldukları çalışmada birimi Karabakır Formasyonu'na dâhil etmişlerdir. Koç Taşgın (2009), tarafından yapılan çalışmada birim Çaybağı Formasyonu adı altında incelenerek, birimi içindeki litolojik özelliklerine, yanal ve düşey yöndeki ilişkilerine ve oluşum ortamlarındaki farklılıklara bağlı olarak birimi tabandan tavana doğru Ziyaret Tepe, Hacısam Dere, Yılankaya ve Arılar olmak üzere dört ayrı üyeye ayırmıştır.

Elazığ ili Çaybağı köyü güneydoğusu civarında yaygın olarak gözlenmektedir. Türkmen (1991) tarafından yapılan çalışmalarda birimin; güneyde Keban Baraj Gölü ile kuzeyde Çaybağı, Engran, Hacımekke ve Hacısam köyleri arasında doğu-batı doğrultusunda yayılım gösterdiği belirtilmiştir. Tabanı Keban Baraj Gölü altında kalmış olup bu nedenle görülememekte, tavanı ise Palu Formasyonu tarafından açılı uyumsuzlukla örtülmektedir. aybağı yerleşim alanı batısında ise, zerine Kırkgeçit Formasyonu ve Palu Formasyonu tektonik olarak gelmektedir.

Birim konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, kömür arakatkılı kiltatşları, marn, tüfit ve kireçtaşlardan oluşmuştur.

Koç Taşgın (2009) tarafından yapılan sedimantolojik incelemelerde birimin alüvyal yelpaze, örgülü nehir, az kıvrımlı nehir, kaba taneli delta, sığ ve açık gl fasiyes topluluklarından oluştuğu ortaya konulmuştur.

Koç Taşgın (2009) tarafından yapılan sedimantolojik incelemelerde Çaybağı Formasyonu içerisinde saptanan ostrakodların Geç Miyosen-Erken Pliyosen zaman aralığında yayılım göstermesi, omurgalı fosillerinin Erken Pliyosen'i ve mollusk fosillerinin Pliyosen'i temsil etmesi nedeniyle birimin yaşı Erken Pliyosen olarak değerlendirilmiştir.

5.8. Palu Formasyonu

Konglomera, kaba kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan birim, ilk kez Çetindağ (1985) tarafından Kovancılar-Palu ilçeleri dolaylarında tanımlanarak Palu Formasyonu olarak adlandırılmış ve haritalandırılmıştır. Türkmen (1988), Palu Formasyonu'nun genellikle kötü boylanmalı zayıf çimentolu konglomera ve çapraz tabakalı kaba taneli kumtaşlarında oluştuğunu belirtmiştir.

Çalışma alanında oldukça yaygın olarak gözlenen Palu Formasyonu Palu ve Uluova havzalarında ve Elazığ ilinin çeşitli bölgelerinde yaygın olarak gözlenmektedir. Kuzeyde Kuşçu, Avlağı, Fahribey köyleri ile güneyde Çaybağı, Engüren, Hacımekke köyleri arasında geniş yayılım göstermektedir. Aynı birim inceleme alanında Tuna (1979) tarafından Pliyo-Kuvaterner çökelleri olarak belirtilmiştir.

Birim çalışma alanı içerisinde Elazığ Magmatitleri'ni, Maden Karmaşığı'nı ve Kırkgeçit Formasyonu'nu uyumsuzlukla örtmektedir (Çetindağ, 1985).

Birimi oluşturan çakıllar Guleman Ofiyolitleri, Elazığ Magmatitleri ve Kırkgeçit Formasyonu'na ait birimlerden türemiştir. Kerey ve Türkmen (1991) tarafından birimi oluşturan kayaçların geometri, yanal düşey tane özellikleri, birincil tortul yapılar ve doku v.b. gibi özelliklerine göre litofasiyesler ayırtlanmıştır. Bu formasyon içerisinde ayırtlanan litofasiyesler: Düzenlenmiş konglomeralar, Düzenlenmemiş konglomeralar, Matriks destekli konglomeralar, Teknemsî çapraz tabakalı kumtaşları ve Çamurtaşlarıdır.

Düzenlenmiş konglomeralar, çakılların yer yer iyi yuvarlaklaşmış, yer yer derecelenme gösteren gri renkli, matriks destekli konglomeralardır. Çakıl boyutları 5-6 cm. kadardır.

Düzenlenmemiş konglomeralar, çakılları gelişigüzel dizilmiş olup yönlenme ve derecelenme görülmemektedir. Çakıllar oldukça kötü boylanmalı ve boyutları 5-25 cm arasında değişir. Bazı seviyelerde düzlemsel çapraz tabakaları kumtaşı merccekleri görülür.

Matriks destekli konglomeralar, kötü boylanmalı, matriks destekli, normal ve ters dereceli ve kırmızı renkli konglomeralardır. Çakılları oldukça köşeli, boyutları 3-50 cm arasında değişir. Matriks çamur olup içerisinde çakıllar yüzer durumdadır (Şekil 5.6).

Teknemsî çapraz tabakalı kumtaşları, gevşek çimentolu, gri renkli, orta ve iri taneli kumtaşlarından teşekkül etmiştir. Bunlar, konglomeralar üzerine dereceli olarak gelir.

Çamurtaşları, masif, seyrek çakıllı, kırmızı ve bordo renkli düzeyler halindedir. Genellikle matriks destekli konglomeralar üzerine gelir.

Birçok araştırmacı tarafından yapılan ortam analizi sonuçlarına göre Palu Formasyonu alüvyon yelpazesi ve örgülü akarsu ortamında depolanmışlardır (Kerey ve Türkmen, 1991; Çelik, 1994).

Çetindağ (1985) tarafından birimin yaşlandırılması ile ilgili yapılan çalışmalarda, birimin Palu İlçesi doğusunda Eosen-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'nun üzerine; Seydili köyü kuzeydoğusunda Erken Miyosen yaşlı Alibonca Formasyonu'nun üzerine açılı uyumsuzlukla gelmesini göz önüne alarak formasyonun yaşının Pliyo-Kuvaterner olması gerektiğini belirtmiştir.

Türkmen (1988) Palu-Kovancılar dolaylarında yaptığı çalışmada, Palu Formasyonu'nun Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı Çaybağı Formasyonu'nu uyumsuz olarak örtüğünü belirtmiştir. Bu durumdan hareketle Palu Formasyonu'nun yaşının Pliyo-Kuvaterner olması gerektiğini değerlendirmiştir.

Bu çalışmada önceki çalışmalardaki yaş verileri dikkate alınarak Palu Formasyonu'nun yaşın Pliyo-Kuvaterner olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.6. Palu Formasyonu'na ait konglomeralar (Qp) (Ortatepe sırtı, bakış D'ya)

5.9. Kuvaterner Çökelleri

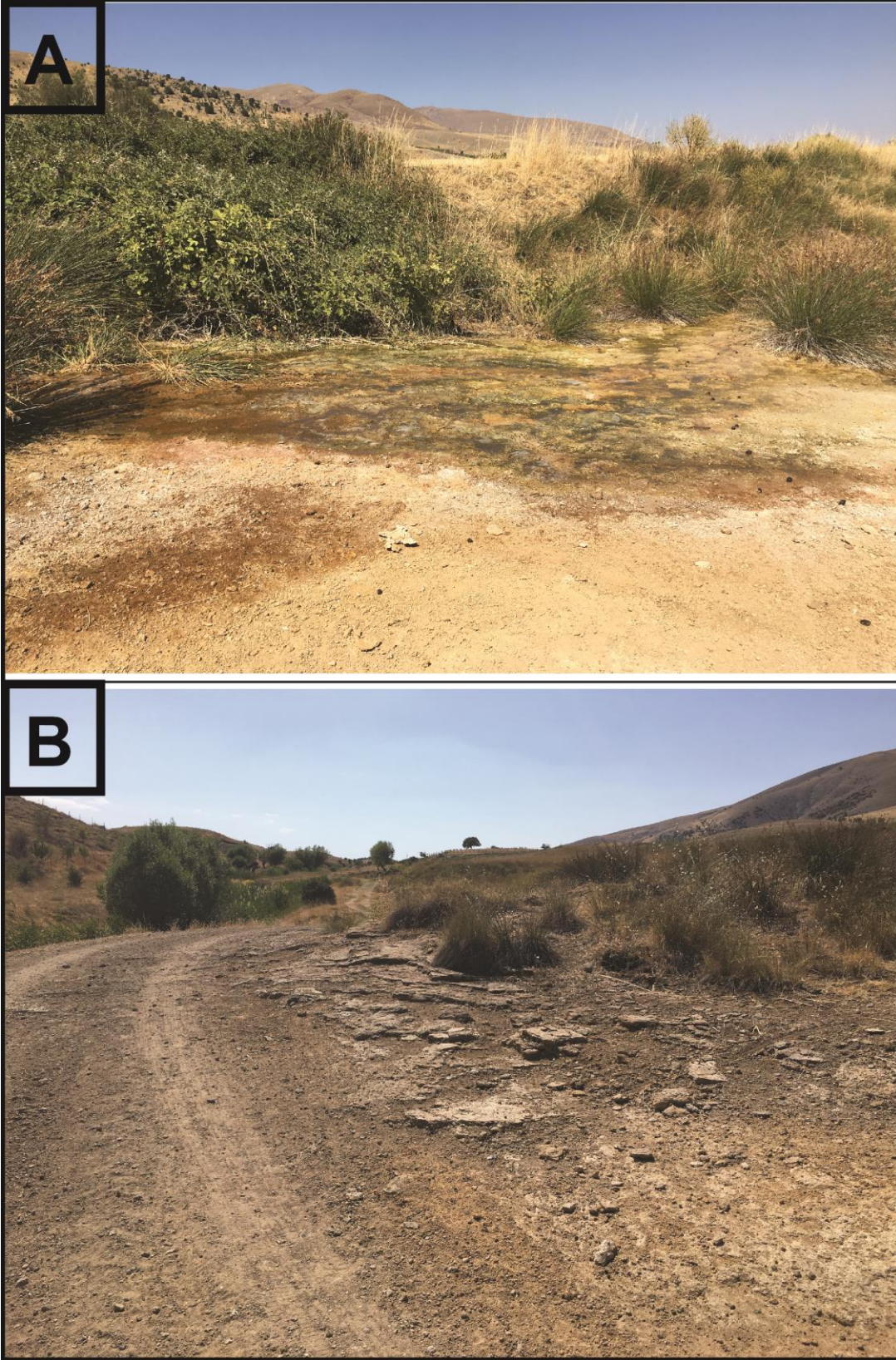
Çalışma alanının en genç birimlerini oluştururlar ve: akarsu çökelleri, alüvyon yelpazesi çökelleri ve travertenler olmak üzere üç gruba ayrılırlar.

Akarsu çökelleri eski ve güncel olmak üzere ikiye ayrılır. Eski alüvyonlar günümüzdeki dere yataklarına göre yüksekte olan eski akarsu çökelleridir. Serbest çakıl ve kum litolojisi hâkim olmakla beraber yer yer çamur ve siltli seviyelerde görülür. Genellikle gri ve açık renklidirler ve kendinden yaşlı birimlerin çakıllarını içerirler. Birimler Pleyistosen yaşlı formasyonların çökeliminden sonra geliştikleri için yaşları Geç Pleyistosen-Holosen olarak kabul edilirler.

Eski akarsu çökelleri kendilerinden daha yaşlı birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelmektedirler. Eski akarsu çökelleri ise alüvyon yelpazeler veya güncel akarsu çökelleri tarafından uyumsuzlukla örtülmüşlerdir. Güncel akarsu çökelleri ise sürekli akan nehir veya dere yataklarında görülürler. Alüvyonların malzemesini irili ufaklı çakıllar, kumlar ve siltler oluşturur. Bu malzemeler tutturulmamış yani ayırık halde bulunurlar.

Alüvyon yelpazeleri dağ eteklerinde oluşurlar ve genellikle oksitlenmeye bağlı olarak kırmızımsı renktedirler. Tane boyu kaynaktan uzaklaştıkça eteklere doğru inceler. Bazen bu alüvyon yelpazelerin içerisinde hayvan kemikleri ve odun parçaları bulunabilir.

Basınç altında, bünyesinde erimiş halde karbondioksit bulunan yeraltı suları, geçtikleri bölgelerdeki kalsiyum karbonatı (CaCO_3) eriterek taşır. Suyun aniden açığa, basınçsız ortama çıkması ve karbondioksitin uçması ile suda erimiş bulunan kalsiyum karbonat çok ince katmanlar halinde çökerek travertenleri oluşturur. Özellikle aktif fay zonlarında gözlenen Travertenler, çalışma alanı içerisinde Kartaldere köyü yakınında güncel olarak oluşumuna devam etmektedir (Şekil 5.7).



Şekil 5.7. A) ve B) Güncel sıcak su çıkışları ve traverten oluşumu (Kartaldere köyü, bakış GD'ya)

6. BULGULAR

Bu çalışmanın başlıca amacı Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Palu ve Uslu arasındaki kesiminin geometrisi, deformasyon mekanizması ve kinematik özelliklerinin uzaktan algılama yöntemleri ve fay düzlemlerinin kinematik analizleri yapılarak elde edilmesidir. Öncelikle çalışma alanı içerisinde önemli tektonik yapılar tanımlanarak bu yapılar ayrıntılı olarak sunulmuştur. Çalışma alanındaki fayların geometrileri hem uydu görüntüleri hem de arazi verileri yardımıyla ayrıntılı olarak belirlenmiştir. Ayrıca Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden PCI GEOMATICS (DEMO) otomatik olarak çizgiselliklerin belirlenerek haritalandırılması yardımıyla çizgisellik analizi yapılarak Gül Diyagramı hazırlanmıştır. Elde edilen sonuçlarla Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Palu ve Uslu arasında ki kesiminin geçmişte ve günümüzde etkin olan gerilme kuvvetlerinin belirlenerek geçmişteki ve günümüzdeki davranışları karşılaştırılmıştır.

6.1. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Bölgesel Tektonik Anlamı

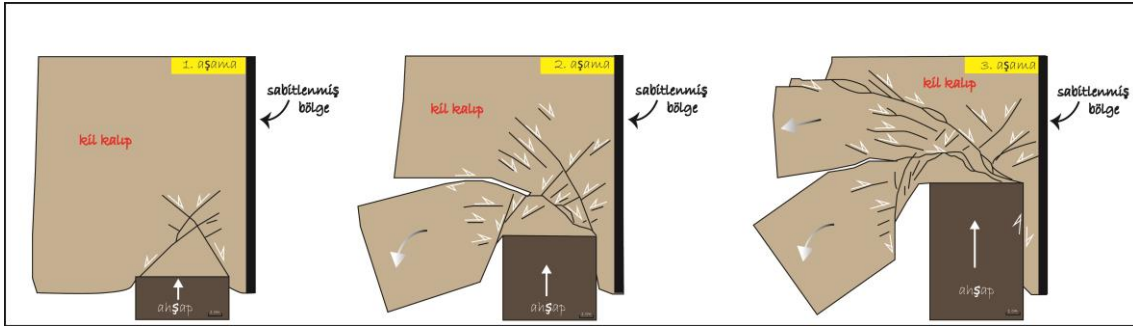
Türkiye'nin en önemli aktif faylarından birisi olan Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) 1960' lı yılların başından itibaren birçok araştırmacı tarafından çalışılmaya başlanmıştır. Fayın varlığı ile ilgili ilk tartışma Altınlı (1963) tarafından yapılmıştır. Araştırmacı Karlıova ile Bingöl arasında fayın varlığından bahsederek MTA tarafından hazırlanan 1/500.000 ölçekli haritalara bu fayı işlemiştir. Allen (1969) tarafından yapılan çalışmada ise DAFS kuzeyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile birleştirirken, güneyde ise Ölü Deniz Fay Sistemi (ÖDFS) ile birleştirmiştir.

22 Mayıs 1971 yılında Bingöl ilinde meydana gelen deprem dikkatleri bu fay üzerine çekmiştir. Aydın ve Seymen (1972) ile Arpat ve Şaroğlu (1972) tarafından deprem sonrası yapılan çalışmalarda DAFS bölgesel ölçekte ilk kez haritalanmış ve fay ile ilgili bazı morfolojik yapılar (yükselim ve çöküntü alanları) ilk kez belirlenmiştir.

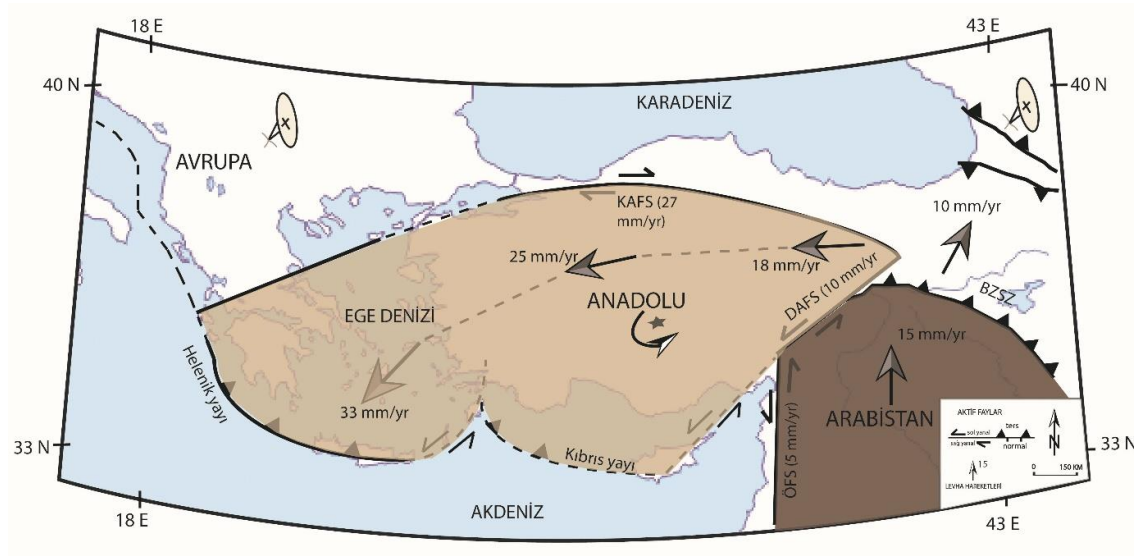
Geniş anlamıyla Doğu Akdeniz bölgesi dar anlamıyla ise Anadolu Levhasının aktif tektoniği Arabistan-Afrika levhaları ile Avrasya levhalarının BSZ boyunca Miyosen sonunda Neo-Tetis Okyanusu'nun kapanmasına bağlı olarak yakınlaşması ve çarpışmasına bağlı olarak şekillenmiştir. Arabistan levhasının hızının Afrika levhasının hızından fazla olması nedeniyle ölüdeniz fay sistemi (ÖFS) gelişmiştir. Çarpışma sonucunda hem Anadolu

Levhasında hem de Arabistan (indenter) levhasında önemli deformasyonlar meydana gelmiş ve hala gelmektedir. Anadolu Levhası DAFS, KAFS ve KDAFS (Kuzeydoğu Anadolu Fay Sistemi) gibi büyük ölçekli ve daha birçok küçük ölçekli faylara ayrılarak parçalanmıştır. Anadolu Levhası'nın batıya olan hareketi bu faylar üzerinden sağlanmaktadır (McKenzie, 1972; Gülen, 1984). İndenter konumunda olan Arabistan Levhası üzerinde ise Narlı fayı, BSZ boyunca ve Palmyra' da gelişen kıvrımlar Arabistan Levhası'nda gelişen deformasyon yapılarına örnek gösterilebilir. Bu deformasyonların bir kısmı çarpışmanın ilk safhalarında oluşurken, bir diğer kısmı ise çarpışmadan daha sonra oluşmuştur. Yaklaşık D-B doğrultulu gelişen bindirme fayları ve bunların önünde gelişen kıvrımlar ilk oluşan yapılardır. Anadolu Levhası'nın kaçmasını sağlayan doğrultu atımlı faylar ise (KAFS, DAFS, KDAFS) ise daha genç yapılardır. Bu doğrultu atımlı fayların daha genç olduğunu, D-B uzanan bindirme faylarını ve kıvrım eksenlerini kesmelerinden anlayabiliyoruz (Gülen vd., 1987).

Türkiye'nin Netektonik yapılarının oluşumu ve evrimini açıklayan en iyi model Tapponnier vd. (1986) ve Peltzer and Tapponnier (1988) tarafından Hindistan ve Asya Levhaları'nın çarpışmasını konu alan çalışmasında öne sürdüğü çarpışma ve çarpışma ile ilişkili yapıların oluşum modelidir. Tapponnier vd. (1986) ve Peltzer ve Tapponnier (1988) yaptıkları deneylerde çarpışma ile ilişkili gelişen deformasyon yapılarını ve bu yapıların oluşum sırası ile levhalardaki rotasyonları açıklamışlardır (Şekil 6.1 ve 6.2).

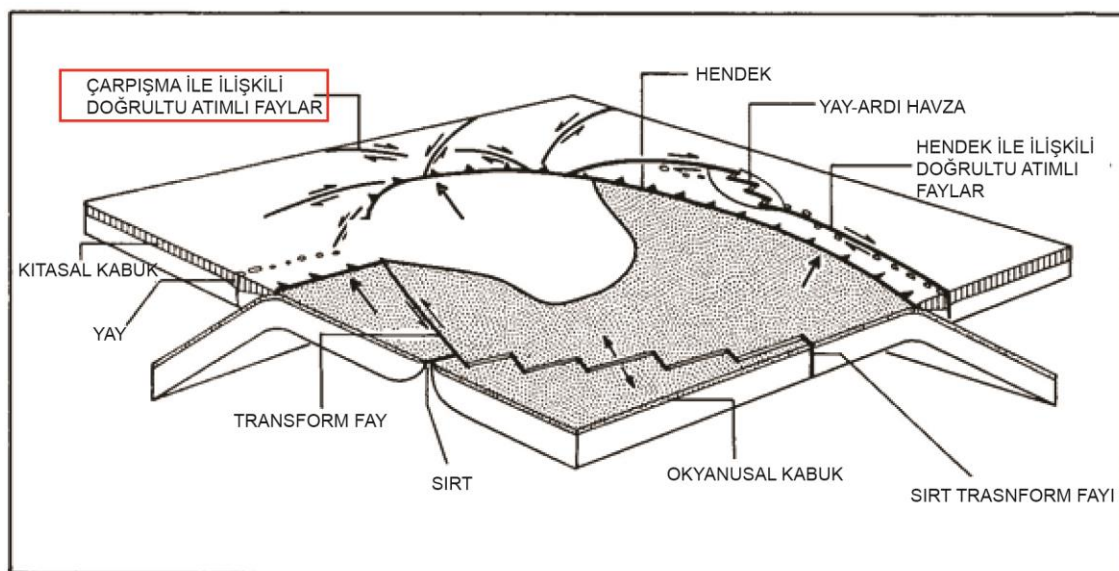


Şekil 6.1. Kıtasal çarpışma ile ilişkili deformasyonları gösteren deney. Peltzer ve Tapponnier (1988)'den değiştirilerek alınmıştır



Şekil 6.2. Peltzer ve Tapponnier (1988) modelinin Türkiye'ye uyarlanması

DAFS ve KAFS bu modelde Anadolu Levhasının batıya hareketini sağlayan çarpışma ile ilişkili gelişen sağ ve sol yanal doğrultu atımlı fay olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle DAFS Sylvester (1988) tarafından yapılan doğrultu atımlı fayların sınıflandırılmasında *‘kıta içerisinde gelişen kabukla sınırlı girişim çarpışması ile ilişkili gelişen sol yanal doğrultu atımlı bir faydır’* şeklinde tanımlanmıştır (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Doğrultu atımlı fayların tektonik konumlarına göre yapılan sınıflandırma. Sylvester (1988)'den değiştirilerek alınmıştır

Herece vd., (1992) tarafından DAFS üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda fayın yeri, atımı ve yaşı ile ilgili bazı yeni veriler elde edilmiştir. Fayın her iki tarafındaki jeolojik birimlerin kıyaslanması ile oluşan sol yanal ötelenme değerleri, Karlıova-Sincik arasında Göynük bölütünde 14 ± 1 km, Palu ve Şiro bölütlerinde 15 km dir. Çelikhan ile Türkoğlu arasında uzanan Erkenek bölütünde ise 22.5-26 km ve Gölbaşı bölütünde 19-26 km olarak saptanmıştır.

Herece vd., (1992) , Çaybaşı Pliyosen havzası, K–G yönündeki sıkışmayla kısaldığını ve birbirine paralel olan çok sayıda kıvrım geliştiğini belirtmiştir. Bu kıvrımların faydan yaklaşık 20 km uzaklıkta oluşması, fayın hareketinden önce, bölgede etkin olmuş bir K–G kısalmayı işaret etmektedir. Bu veriler fayın oluşum yaşını en geç Pliyosen olarak sınırlamaktadır.

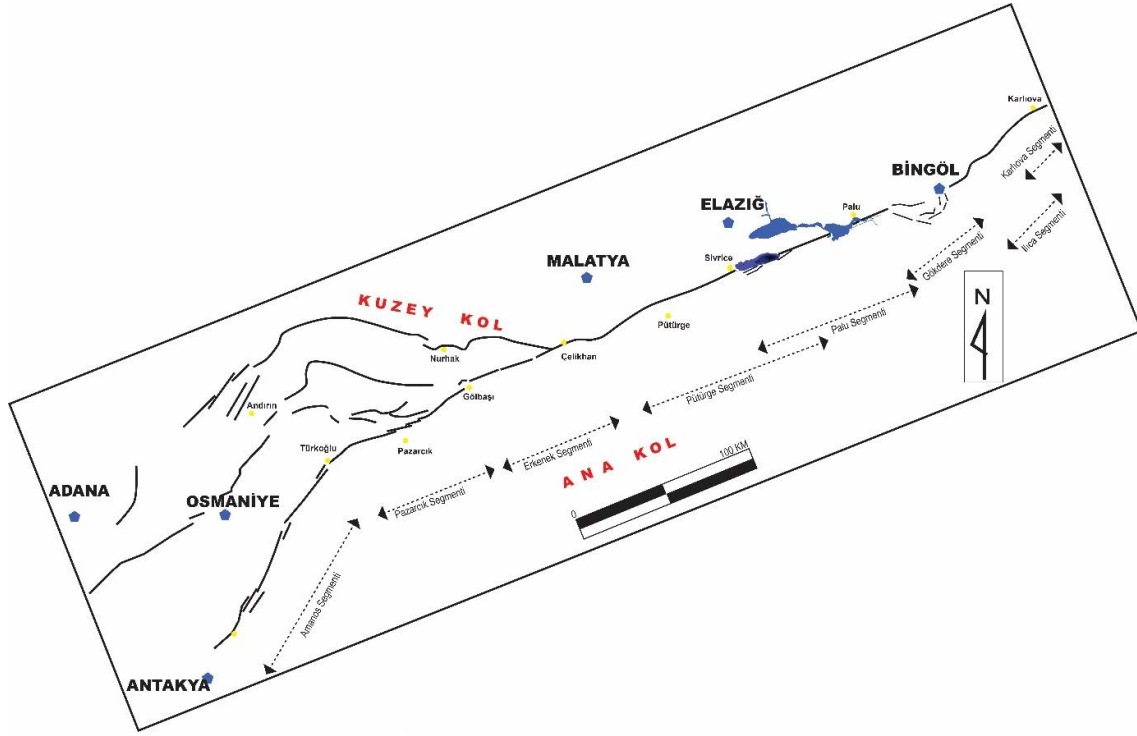
DAFS'nin oluşum yaşı ve fay boyunca gelişen yanal ötelenme değerleri arasında var olan ilişkiler, fayın yıllık kayma hızını 7.9 ± 0.3 mm/yıl olarak göstermektedir (Herece vd., 1992).

6.2. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Segment Yapısı

DAFS'nin segment yapısı ile ilgili en son ve en ayrıntılı çalışma Duman ve Emre (2013) tarafından yapılmıştır. Duman ve Emre (2013) yaptıkları çalışmada DAFS'nin geometrisini ve segmentasyonunu sismolojik ve paleosismolojik verilerle ortaya koymuş ve fayın bölgedeki diğer büyük faylarla (Ölüdeniz Fayı, Kıbrıs Yayı vb.) olan geometrik ilişkisini açıklamışlardır. Fayın geometrisini ayrıntılı bir şekilde haritalayan araştırmacılar, DAFS'ni güney (ana fay) ve kuzey kol olmak üzere iki kola ayırmışlardır. Ana kol (güney kol) Karlıova ile Antakya arasında yaklaşık 580 km uzunluğunda olup Amik üçlü eklem noktasında Ölüdeniz Fayı ve Kıbrıs Yayı ile kesişmektedir. Sürgü-Misis Fayı olarak adlandırılan kuzey kol ise yaklaşık 350 km uzunluğunda olup İskenderun körfezinde Kyrenia-Misis Fayı ile kesişmektedir (Şekil 6.4).

Çalışma alanımız Duman ve Emre (2013) tarafından yapılan segmentasyona göre Palu ve Pütürge segmentlerini içermektedir. Palu ve Pütürge segmentlerinin doğrultuları yaklaşık $K60^0D$ olup segment uzunlukları 77 ve 96 km' dir. Çalışma alanı içerisinde bulunan Hazar Gölü, doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde gelişen aktif çek-ayır havza (Arpat ve Şaroğlu, 1972; Hempton ve Dunne, 1984; Şengör vd., 1985; Çetin vd., 2003;

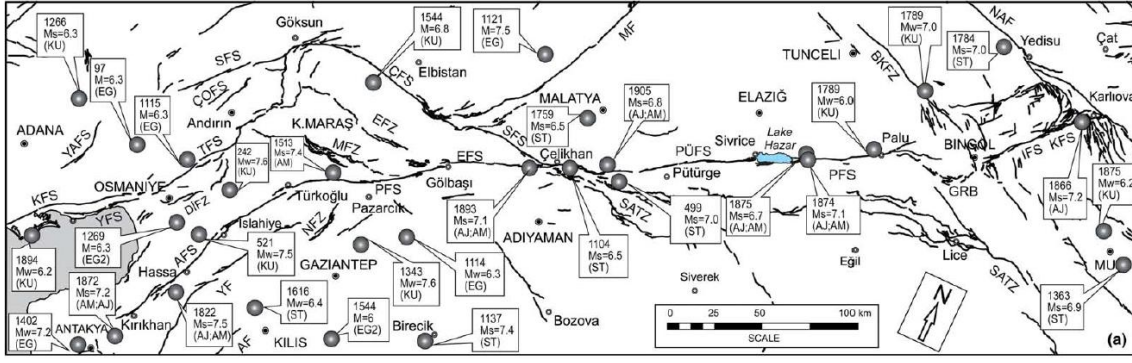
Garcia Moreno et al., 2011) veya negatif çiçek yapısı (Aksoy et al., 2007) olarak nitelenmektedir. Hazar Gölünün uzunluğu yaklaşık 20 km genişliği ise 5 km'dir.



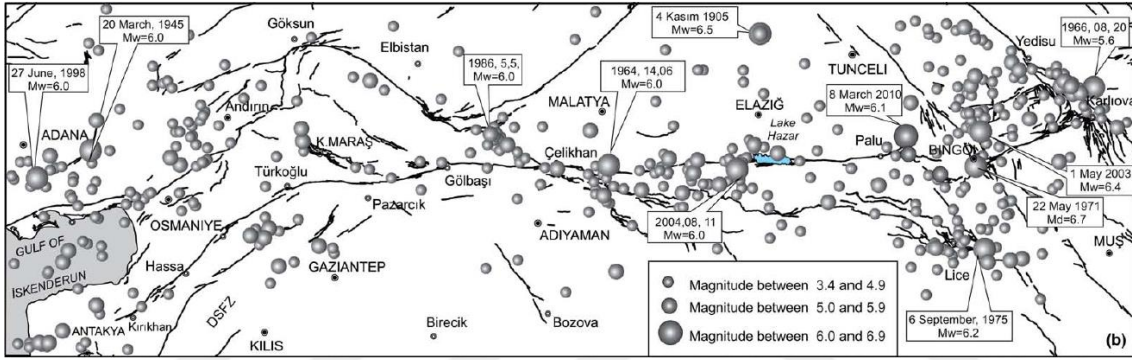
Şekil 6.4. DAFS'nin segment yapısını gösteren harita (Duman ve Emre, 2013'den değiştirilerek alınmıştır).

6.3. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Aletsel ve Tarihsel Dönem Etkinliği

Anadolu Levhasının Arabistan-Afrika Levhaları ile olan çarpışmasının bir sonucu olarak oluşan DAFS Türkiye'nin önemli ve depremsellik açısından KAFS'den sonra en aktif ikinci fay sistemidir. DAFS üzerindeki kayma hızlarının KAFS'ne göre daha düşük olması depremlerin büyüklüğü ve tekrarlanma aralığı açısından önemli bir rol oynamaktadır. DAFS' üzerinde tarihsel ve aletsel dönemde önemli büyüklükteki depremler Şekil 6.5. ve Şekil 6.6'da verilmiştir. Tarihsel dönem deprem kayıtları için Ambraseys (1989) ve Ambraseys ve Jackson (1998) kaynaklarından faydalanılmıştır. Aletsel dönem deprem kayıtları için ise T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı (AFAD) kaynaklarından yararlanılmıştır (URL-2, 2017).



Şekil 6.5. DAFS üzerinde meydana gelmiş tarihsel dönem depremler (Duman ve Emre, 2013)



Şekil 6.6. DAFS üzerinde meydana gelmiş aletsel dönem depremler (Duman ve Emre, 2013)

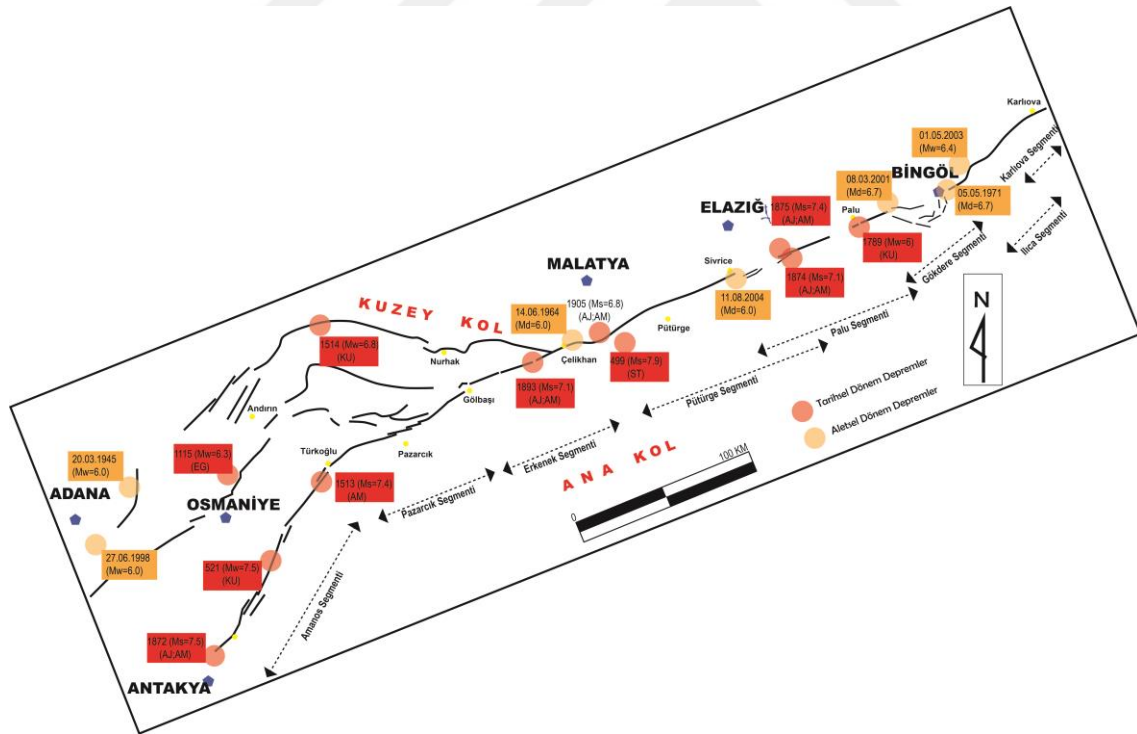
Çalışma alanı sınırları içerisinde tarihsel dönemler boyunca önemli depremler meydana gelmiş ve bu depremler binlerce insanın ölümüne yol açtığı gibi birçok yapının yıkılmasına sebep olmuştur. 1789 yılında meydana gelen merkez üssü Palu ve büyüklüğü 7 (Ms) olan Palu depremi bölgede önemli bir yıkıma neden olmuştur. Bu depremde 51000 insanın hayatını kaybettiği tahmin edilmektedir. Palu depremi Duman ve Emre (2013) tarafından yapılan DAFS'nin segmentlere ayrılması konulu çalışmalarında Palu Segmenti üzerinde olduğu görülmektedir. Bölgede en dikkat çekici depremler ise 1874 ve 1875 yıllarında meydana gelen iki önemli deprem olmasıdır. 1874 (Ms=7.1) ve 1875 (Ms=6.7) yıllarında meydana gelen depremler Hazar Gölü'nün kuzeydoğu bölümünde tıpkı Palu depremi gibi Palu segmenti üzerinde meydana geldiği düşünülmektedir. Ancak bu depremlerin konumları günümüzde hala tartışılmaktadır.

Çalışma alanı sınırları içerisinde aletsel dönemler boyunca önemli depremler meydana gelmiş ancak tarihsel dönemlerde meydana gelen depremlerin büyüklüklerinden oldukça uzak depremlerdir. Tarihsel dönem depremler önemli bir can ve mal kaybına neden

olmamıştır. Çalışma alanı içerisinde yakın tarihte olan en önemli depremler (Tablo 6.1 ve Şekil 6.7);

Tablo 6.1. Çalışma alanı içerisinde meydana gelen önemli depremler

Deprem No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	Büyüklik	Kaynak
1	23/06/2011	38.5	39.6	13.42	5.4	AFAD-DDA
2	21/02/2007	38.3	39.3	6	5.7	Kalafat ve Diğ.2011
3	09/02/2007	38.3	39.1	9.7	5.5	EHB
4	11/08/2004	38.3	39.2	10	5.6	Kalafat ve Diğ.2011
5	13/07/2003	38.3	39.0	10	5.5	EMSC-CSEM
6	09/05/1998	38.2	38.9	17.2	5.1	EHB
7	12/09/1979	38.1	39.8	35	5.0	Ayhan ve Diğ.1981
8	08/11/1950	38.2	39.1	50	5.2	Ayhan ve Diğ.1981
9	25/04/1949	38.2	38.9	80	5.3	Ayhan ve Diğ.1981
10	18/08/1948	38.5	39.2	10	5.0	Ayhan ve Diğ.1981

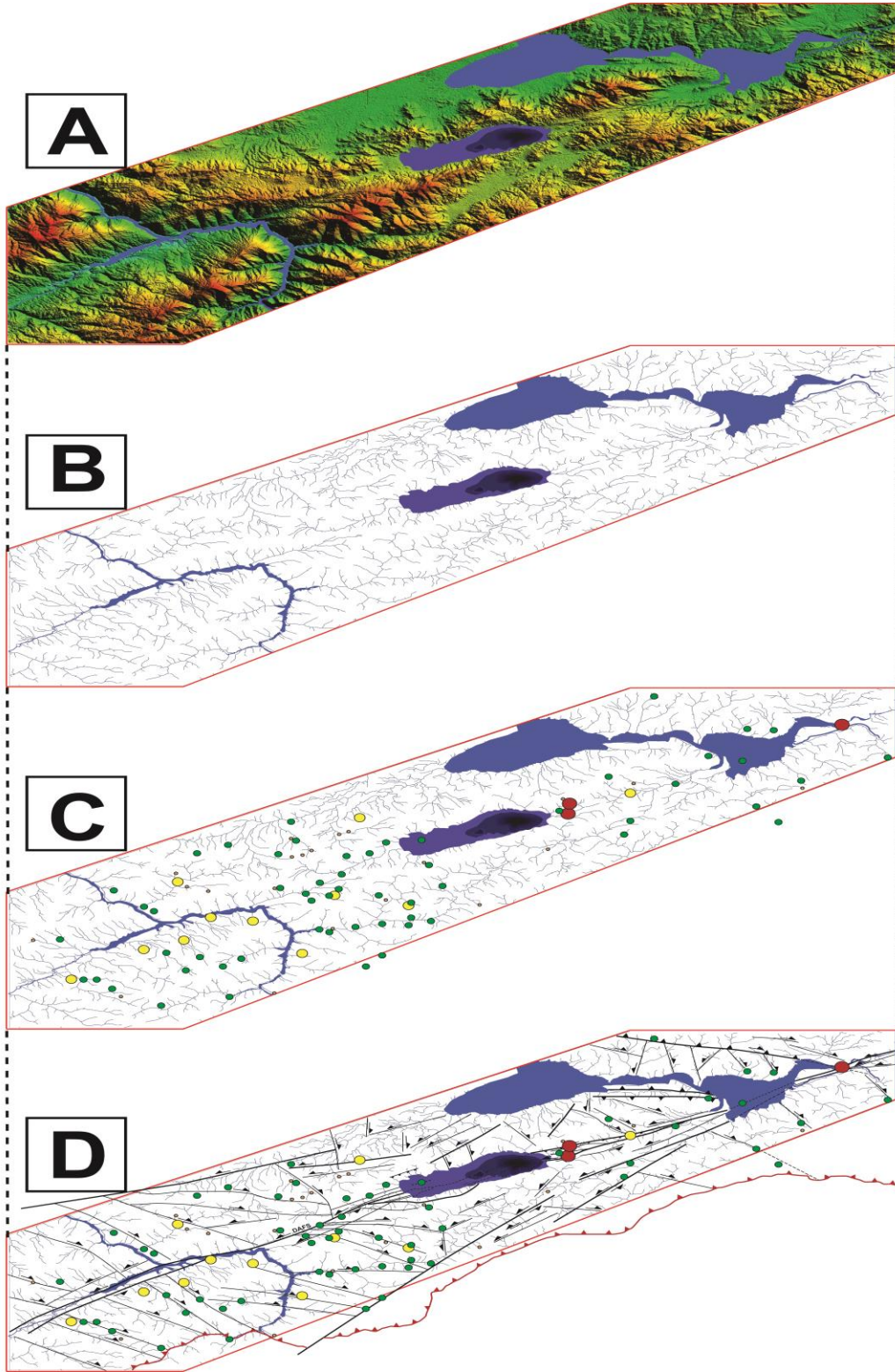


Şekil 6.7. DAFS'nin segment yapısı (Duman ve Emre, 2013'den değiştirilerek alınmıştır)

6.4. ASTER Verisi Yardımıyla Tektonik Hatların Belirlenmesi

İnternet üzerinden erişime açık olan sayısal yükseklik modeli ASTER GDEM Worldwide Elevation Data (1.5-arc-second Resolution) ve ilgili programlar yardımıyla işlenerek aktif fayların haritalanması çalışmaları yapılmıştır. Uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak elde edilen; sayısal yükseklik modeli, akarsu drenaj ağları ve ilgili kurumların internet sayfaları üzerinden elde edilen aletsel dönem deprem aktivitesi AFAD sayısal tabanlı programlarla çalıştırılarak bölgenin tümünü kapsayan 1/100.000 ölçekli fay haritası hazırlanmıştır. Bu veriler arazi çalışmalarıyla elde edilen fay düzlemi üzerindeki kinematik verilerin muhtemel konumlarının belirlenmesinde önemli faydalar sağlamıştır. Uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen çizgisellikler daha sonra büro çalışmaları sırasında uygun programlar yardımıyla diyagramlara eklenip bölgenin yapısal özelliklerinin açıklanmasında kullanılmıştır.

Öncelikle çalışma alanına ait ASTER GDEM (1.5-arc-second Resolution) verisi internet üzerinden kullanıma açık olan USGS (United States Geological Survey) sayfası üzerinden indirildi. ASTER GDEM (1.5-arc-second Resolution) verisi üzerinden Çeşitli programlar yardımıyla akarsu ağları çıkartıldı. Akarsu ağlarındaki çizgisel uzanımlar, çarpıklıklar ve ötelenmeler aktif fayların tanımlanması açısından önem teşkil etmektedir. AFAD İnternet sayfası üzerinden çalışma alanı içerisinde gerçekleşmiş aletsel dönem deprem aktivitesi dosyaları sayısal olarak indirilerek çalışma alanı içerisindeki aktif fayların haritalandırılması amacıyla altlıklar oluşturulmuştur (Şekil 6.8).



Şekil 6.8. A) Çalışma alanına ait ASTER GDEM verisi, B) ASTER GDEM verisi üzerinden çıkarılan akarsu drenaj ağları C) aletsel dönem depremler D) tüm verilerin üst üste giydirilmesi ile elde edilen tektonik harita

6.5. Landsat Verisi Üzerinden Çizgisellik Analizi

Bu çalışmada, çalışma alanı ile ilgili Landsat (4-5) Thematic Mapper uydu görüntüsünden yararlanılmıştır. Landsat (4-5) Thematic Mapper üzerinden otomatik yöntemle çizgiselliklerin çıkarımı ve bu çizgiselliklerin gül diyagram analizi ile ilgili çalışmalar çeşitli programlar yardımıyla yapılmıştır.

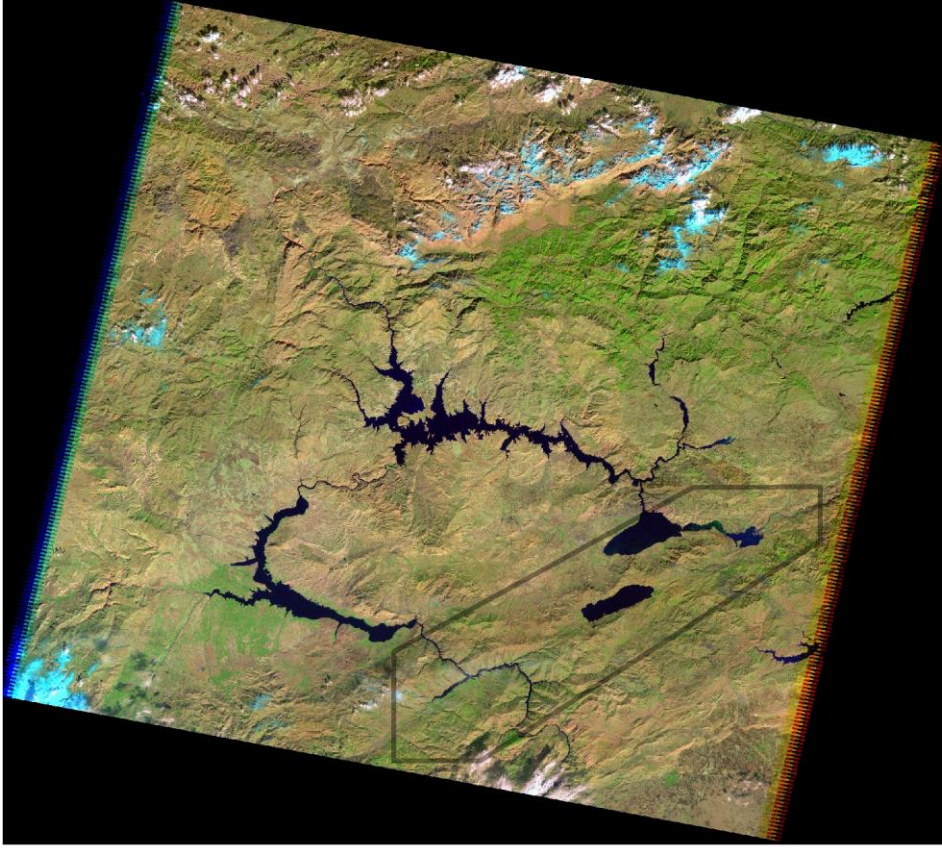
Çizgisel yapılar yüzeydeki jeolojik yapıların yönlenmelerinin sonucudur. Vadilerin ve sırtların uzanımı, formasyonlardaki değişim, topraktaki nem oranı veya bitki örtüsünün değişimine bağlı renk tonu değişimleri çizgisel bir görünüm alması olarak tanımlanmaktadır (Hung ve diğ., 2005). Landsat görüntüleri üzerinden jeolojik formasyonların ayrımı ve çizgisel yapıların çıkarımı gün geçtikçe daha yaygın hale gelmektedir.

Literatürde özellikle Landsat (4-5) Thematic Mapper 30 metre yersel çözünürlüğe sahip altı adet görünür bölge ve yakın kızıl ötesi bandı ve 15 metre yersel çözünürlüğe sahip pankromatik bandıyla jeoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Önceki çalışmalarda çalışmalarda jeolojik formasyonlar arasındaki ayırımın en iyi yapıldığı bant kombinasyonlarının 7-4-1 ve 5-4-3 olduğu konusunda çalışmalar yapılmıştır (Abdullah vd., 2013).

Bu çalışmada Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden PCI GEOMATİCS (DEMO) otomatik olarak çizgiselliklerin belirlenerek haritalandırılması ve tektonik/jeolojik yapıların belirlenmesine ne ölçüde katkıda bulunacağı araştırılmıştır.

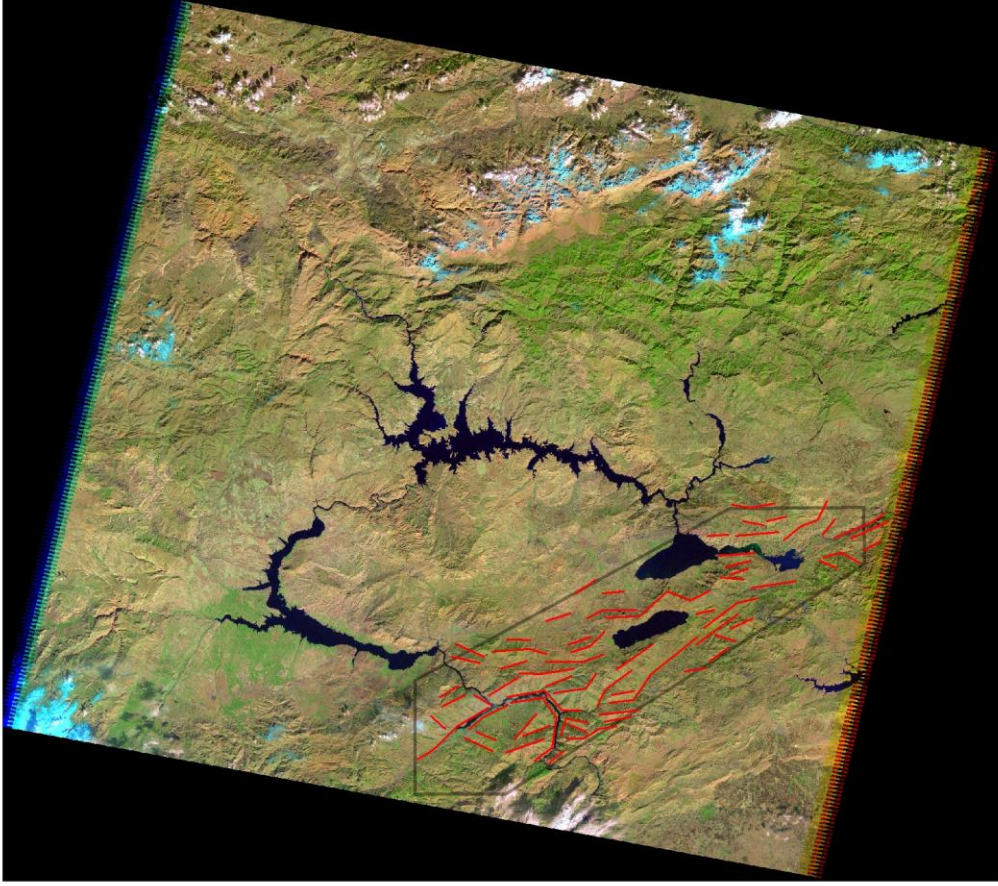
Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden PCI GEOMATİCS (DEMO) programı yardımıyla otomatik olarak çizgisellikler belirlenirken; yapısal, jeolojik, morfolojik unsurların dışındaki etkilerle oluşmuş yapay ve/veya doğal çizgisellikler dikkate alınmamıştır.

İlk olarak çalışma alanını kapsayan Landsat (4-5) Thematic Mapper (7-4-1) uydu görüntüsü üzerinden çizgisel yapılar belirlenerek çalışma alanına ait çizgisellik haritası çıkarılmıştır (Şekil 6.9 ve 6.10). Kullanılan uygulamanın sayısal tabanlı olması sayesinde elde edilen haritadaki çizgilerin doğrultuları belirlenmiş ve egemen çizgisellikleri gösteren gül diyagramı uygun programlar sayesinde hazırlanmıştır. Çalışma alanı içerisinde 101 adet fay belirlenmiştir. Belirlenen çizgisel yapıların toplam uzunlukları ise 1.286,789 km olarak hesaplanmıştır. Program çıktısına göre tüm bu çizgisel yapıların ortalama olarak 74.7⁰ doğrultusunda olduğu tespit edilmiştir.

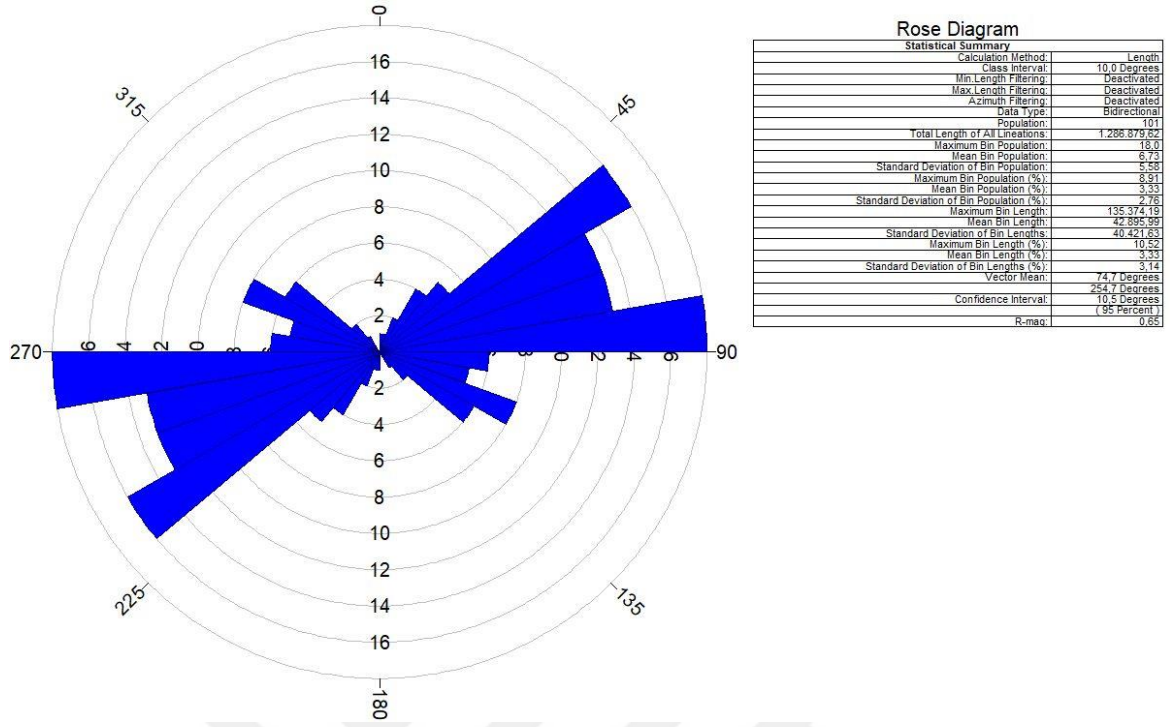


Şekil 6.9. Çalışma alanına ait Landsat (4-5) Thematic Mapper (7-4-1) görüntüsü

Gül diyagramından elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında iki ana fay doğrultusu belirlenmiştir. Bunlardan $K55^{\circ}D$ ve $K85^{\circ}D$ yönlü olan faylardır (Şekil 6.10). Bu yapılar içerisinde $K55^{\circ}D$ doğrultulu olanların daha genç olduğu çalışma alanının en önemli yapısı olan ve doğrultusu yaklaşık $K60^{\circ}D$ olan DAFS' ne yaklaşık paralel olmasından dolayı düşünülmektedir. $K85^{\circ}D$ yönlü olan faylar ise daha yaşlı olup Orta Miyosen-Pliyosen döneminde etkili olan sıkışma ile ilgili oldukları düşünülmektedir (Şekil 6.11).



Şekil 6.10. Landsat (4-5) Thematic Mapper (7-4-1) görüntüsü üzerinden otomatik yöntemlerde elde edilen çizgisel yapılar



Şekil 6.11. Landsat (4-5) Thematic Mapper görüntüsü üzerinden otomatik yöntemlerde elde edilen çizgisel yapılara ait gül diyagramı ve sonuçları

6.6. Fay Kinematik Analiz Çalışmaları İçin Teorik Altyapı

Faylar dar bir alanda meydana gelen kaymalara bağlı süreksizliklerdir ve fay düzlemi yapıları (çizgisellikler, oyuklar, basamaklar vb.) içerirler (Angelier, 1984). Faylar ya farklı litolojileri yan yana getirirler ya da morfolojik olarak her iki blokta farklı görünüm sunarlar. Fayların morfolojik olarak ayrılmasında iki önemli etken vardır. İlki fay blokları arasındaki atım (stratigrafik veriler), diğeri ise farklı kayaç türleri arasındaki erozyon oranları.

Özellikle eski bir fay alanındaki morfolojik veriler aşınma etkisinden dolayı kayma yönü ile ilgili çok fazla bilgi sunmazlar. Aktif fayları takip etmek nispeten daha kolaydır çünkü çoğunlukla vadileri kat ederler ancak vadilerdeki izleri dolgu ve kumlarla silinebilir (Angelier, 1984).

Yani gerek aktif faylarda gerekse eski faylarda sadece stratigrafik veya morfolojik verilere bakarak faylanma mekanizmasının belirlenmesi çoğu zaman mümkün

olmamaktadır. Ayrıca bir fay üzerinde birden fazla farklı hareket meydana gelmiş olabilir. Bu nedenle faylanma mekanizmasının belirlenmesinde daha doğru ve uygun bir yöntem olan ve fay düzlemi üzerindeki kayma verilerinin toplanması ve yorumlanması esasına dayanan yöntemler uygulanmalıdır.

Fayların mekanik sınıflandırılmasında yer kabuğundaki asal gerilme eksenlerinin yer kabuğuna göre olan konumları kullanılır. Anderson (1951) tarafından tanımlanan bu eksenlerden en büyük asal gerilme S1, orta asal gerilme S2 ve en küçük asal gerilme ise S3 ile ifade edilir. Anderson (1951) faylanma teorisine göre bu eksenlerden biri yer yüzeyine göre düşey konumlu iken, diğer ikisi ise paraleldir.

Ters Faylar; S3 yani en küçük asal gerilme eksenini yeryüzüne göre düşey veya yaklaşık düşey konumludur. Bu faylar yer kabuğunda sıkışma ve daralmayı temsil eder.

Normal Faylar; S1 yani en büyük asal gerilme eksenini yeryüzüne göre düşey veya yaklaşık düşey konumludur. Bu faylar yer kabuğunda açılma ve genişlemeyi temsil eder.

Doğrultu Atımlı Faylar; S2 yani orta asal gerilme eksenini yeryüzüne göre düşey veya yaklaşık düşey konumludur. Bu faylar yer kabuğunda sıkışmalı alanlarda görülürler ve bloklar yatay olarak hareket ederler.

Asal gerilmeleri belirlemek için yapılan fay kinematik analizleri (paleostres) arazi çalışmalarında elde edilen fay kayma verilerine (kayma çizikleri, kalsit ikizlenmeleri gibi) veya kaydedilmiş deprem odak çözüm mekanizmaları verilerine dayanır. **‘Odak Mekanizması Çözümleri Yöntemi’** güncel ve aktif fay topluluklarından elde edilen verilere dayanır. Bir başka yöntem olan ve ön ülke (foreland basin) olarak bilinen bölgelerdeki kıvrımlı-bindirmeli kuşaklardaki sedimanter kayaçlarda bulunan kalsit mineraline bağlı gelişen **‘Kalsit İkizlenmesi Yöntemi’** olarak adlandırılan analiz yöntemidir.

Yer bilimciler tarafından en çok tercih edilen yöntem olan **‘Fay Düzlemi Verileri İle Kinematik Analiz’** arazi çalışmaları sırasında fay düzlemi üzerinde elde edilen kayma çizigi verilerine dayanır. Fay kayma analizleri çalışmaları belirlenen bölgedeki fayların ve faylarla ilişkili yapıların kinematik ve yapısal evrimini ortaya koymayı amaçlar.

Kayaların stres durumu genellikle anizotropiktir ve deformasyon elipsoit eksenleri tarafından tanımlanır ve bu eksenler asal gerilmelerin büyüklüklerini karakterize ederler. Pozitif sıkıştırmada, en uzun eksen elipsoidin en büyük stres (S1), ortanca eksen ara stres (S2) iken en kısa eksen minimum stres (S3) olarak tanımlanır. Yer yüzeyine göre gerilme

elipsoidin şekli ve yönelimi bir alanda gelişen fayların türünü, yönelimini ve kayma yönünü kontrol eder (Angelier, 1990).

Fay kayma analizleri ve çok fazlı deformasyonlar içerisindeki fazların ayrımı için birçok model önerilmiştir. Bu amaçla, bir dizi paleostres ters çözüm yöntemi, grafiksel ve analitik (sayısal) araçlar kullanılarak geliştirilmiştir. Son otuz yılı aşkın bir zamandır paleostres ters çözüm yöntemleri çeşitli tektonik yapılara uygulanmış ve bazı sınırlamalar olmasına rağmen, deneysel olarak geçerli ve başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca, paleostres ters çözüm yöntemi çalışmaları aktif faylar boyunca stres eksenlerinde ki sapmalardan (S1 ile S3'ün yer değiştirmesi) faydalanılarak fayın geçmiş davranışlarını belirlemede kullanılırlar.

Grafiksel yöntemlerin çoğu Anderson (1951) faylanma teorisini temel alır. Bu teoriye göre Anderson (1951) tarafından tanımlanan bu eksenlerden en büyük asal gerilme S1, orta asal gerilme S2 ve en küçük asal gerilme ise S3 ile ifade edilir. Anderson (1951), en büyük asal gerilme (S1) eşlenik fayların dar açılarının açıortayı iken en küçük asal gerilme (S3) ise eşlenik fayların geniş açılarının açıortaylarıdır. Ayrıca Anderson (1951) bu eksenlerden birinin daima yer kabuğuna düşey konumlu olması gerektiğini belirtmiştir. Yani, oblik faylar var olan zayıflık düzlemlerinin yeniden aktivasyonu ile gelişirler. Anderson (1951) tarafından önerilen bu yöntem için fayların eşleniklerinin bulunması zorunludur. Oysa arazi çalışmaları sırasında fayların eşleniklerinin bulunması veya tanımlanmaları oldukça güçtür. Bu nedenle grafiksel yöntemlerin uygulanması oldukça güçtür.

Analitik yöntemlerin çoğunda Wallace (1951) ve Bott (1959) varsayımı geçerlidir. Bu yaklaşımda iki temel kabul vardır: (1) küçük bir alanda ki kütlenin gerilmesi tek düzedir (homojen) ve (2) kayma yönü, en uygun zayıflık düzlemi boyunca maksimum makaslama gerilmesine paraleldir. Bu varsayımdan yola çıkarak, fay düzleminden alınan verilerden (doğrultu / eğim, fay çiziklerinin yönelimi ve fayın karakteri) asal gerilim eksenlerinin konumları ve eksenlere ait R oranı elde edilmektedir. Bu oran asal gerilimlerin büyüklükleri farklarının birbirlerine oranı olarak tanımlanabilir ($R = S2-S3 / S1-S3$). Bu değer 0 ile 1 arasında değişir ve deformasyon elipsoidinin şeklini tanımlar (Angelier, 1990). R değeri 0'a yaklaştıkça S2 ve S3'ün büyüklükleri de birbirlerine yaklaşmaktadır. Bu gibi tektonik rejimlerde deformasyon esnasında S2 ve S3 eksenleri yer değiştirebilir ve farklı doğrultularda faylanmalar gözlenebilir.

Ancak, fay kayma verilerinden alınan doğal örneklerden mutlak büyüklükleri belirlenmesi bir ölçüde mümkündür ve genellikle çok zordur. Bunun nedeni faylanma

sırasındaki çevresel koşullarla ilgili bilinmeyenler (örnek olarak faylanma sırasında ki örtü tabakasının kalınlığı) ve bu verilere sadece fay kayma analizi yoluyla ulaşılabilmesi. Bu nedenle, standart paleostres ters çözüm teknikleri bölgesel asal gerilme eksenlerinin göreceli büyüklüklerinin (R yani oran) ve yönelimlerinin belirlenmelerinde kullanılır.

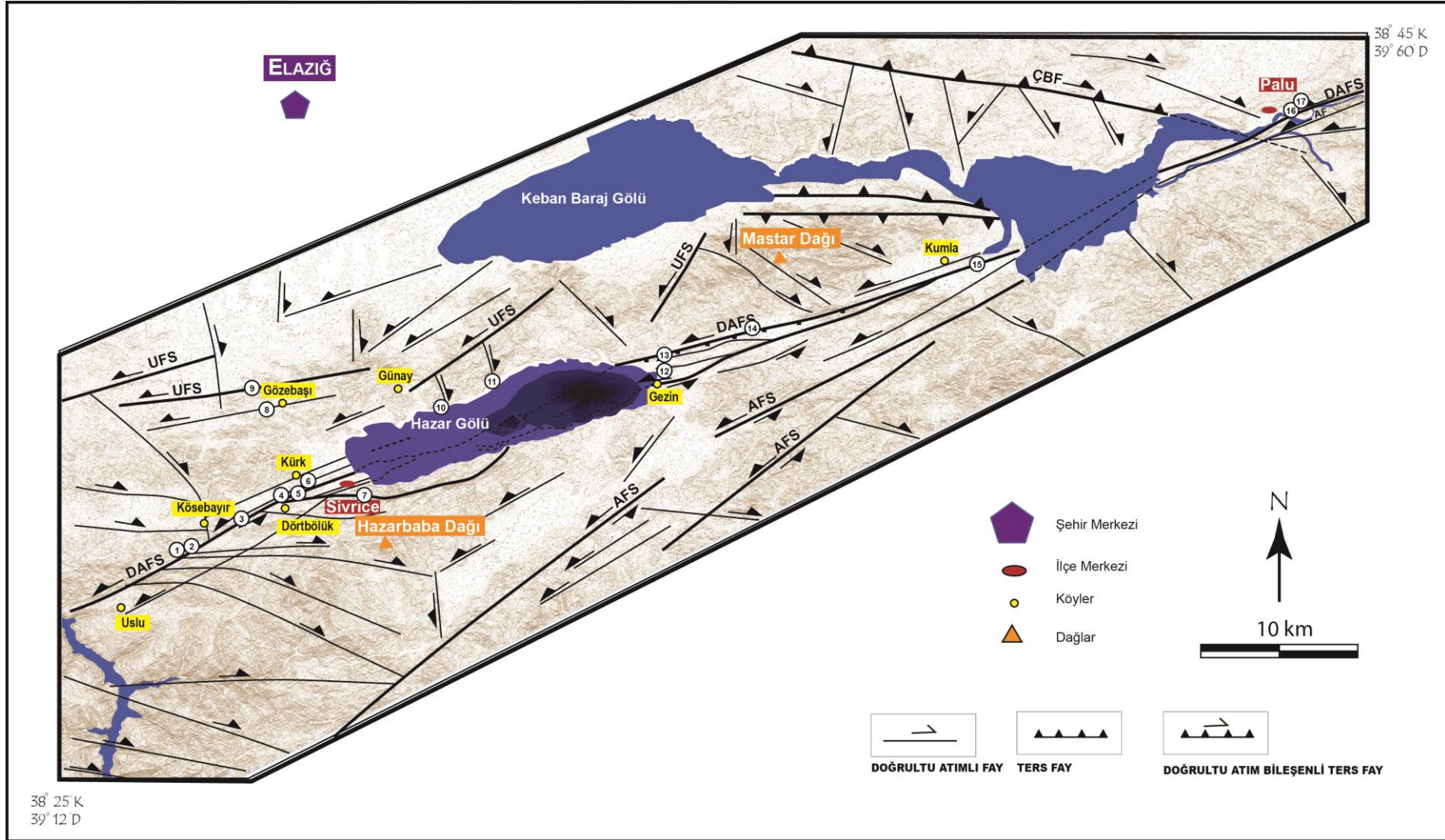
Bir fay oluşumundan itibaren bir veya birden farklı faz içerebilir. Bunun anlamı, fay oluşuktan sonra değişen tektonik koşullara bağlı olarak kendi çalışma sisteminde de değişiklik olabilmektedir. Bu aslında oldukça sık rastlanan bir durumdur. Fay kinematik (Paleostres) analizleri fayın geçmişten günümüze kadar geçirdiği bu evreleri ortaya koymakla beraber, bölgede etkin olan son tektonik koşul hakkında da bilgiler sunmaktadır.

Çalışma alanımız ile ilgili daha önce fay kinematik (Paleostres) analiz çalışması çok sınırlı alanlarda yapılmış olup, bu veriler çalışma alanının tamamının kinematik özelliklerini ortaya koyacak yeterlilikte değildir.

Bu eksikliği giderebilmek amacıyla Palu ve Pütürge segmentleri üzerinde toplam 17 istasyonda kinematik analiz amaçlı veri toplanmıştır (Tablo 6.2). Bu istasyonlarda toplam 192 adet fay düzlemi, fay çizici ve sapma açısı ölçülmüştür. Her ölçüm noktasından alınan veriler kendi içinde değerlendirilmiş, veriler ve elde edilen asal gerilim eksenleri her nokta için ayrı alt yarı küre, eş alan izdüşümü ağlarında gösterilmiştir.

6.7. Fay Kinematik Analizleri

DAFS boyunca ölçülen fay düzlemi kinematik verilerinin Wallace (1951) ve Bott (1959) varsayımını temel alan Angelier (1990) tarafından geliştirilen sayısal modelleme tabanlı SG2PS programı kullanılarak asal gerilme eksenleri belirlenmiştir. Bu amaçla her bir istasyon için ayrı dönemi temsil eden en az 4 adet fay düzlemi kayma verisi alınmıştır. Fay kinematik analiz çalışmalarının amacı DAFS'nin günümüzdeki veya bir başka deyişle son tektonik rejim altındaki davranışını ve varsa geçmiş tektonik dönemlerinde ki davranışlarını fay düzlemi üzerinden elde edilen verileri (doğrultu/eğim, fay çiziklerinin yönelimi ve fayın karakteri) kullanılarak belirlemektir. Bu amaçla DAFS içerisindeki faylar üzerinde ölçüm yapılan istasyonlar farklı litoloji ve yaşlardaki birimleri kapsamaktadır (Şekil 6.12 ve Tablo 6.2).



Şekil 6.12. Çalışma alanına ait tektonik harita ve kinematik analiz için gerekli ölçümlerin alındığı istasyonlar

Tablo 6.2. Çalışma alanında ölçüm yapılan istasyonlardan alınan ölçümlere ait bilgiler

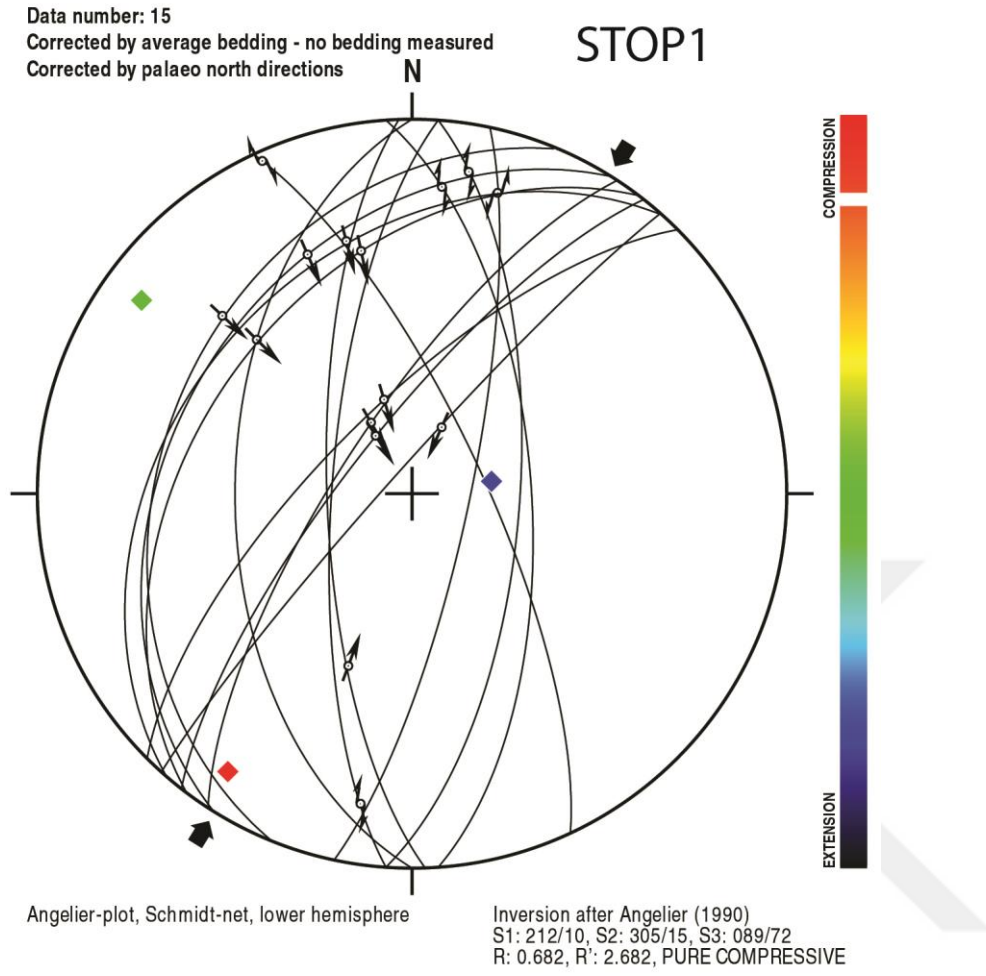
İstasyon	Enlem	Boylam	Jeolojik Birim	Veri Sayısı
1	38.39	39.18	Maden Karmaşığı	15
2	38.41	39.20	Maden Karmaşığı	9
3	38.42	39.23	Maden Karmaşığı	4
4	38.43	39.25	Maden Karmaşığı	11
5	38.43	39.27	Maden Karmaşığı	18
6	38.45	39.27	Elazığ Magmatitleri	11
7	38.43	39.31	Maden Karmaşığı	11
8A	38.49	39.25	Elazığ Magmatitleri	08
8B	38.49	39.25	Elazığ Magmatitleri	19
9A	38.50	38.23	Elazığ Magmatitleri	12
9B	38.50	38.23	Elazığ Magmatitleri	07
10	38.49	39.36	Elazığ Magmatitleri	10
11	38.51	39.40	Hazar Grubu	05
12	38.51	39.52	Hazar Grubu	06
13	38.53	39.52	Maden Karmaşığı	13
14	38.54	39.58	Hazar Grubu	06
15A	38.59	39.73	Palu Formasyonu	09
15B	38.59	39.74	Palu Formasyonu	14
16	38.70	39.94	Kırkgeçit Formasyonu	12
17	38.70	39.95	Kırkgeçit Formasyonu	12
TOPLAM ÖLÇÜM SAYISI				: 192

6.7.1. Bir Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Uslu köyü (Sivrice) civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.13). Bir numaralı istasyondan toplanan 15 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.14 ve Tablo 6.3 'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanı KD-GB saf sıkışma etkisinde kalmıştır.



Şekil 6.13. 1 numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi



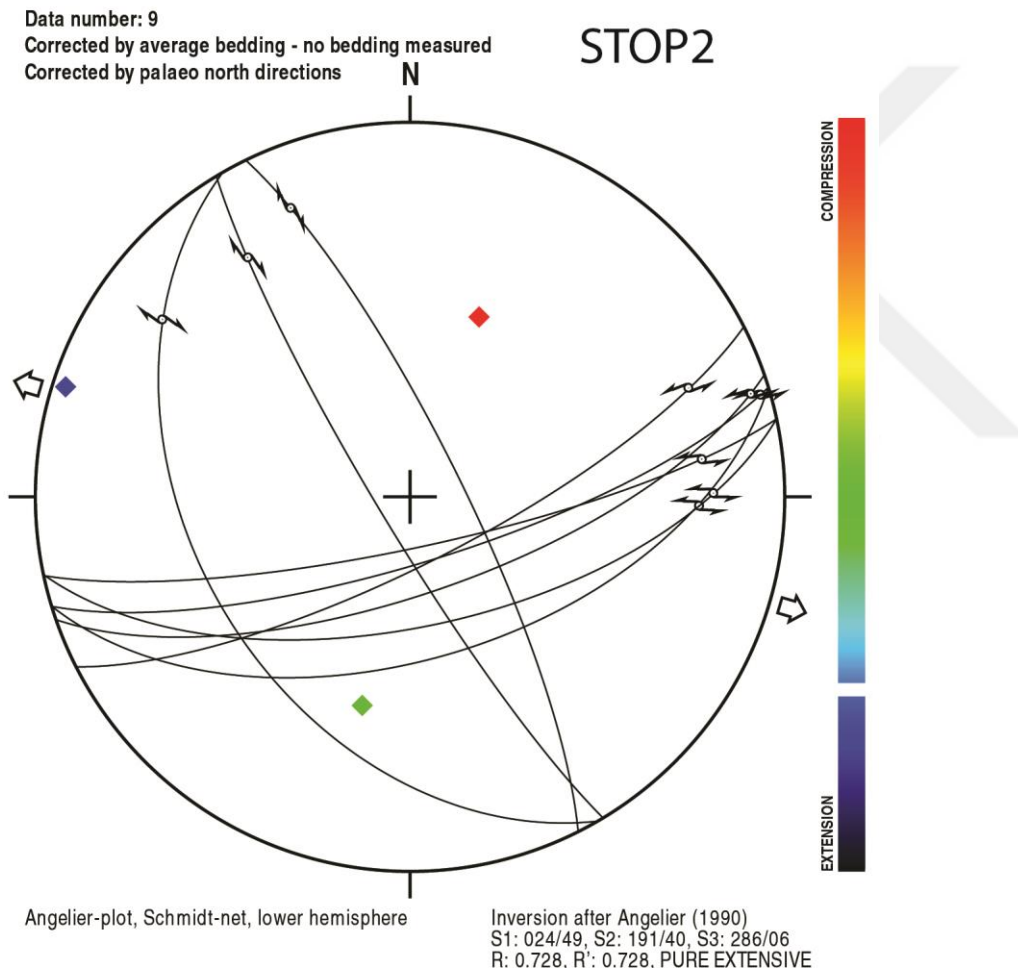
Şekil 6.14. 1 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.3. 1 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
1	15	212/10	305/15	089/72	0.682	KD-GB SAF SIKIŞMA

6.7.2. İki Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Uslu köyü (Sivrice) yakın civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır. İki numaralı istasyondan toplanan 9 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.15 ve Tablo 6.4 'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanı KB-GD saf genişleme etkisinde kalmıştır.



Şekil 6.15. 2 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.4. 2 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

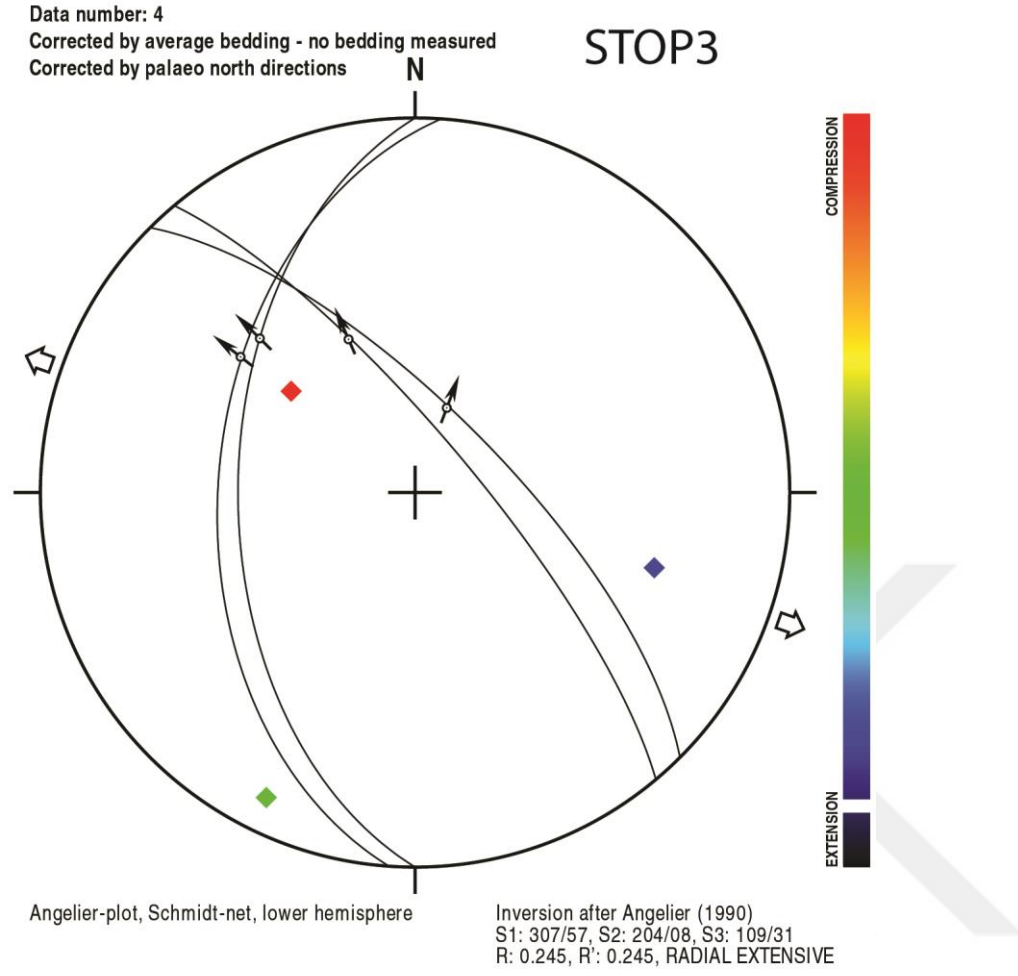
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
2	09	024/49	191/40	286/06	0.728	KB-GD SAF GENİŞLEME

6.7.3. Üç Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Kösebayır köyü (Sivrice) civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.16). Üç numaralı istasyondan toplanan 4 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.17 ve Tablo 6.5 'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanı KB-GD saf genişleme etkisinde kalmıştır.



Şekil 6.16. 3 numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi



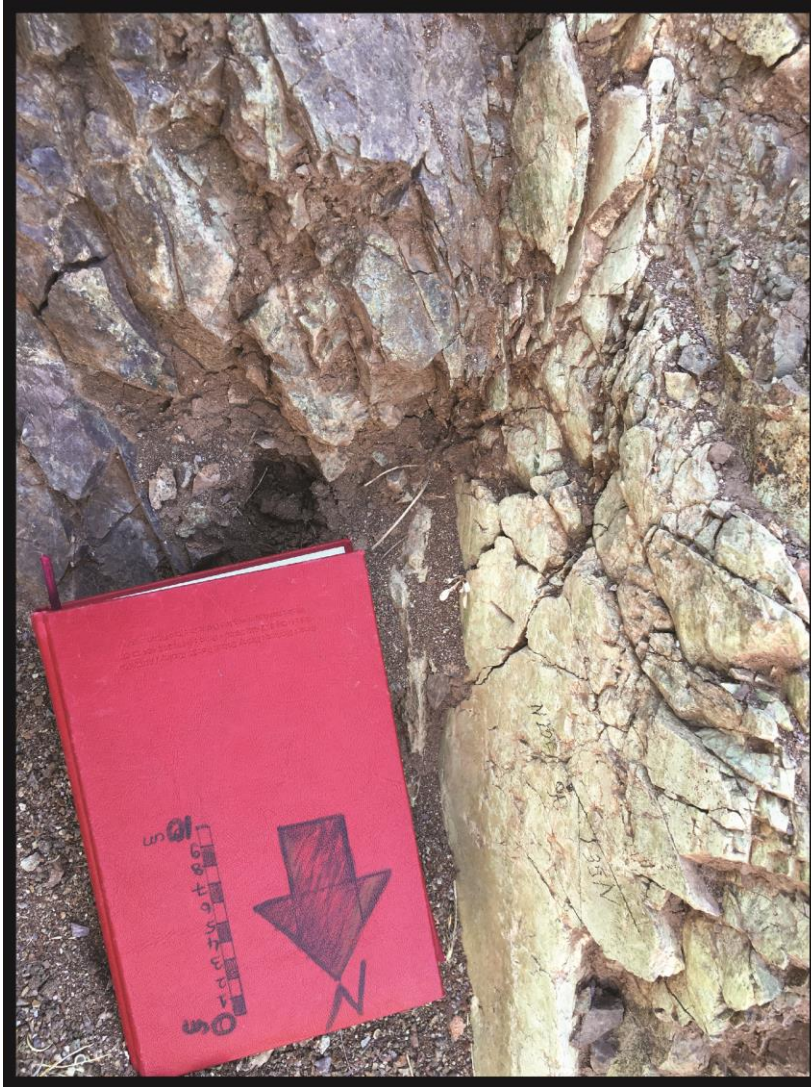
Şekil 6.17. 3 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.5. 3 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

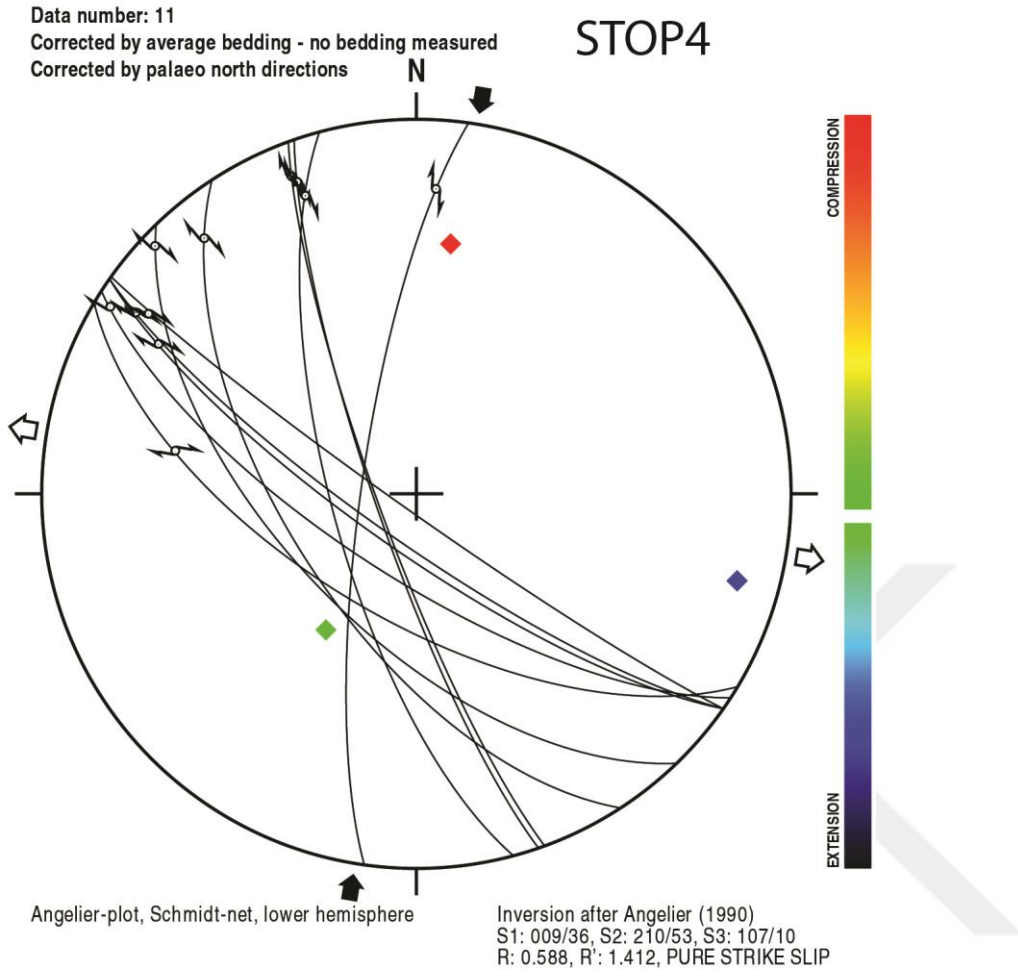
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
3	4	304/57	204/08	109/31	0.245	KB-GD GENİŞLEME

6.7.4. Dört Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Dörtbölük köyü (Sivrice) civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.18). Dört numaralı istasyondan toplanan 11 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.19 ve Tablo 6.6 'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.18. 4 numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.19. 4 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

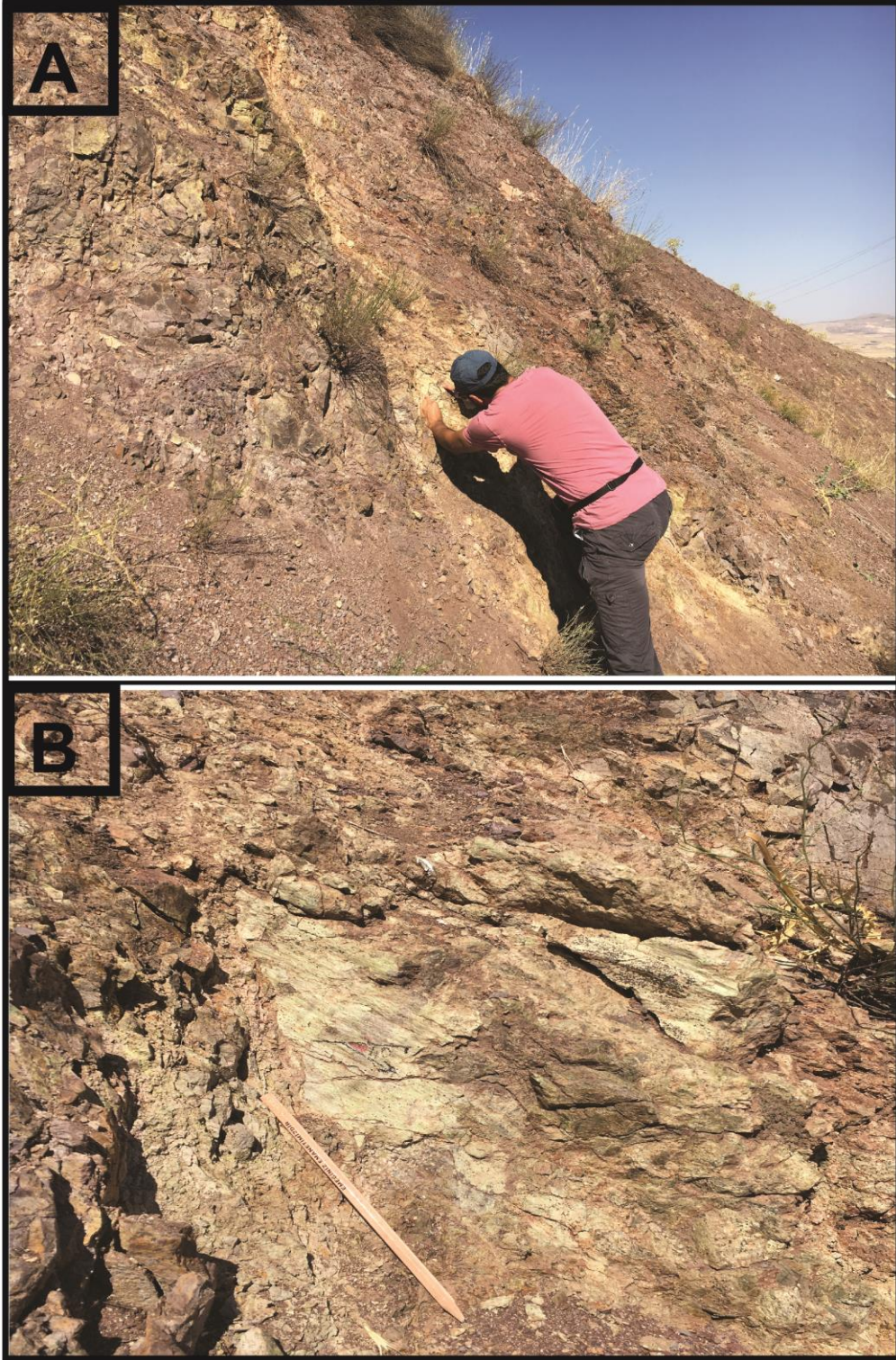
Tablo 6.6. 4 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
4	11	009/36	210/53	107/10	0.588	SAF DOĞRULTU ATIM

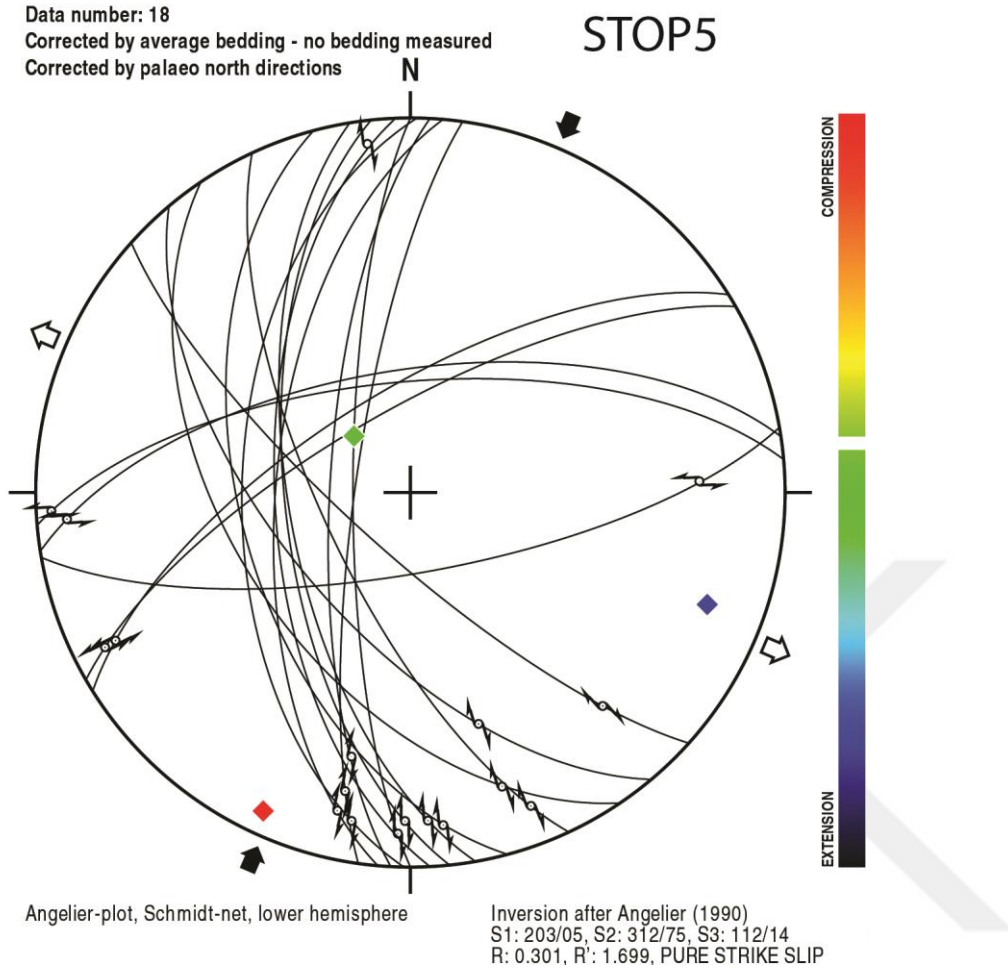
6.7.5. Beş Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Dörtbölük köyü (Sivrice) civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.20). Beş numaralı istasyondan toplanan 18 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.21 ve Tablo 6.7 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.





Şekil 6.20. A) ve B) 5 numaralı istasyona ait Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı volkanitleri içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.21. 5 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.7. 5 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

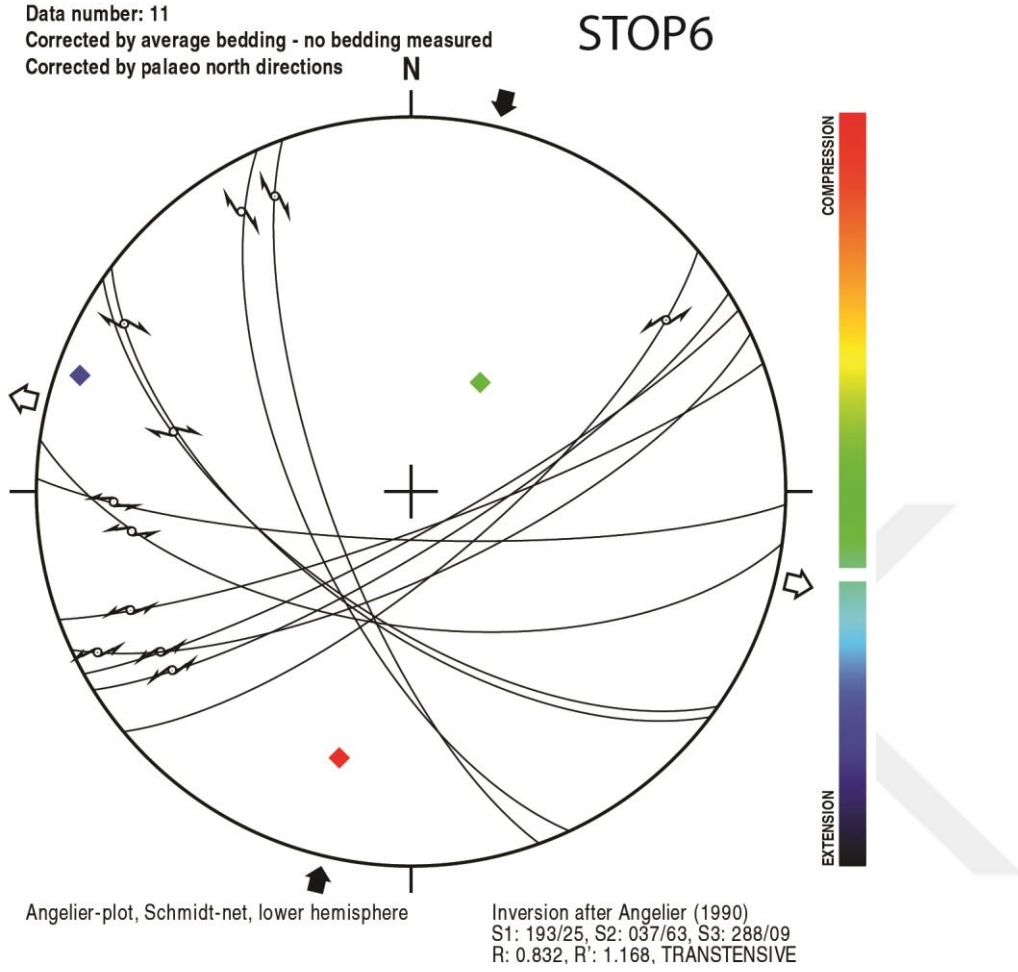
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
5	18	203/15	312/75	112/14	0.301	SAF DOĞRULTU ATIM

6.7.6. Altı Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Kürk köyü (Sivrice) civarı Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.22). Altı numaralı istasyondan toplanan 11 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.23 ve Tablo 6.8 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.22. 6 numaralı istasyona ait Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.23. 6 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

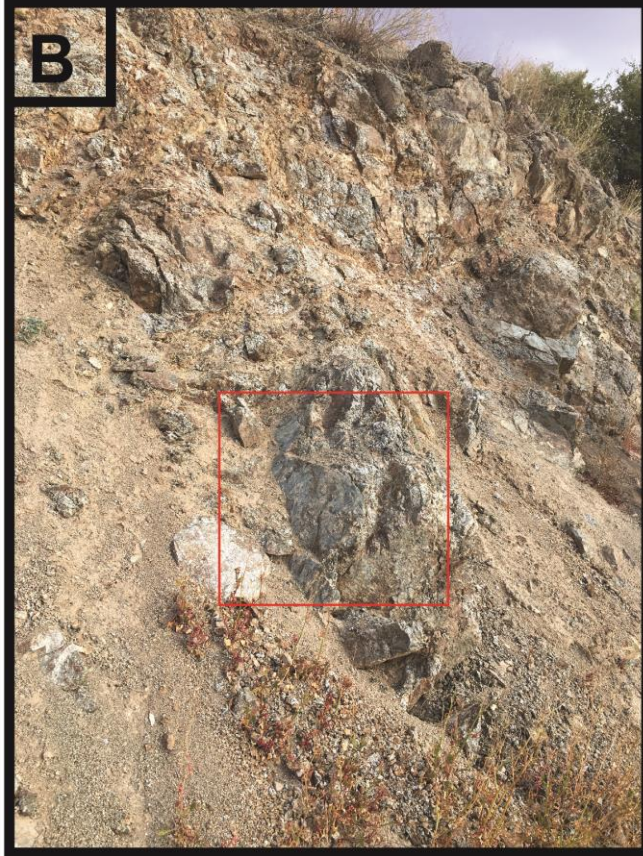
Tablo 6.8. 6 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
6	11	193/25	037/63	288/09	0.832	TRANSTANSİYONEL

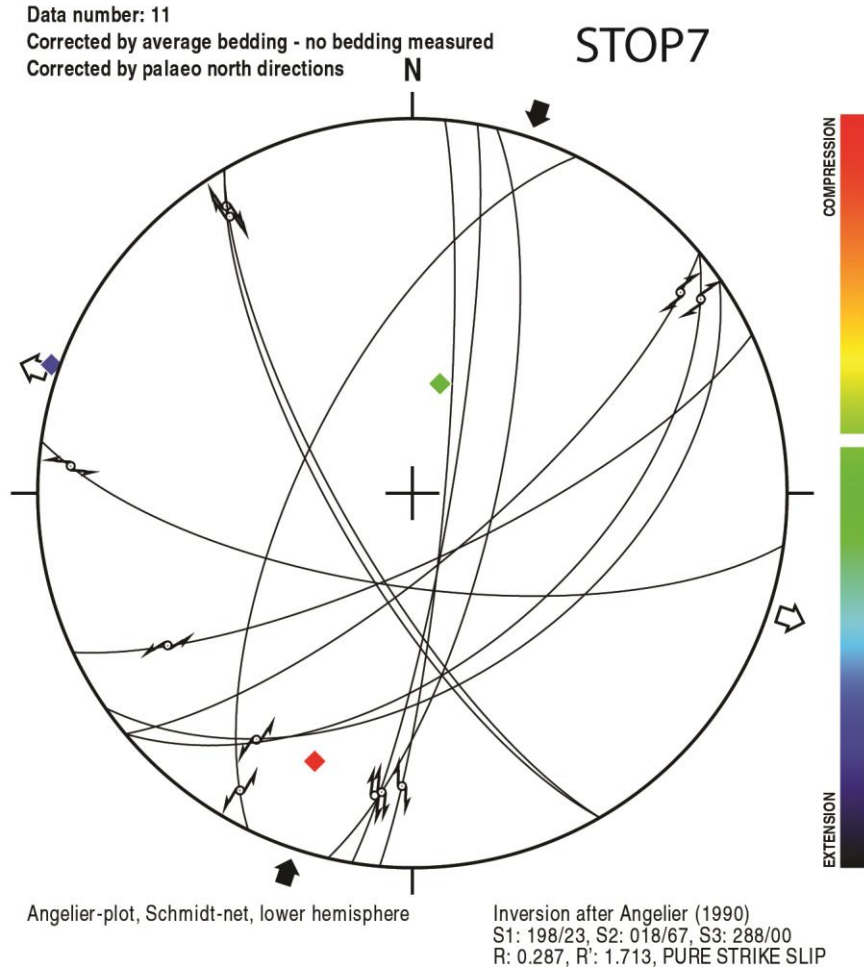
6.7.7. Yedi Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Karaçalı köyü (Sivrice) civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.24). Yedi numaralı istasyondan toplanan 11 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.25 ve Tablo 6.9 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.





Şekil 6.24. A) ve B) 7 numaralı istasyona ait Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemleri



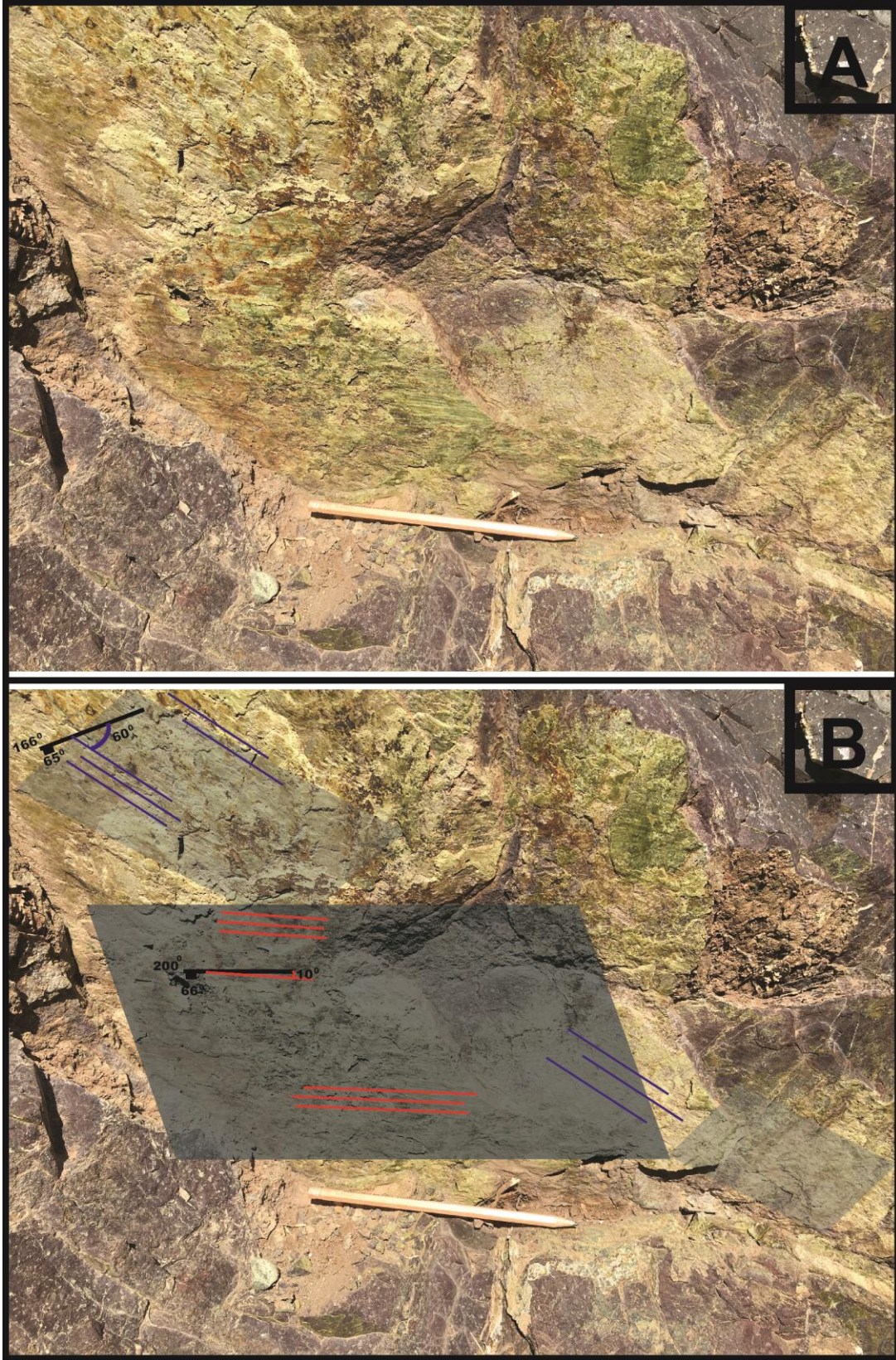
Şekil 6.25. 7 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.9. 7 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
7	11	198/23	018/67	288/0	0.277	SAF DOĞRULTU ATIM

6.7.8. Sekiz Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Elazığ-Diyarbakır karayolu 23.km Gözebaşı köyü (Sivrice) civarı Geç Kretase yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.26). Sekiz numaralı istasyondan toplanan 27 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.27, 6.28 ve Tablo 6.10 'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında iki farklı tektonik rejim olduğu görülmüştür. Aynı fay düzlemi üzerinde farklı yönelimli ve türde fayların bulunması ve bu faylardan birinin diğerinden daha eski olması nedeniyle iki farklı fazın varlığı görülmüştür. Herbir faz için ölçümler ayrı ele alınıp ayrı değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre 8A istasyonunda KB-GD genişleme tektonik rejimi etkin iken, 8B istasyonunda doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.



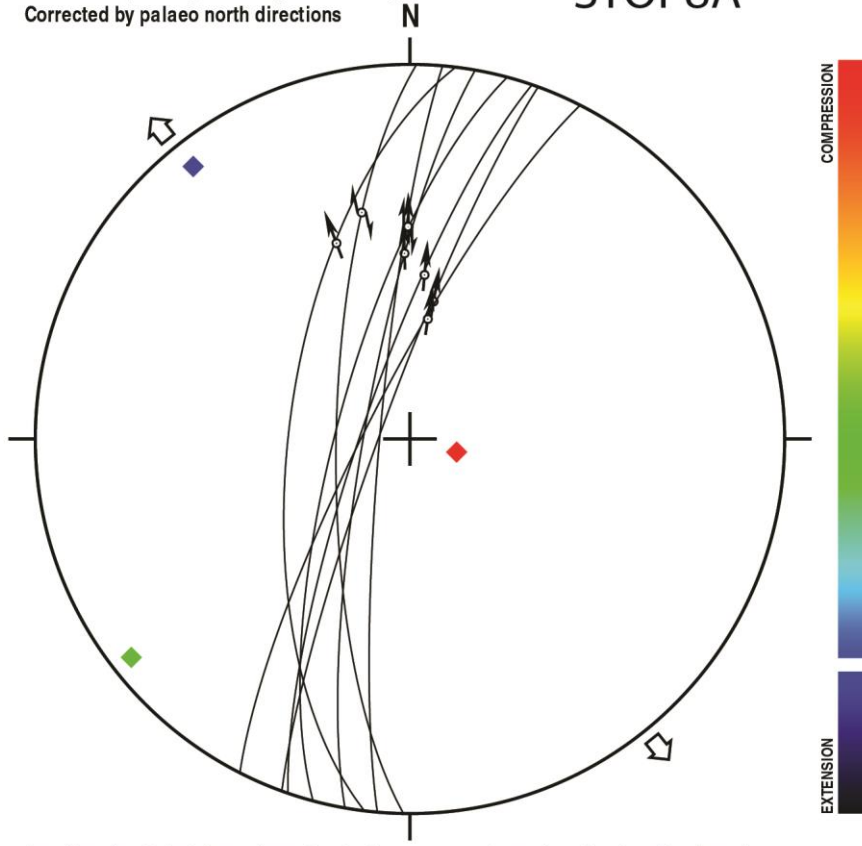
Şekil 6.26. A) 8 numaralı istasyona ait Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi, B) aynı fay düzlemi üzerinde iki farklı faza ait kayma çizikleri

Data number: 8

Corrected by average bedding - no bedding measured

Corrected by palaeo north directions

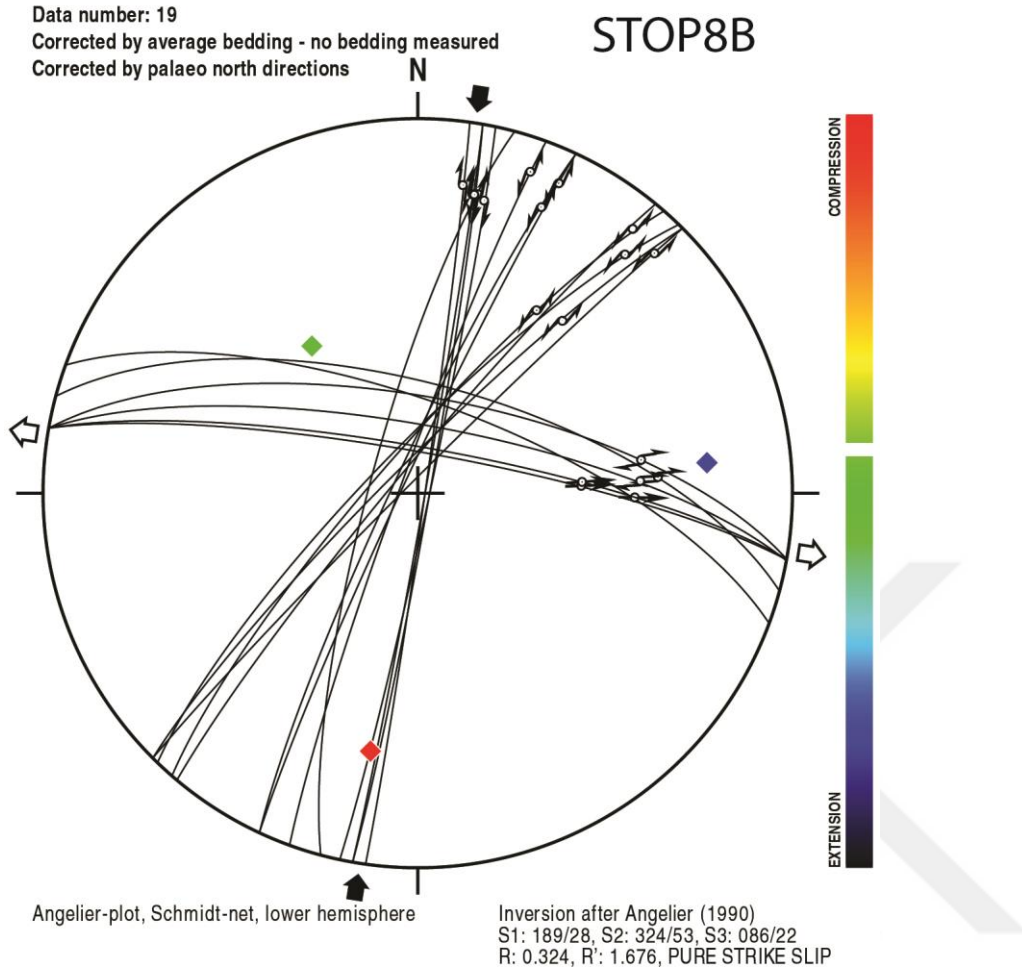
STOP8A



Angelier-plot, Schmidt-net, lower hemisphere

Inversion after Angelier (1990)
S1: 115/78, S2: 230/05, S3: 321/11
R: 0.596. R': 0.596. PURE EXTENSIVE

Şekil 6.27. 8A numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı



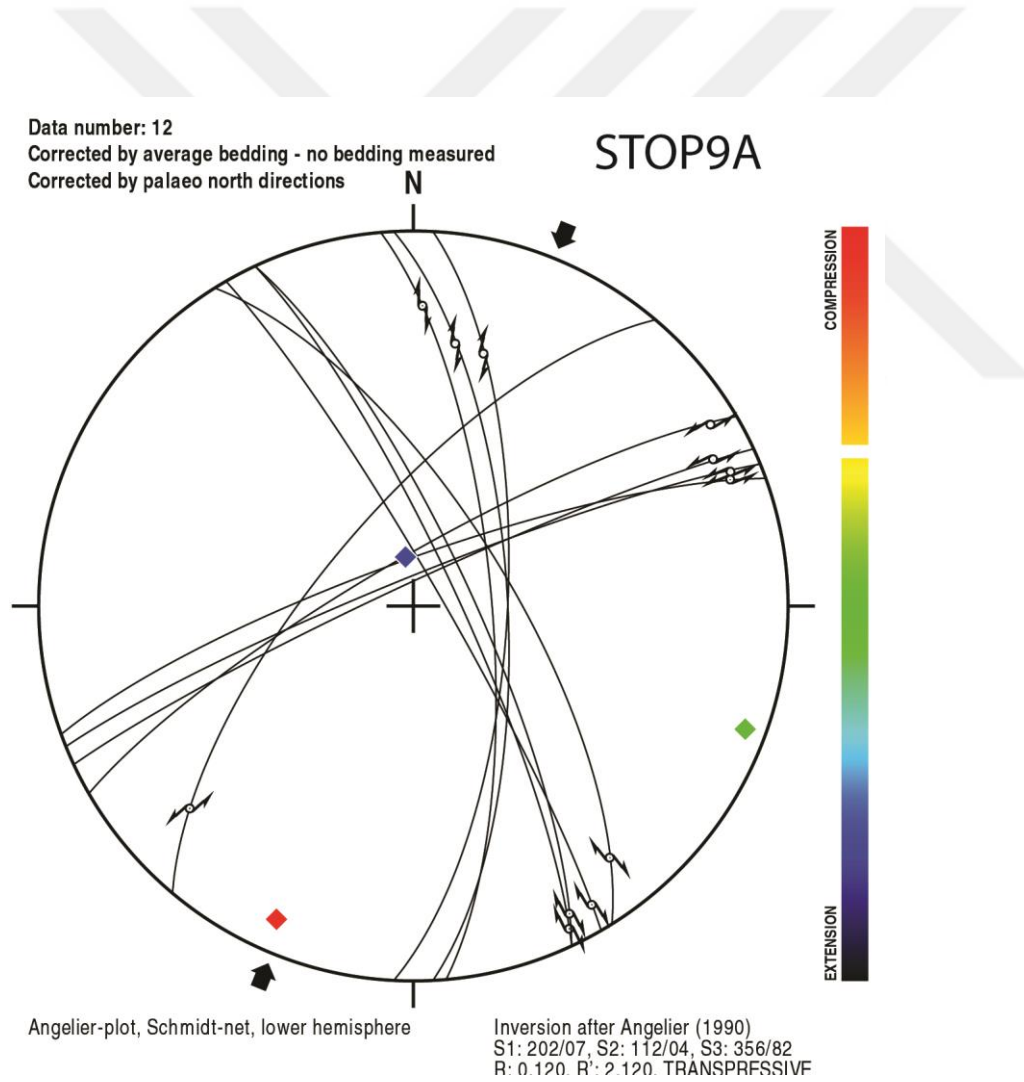
Şekil 6.28. 8B numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.10. 8 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

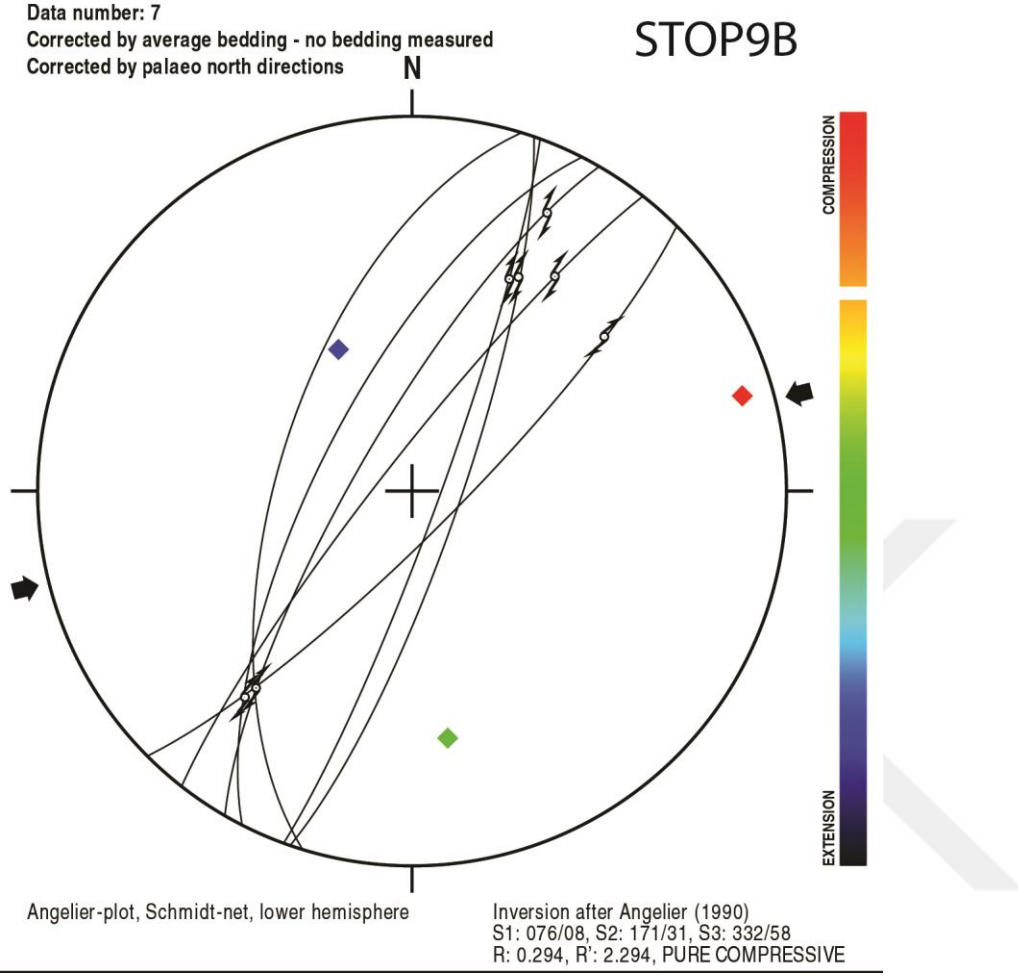
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
8A	08	115/78	235/05	311/11	0.596	KB-GD SAF GENİŞLEME
8B	19	189/28	324/53	086/22	0.324	SAF DOĞRULTU ATIM

6.7.9. Dokuz Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Elazığ-Diyarbakır karayolu 19. km Yedigöze köyü (Sivrice) civarı Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır. Dokuz numaralı istasyondan toplanan 19 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.29, 6.30 ve Tablo 6.11 'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında iki farklı tektonik rejim olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre 9A istasyonunda transpresiyonel tektonik rejimi etkin iken, 9B istasyonunda KD-GB saf sıkışma tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.29. 9A numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı



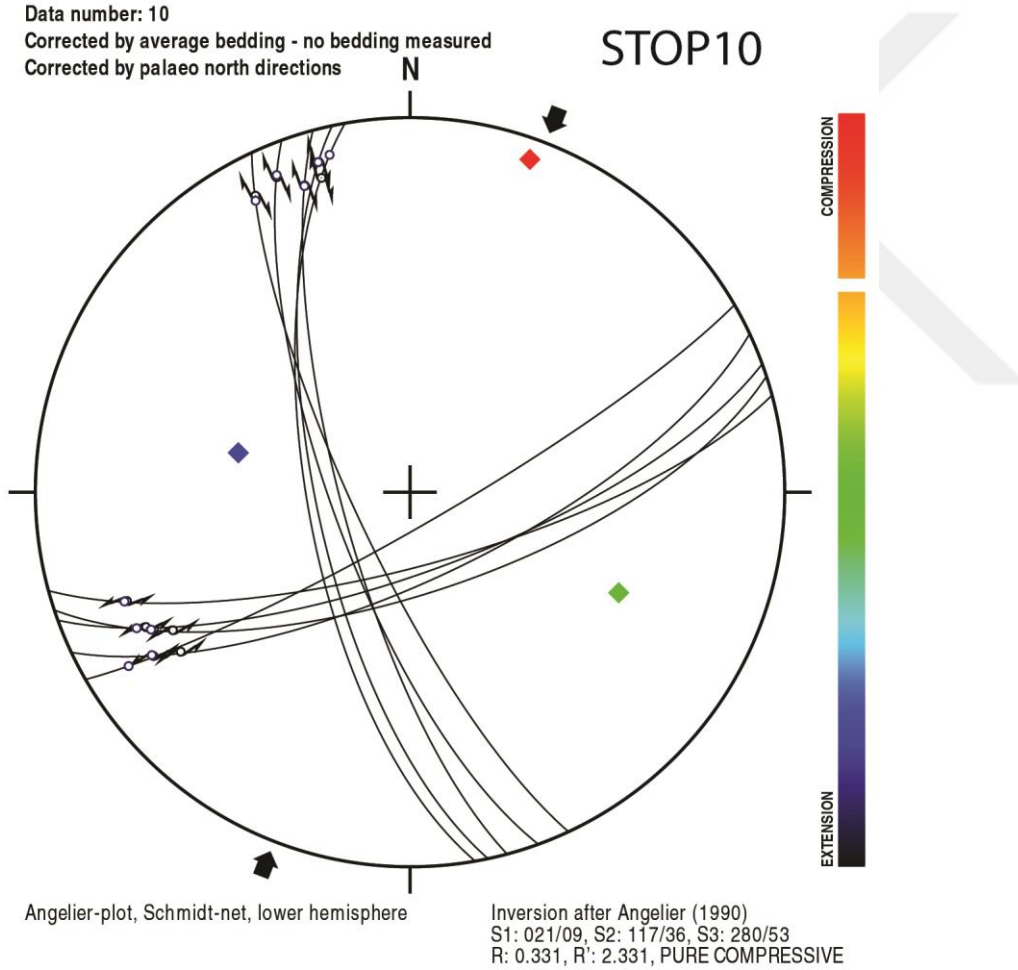
Şekil 6.30. 9B numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.11. Dokuz numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
9A	12	202/07	112/04	356/82	0.120	TRANSPRESİYONEL
9B	7	076/08	171/31	332/58	0.294	KD-GB SAF SIKIŞMA

6.7.10. On Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Elazığ-Diyarbakır karayolu 34.km Günay köyü (Sivrice) civarı Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır. On numaralı istasyondan toplanan 10 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.31 ve Tablo 6.12 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KD-GB saf sıkışma tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.31. 10 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

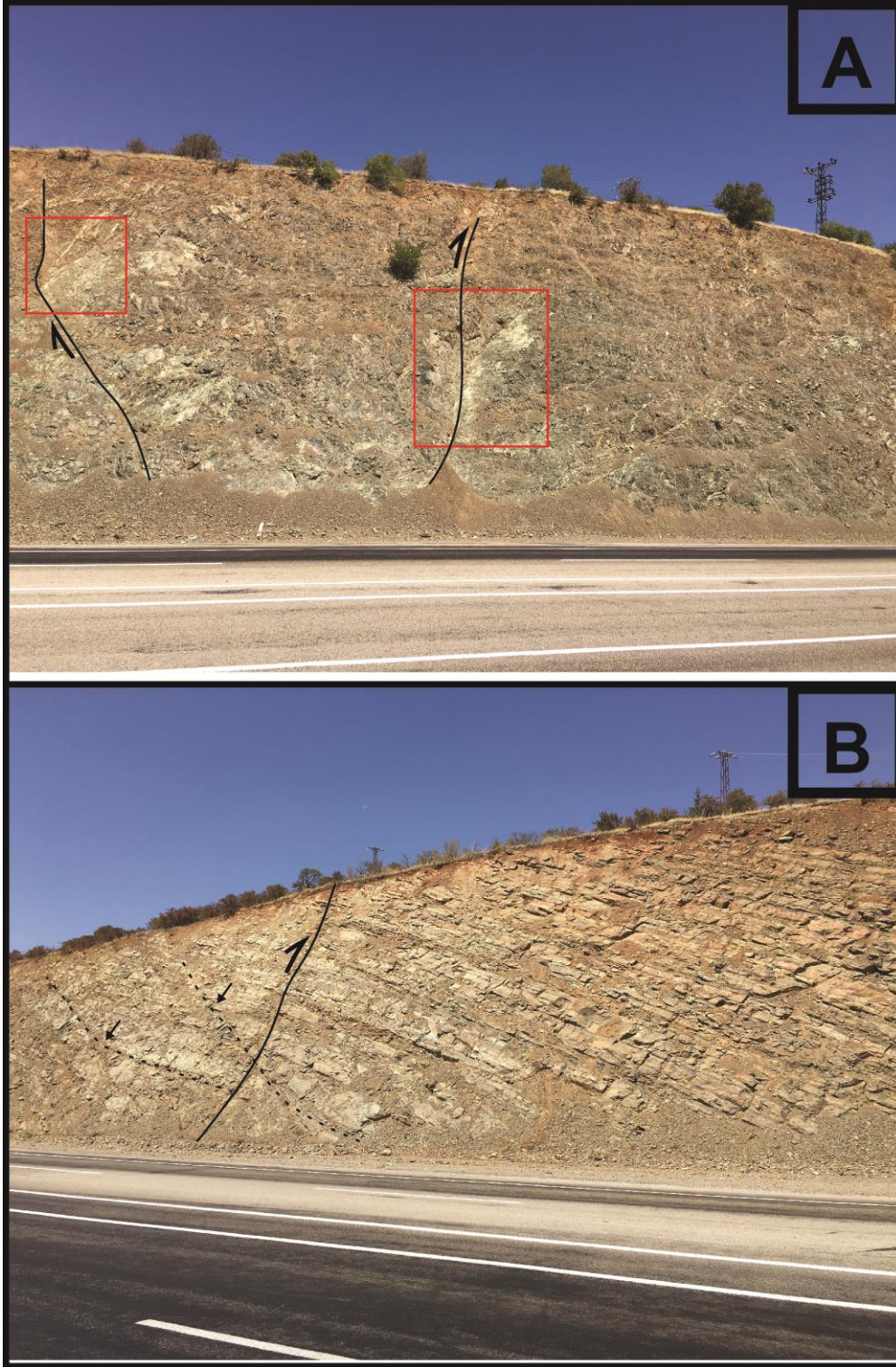
Tablo 6.12. 10 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
10	10	021/09	117/36	280/53	0.331	KKD-GGB SAF SIKIŞMA

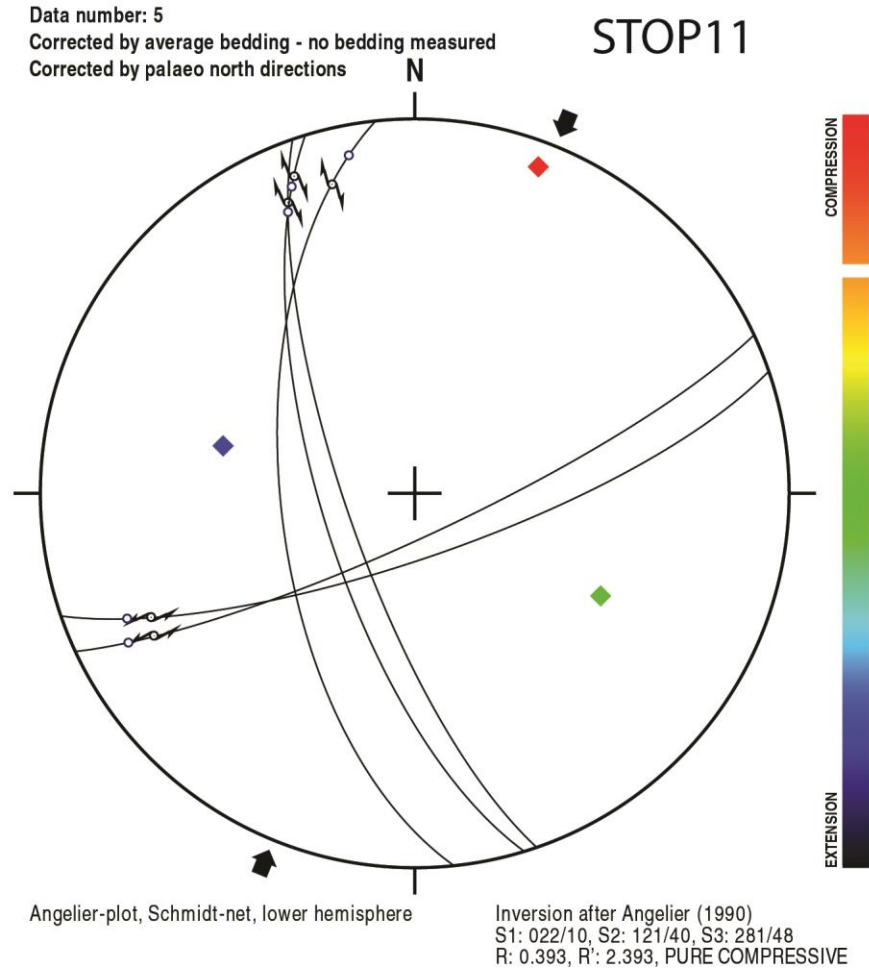
6.7.11. Onbir Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Elazığ-Diyarbakır karayolu 37.km Günay köyü (Sivrice) civarı Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kil taşları içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.32). Onbir numaralı istasyondan toplanan 5 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.33 ve Tablo 6.13 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KD-GB saf sıkışma tektonik rejimi hâkimdir.





Şekil 6.32. A) 10 numaralı istasyona ait Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri volkanitleri içerisindeki fay düzlemi, B) 11 numaralı istasyona ait Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kil taşları içerisindeki fay düzlemi



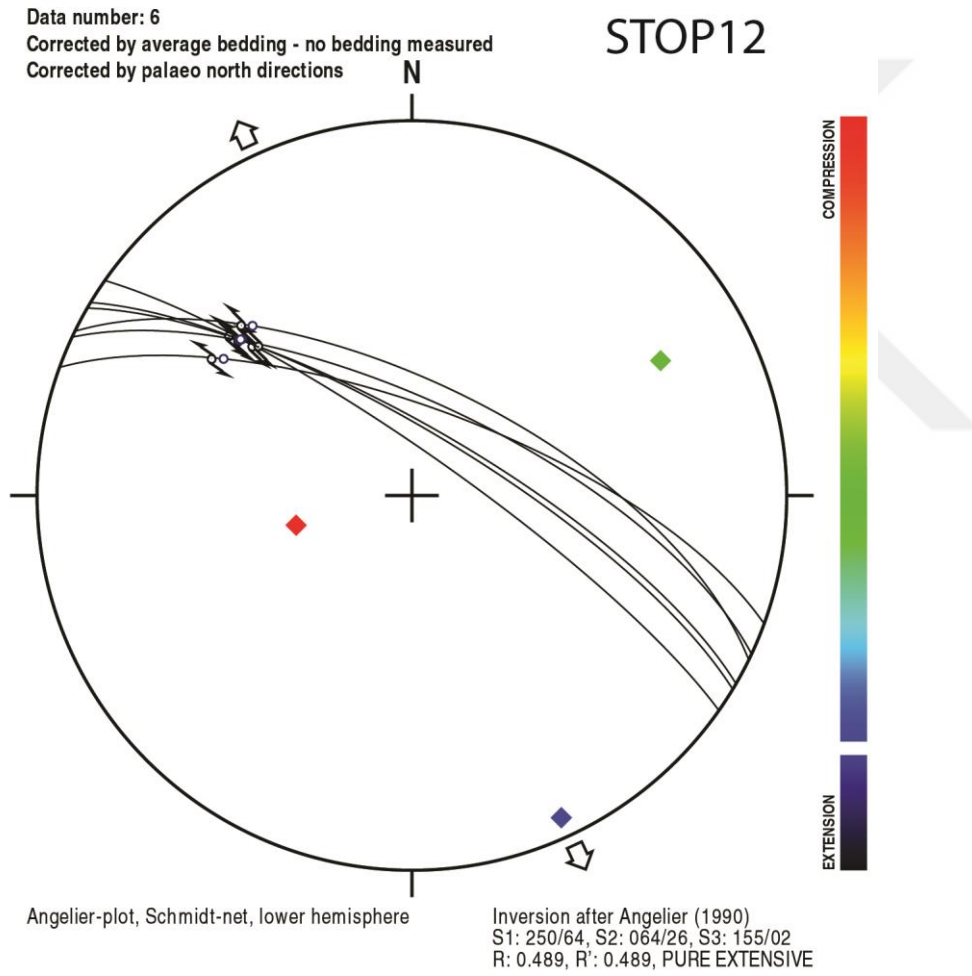
Şekil 6.33. 11 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.

Tablo 6.13. 11 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
11	05	022/10	121/40	281/48	0.393	~KKD-GGB SAF SIKIŞMA

6.7.12. Oniki Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Gezin beldesi civarı Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kil taşları içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır. Oniki numaralı istasyondan toplanan 6 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.34 ve Tablo 6.14 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KB-GD saf genişleme tektonik rejimi hâkimdir.



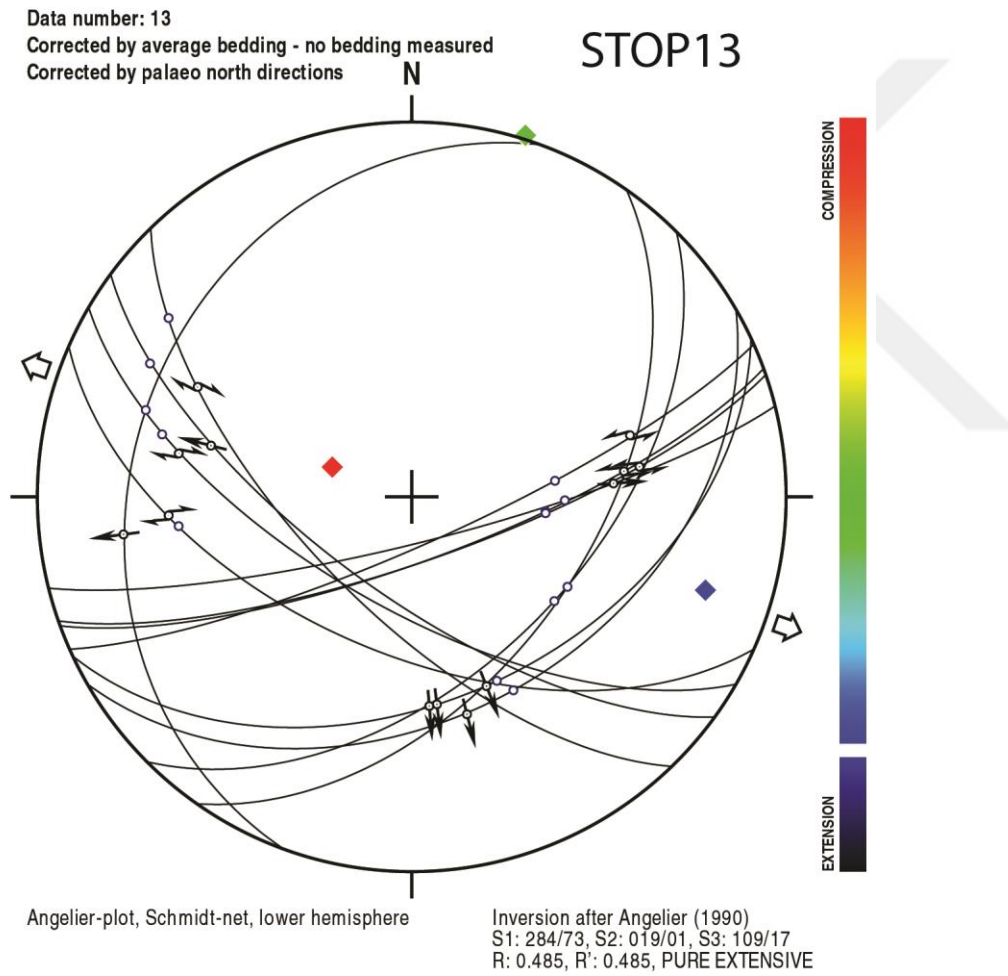
Şekil 6.34. 12 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.

Tablo 6.14. 12 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
12	06	250/64	064/26	155/02	0.489	KB-GD SAF GENİŞLEME

6.7.13. Onüç Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Gezin beldesi civarı Orta Eosen yaşlı Maden Karmaşığı'na ait volkanitler içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır. Onüç numaralı istasyondan toplanan 13 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.35 ve Tablo 6.15 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KB-GD saf genişleme tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.35. 13 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı.

Tablo 6.15. 13 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
13	13	284/73	019/01	109/17	0.485	KB-GD SAF GENİŞLEME

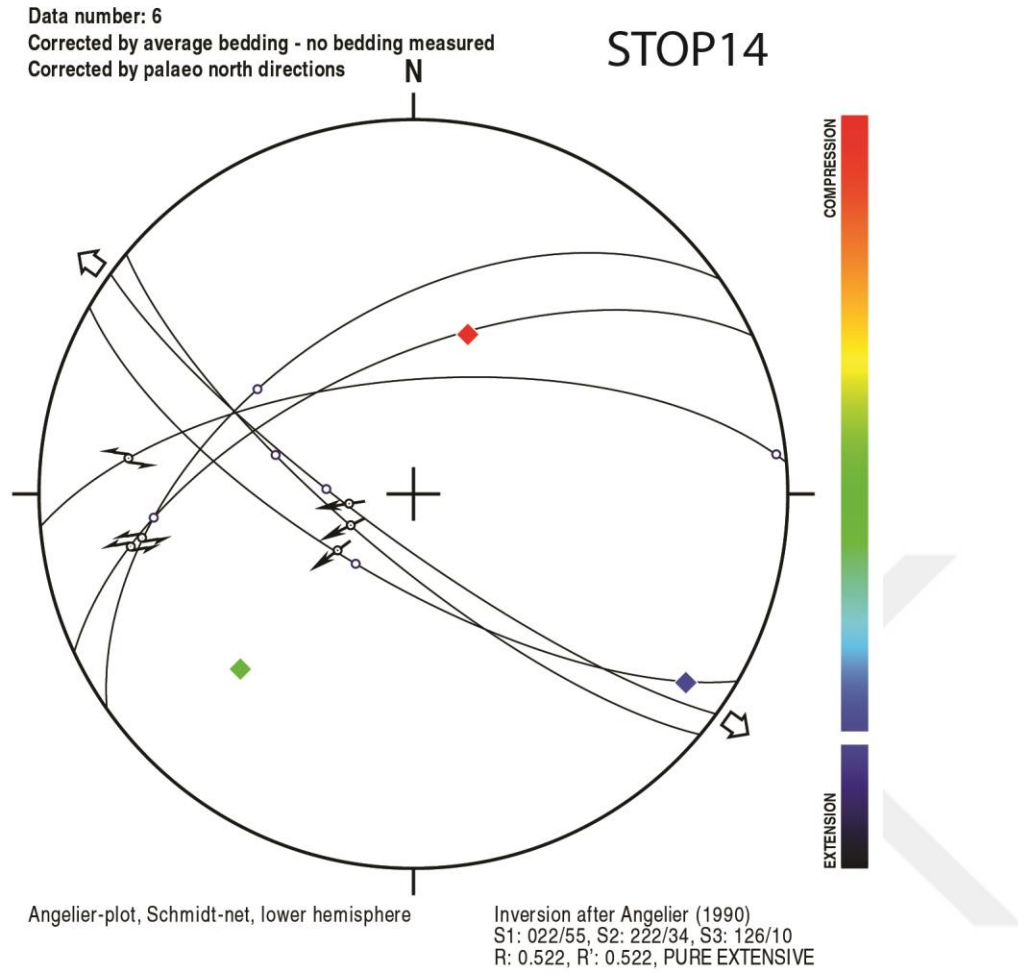
6.7.14. Ondört Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Gezin beldesi civarı Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Elazığ Hazar Grubu'na ait kireçtaşları içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.36). Ondört numaralı istasyondan toplanan 6 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.37 ve Tablo 6.15 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KB-GD saf genişleme tektonik rejimi hâkimdir.





Şekil 6.36. 14 numaralı istasyona ait Geç Maastrichtiyen-Erken Eosen yaşlı Hazar Grubu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.37. 14 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.16. 14 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

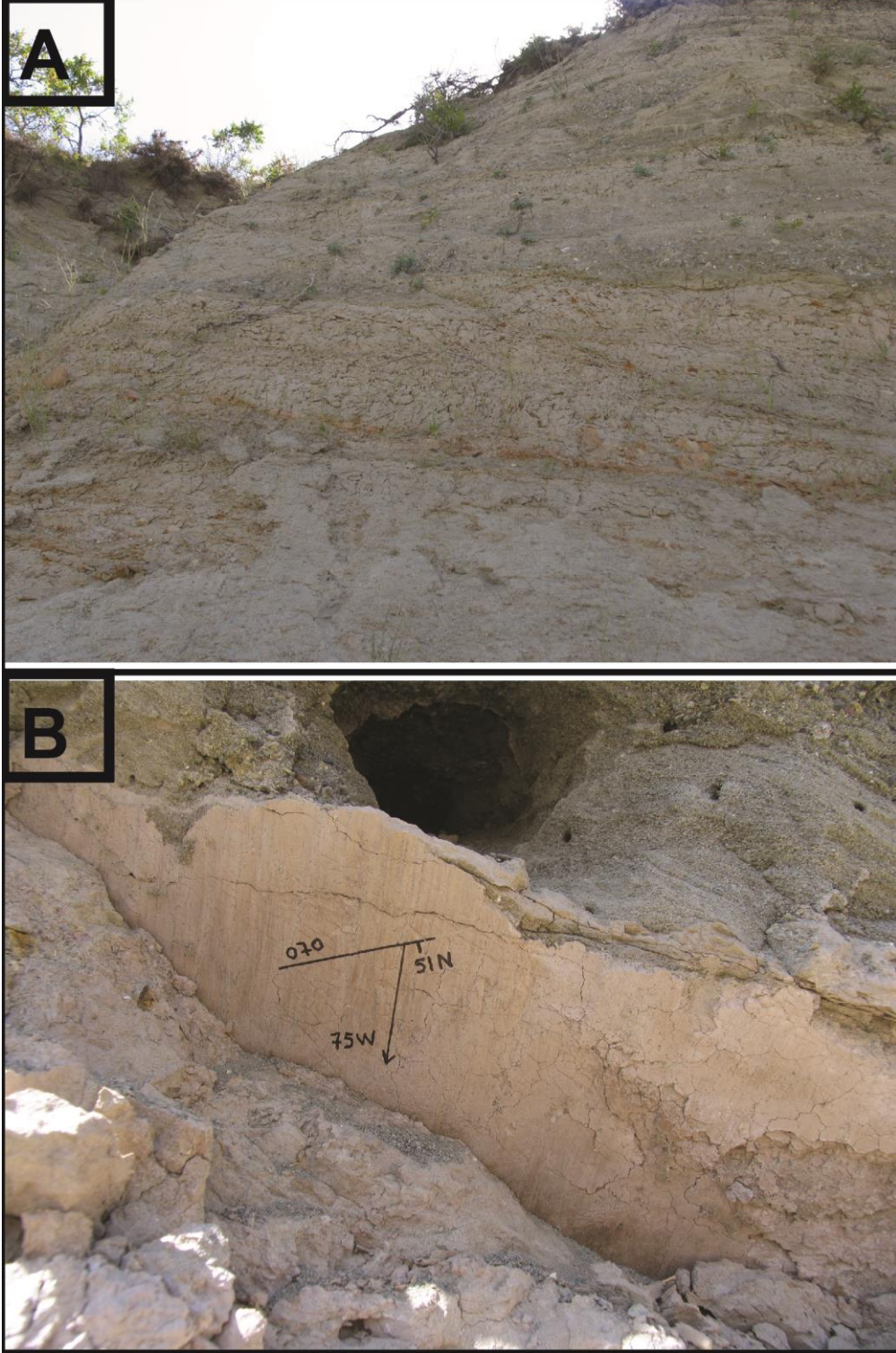
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
14	06	022/55	222/34	126/10	0.522	KB-GD SAF GENİŞLEME

6.7.15. Onbeş Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Palu ilçesi Kuşhane köyü yol ayrımı Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu'na ait çökelleri içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.38 ve 6.39). Onbeş numaralı istasyondan toplanan 23 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.40, 6.41 ve Tablo 6.17 'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında iki farklı tektonik rejim olduğu görülmüştür. Analiz sonuçlarına göre 15A istasyonunda saf doğrultu atımlı tektonik rejimi etkin iken, 15B istasyonunda KB-GD saf sıkışma tektonik rejimi hâkimdir.



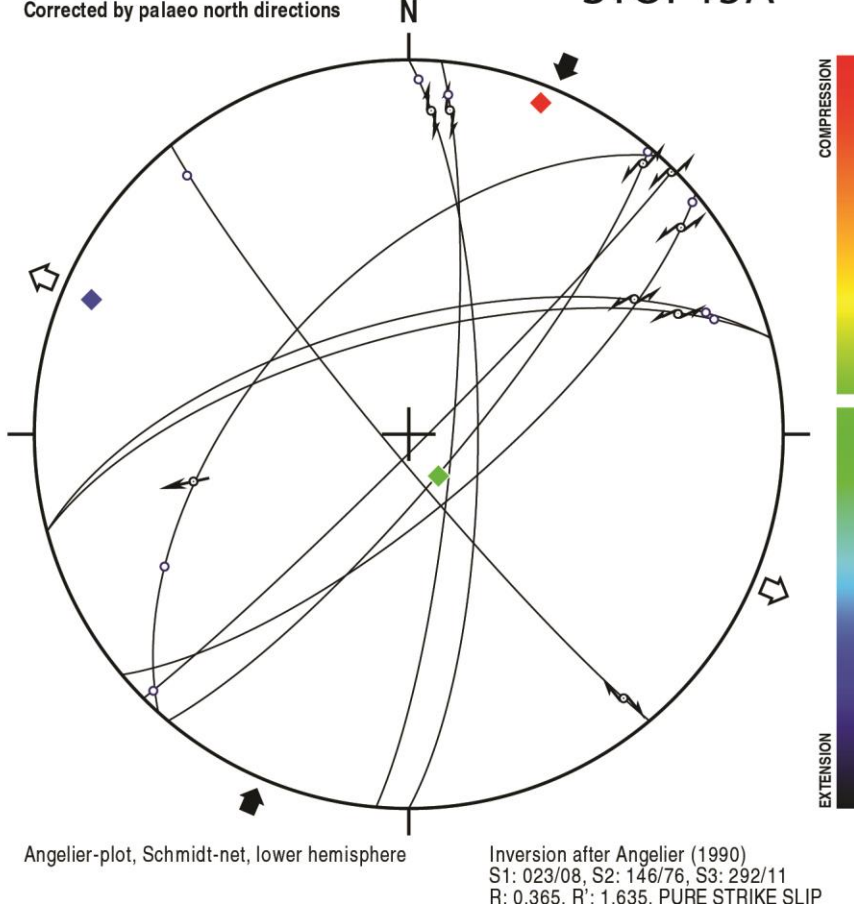
Şekil 6.38. 15A numaralı istasyona ait Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu birimleri içerisinde gelişmiş fay



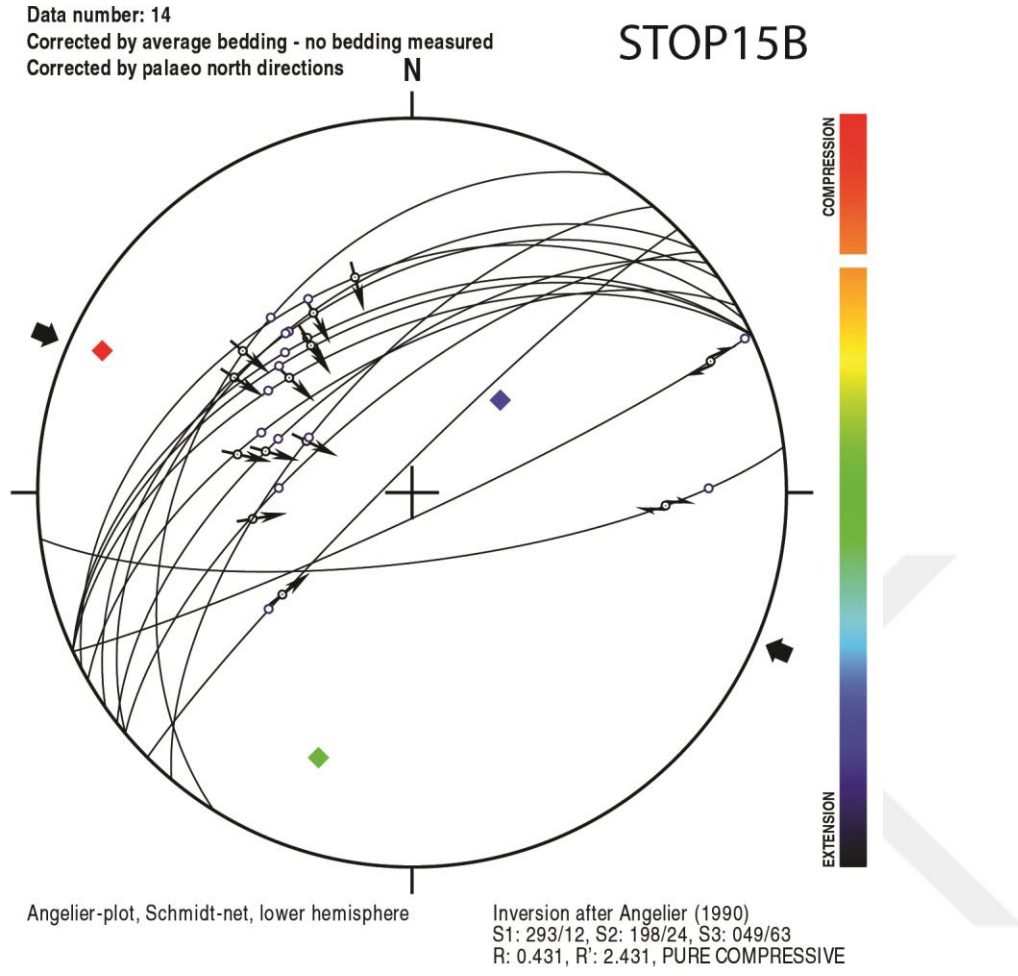
Şekil 6.39. 15B numaralı istasyona ait Pliyo-Kuvaterner yaşlı Palu Formasyonu birimleri içerisindeki fay düzlemi

Data number: 9
Corrected by average bedding - no bedding measured
Corrected by palaeo north directions

STOP15A



Şekil 6.40. 15A numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı



Şekil 6.41. 15B numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.17. 15 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

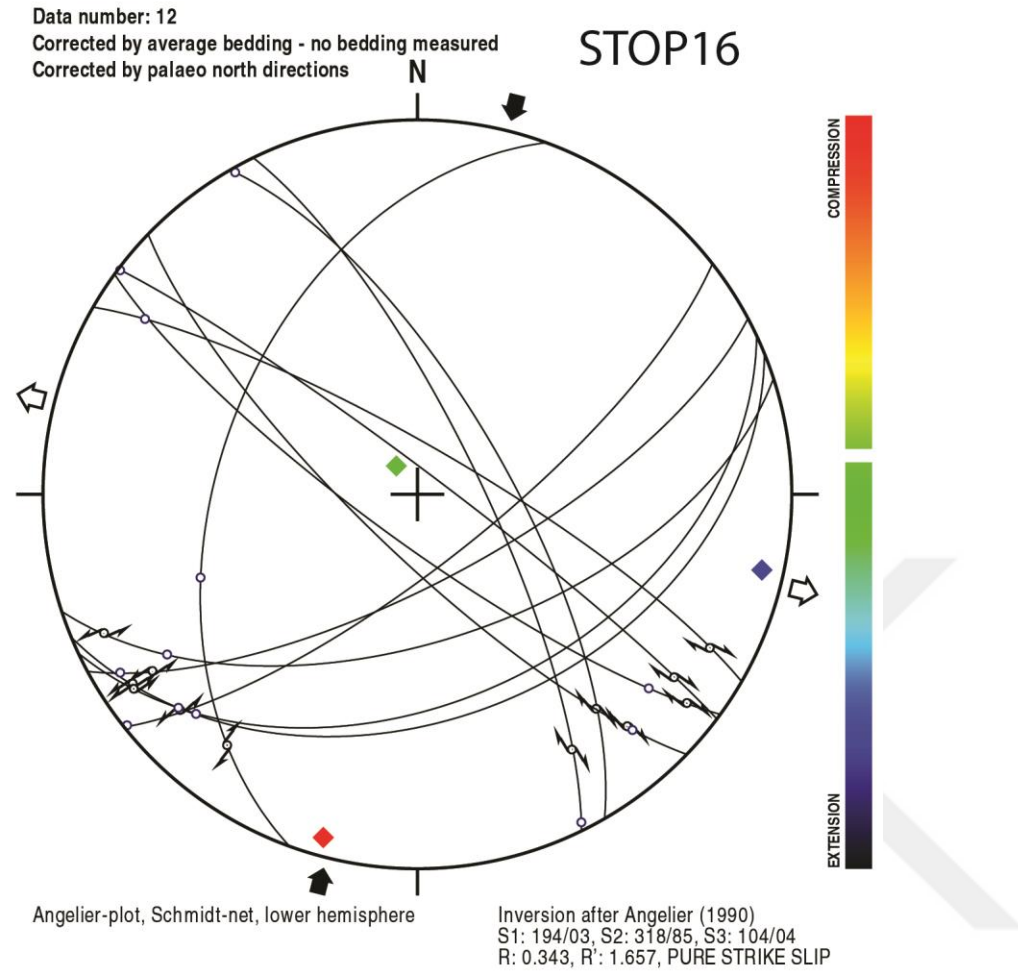
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
15A	09	023/08	146/76	292/11	0.365	SAF DOĞRULTU ATIM
15B	14	293/12	198/24	049/63	0.431	KB-GD SAF SIKIŞMA

6.7.16. Onaltı Numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Palu kalesi civarı Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.42). Onaltı numaralı istasyondan toplanan 12 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.43 ve Tablo 6.18 'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında saf doğrultu atım tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.42. 16 numaralı istasyona ait Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.43. 16 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.18. 16 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

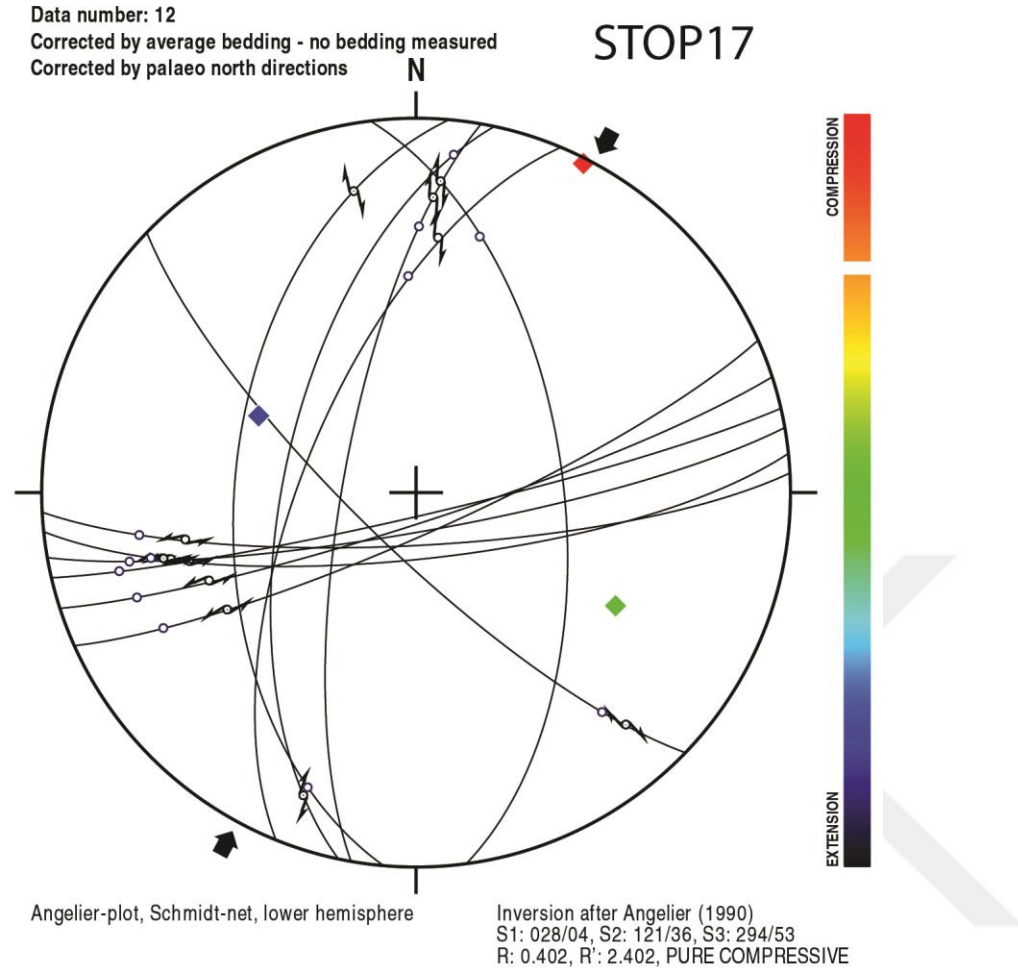
İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
16	12	194/03	318/85	104/04	0.343	SAF DOĞRULTU ATIM

6.7.17. Onyeddi numaralı İstasyona Ait Kinematik Analiz Sonuçları

Palu kalesi civarı Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisinde fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin SG2PS programı yardımıyla analizi yapılmıştır (Şekil 6.44). Onyeddi numaralı istasyondan toplanan 12 adet fay kinematik verilerinin SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 6.45 ve Tablo 6.19 'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre inceleme alanında KD-GB saf sıkışma tektonik rejimi hâkimdir.



Şekil 6.44. 17 numaralı istasyona ait Orta Eosen-Üst-Oligosen yaşlı Kırkgeçit Formasyonu'na ait kireçtaşları içerisindeki fay düzlemi



Şekil 6.45. 17 numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısı

Tablo 6.19. Onyedli numaralı istasyona ait kinematik verilerin SG2PS program çıktısına ait sayısal bilgiler

İstasyon	Veri Sayısı	S1	S2	S3	R	Açıklama
17	12	028/04	121/36	294/53	0.402	KD-GB SAF SIKIŞMA

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Türkiye'nin en önemli kıta içi aktif fay sistemlerinden biri olan Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Palu ve Uslu arasındaki bölümünün geometrisi, deformasyon mekanizması ve kinematik özellikleri konuları literatürde tartışmalı veya eksiktir. Yukarıda sözü edilen konuların açığa kavuşturulması amacıyla yürütülen bu tez çalışmasında su sonuçlara ulaşılmıştır;

1. Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin (DAFS) Palu ve Uslu arasındaki bölümünün geometrisini ortaya koymak amacıyla farklı zamanlarda birçok çalışmacı tarafından çalışılmıştır. Koçyiğit vd. (2003) Sivrice Fayı'nın Neotektonik karakteristikleri konulu çalışmada DAFS'nin Palu ile Sivrice arasındaki bölümü ayrıntılı olarak haritalanmıştır. Aksoy vd. (2007) tarafından yapılan Hazar Gölü Havzası Negatif Çiçek Yapısı başlıklı çalışmayla Hazar Gölü güneyindeki fayların geometrileri ve karakterleri belirlenerek bu fayların önemli oranda normal bileşene sahip oldukları ve Hazar Gölü'nün klasik çek-ayır havza modelinden daha çok negatif çiçek yapısı olduğunu önermişlerdir. Duman ve Emre (2013) DAFS'nin geometrisi ve segment yapısı bu tezin çalışma alanını da kapsayacak şekilde ayrıntılı olarak haritalandırılmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında DAFS'nin Palu-Uslu arasındaki bölümü ASTER GDEM verileri kullanılarak elde edilen; sayısal yükseklik modeli, akarsu drenaj ağları ve ilgili kurumların internet sayfaları üzerinden elde edilen aletsel dönem deprem aktivitesi sayısal tabanlı programlarla çalıştırılarak bölgenin tümünü kapsayan 1/100.000 ölçekli ayrıntılı fay haritası hazırlanmıştır (Ek-1). İlk kez Aksoy vd. (2007) Hazar Gölü Havzası Negatif Çiçek Yapısı başlıklı çalışmayla DAFS'ne dâhil edilen Adıyaman Fay Sistemi ve Uluova Fay Sistemi bu tez çalışması kapsamında haritalanarak ve çalışma alanına dâhil edilerek DAFS'nin daha iyi anlaşılabilmesi amaçlanmıştır.

2. Tez kapsamında ilk kez DAFS'nin Palu-Uslu arasındaki bölümünde Landsat (4-5) Thematic Mapper (TM) uydu görüntüsü üzerinden otomatik yöntemle çizgiselliklerin çıkarımı ve bu çizgiselliklerin gül diyagram analizi yapılmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışma neticesinde çalışma alanı içerisinde 101 adet çizgisellik belirlenmiştir. Belirlenen çizgisel yapıların toplam uzunlukları ise 1.286,789 km olarak hesaplanmıştır. Program çıktısına göre tüm bu çizgisel yapıların ortalama olarak 74.7^0 gidişli olduğu tespit edilmiştir.

Gül diyagramından elde edilen sonuçlara göre çalışma alanında iki ana çizgisellik doğrultusu belirlenmiştir. Bunlar $K55^0D$ ve $K85^0D$ yönlü olan çizgiselliklerdir. Bu çizgisel yapılardan $K55^0D$ doğrultulu olan yapıların daha genç olduğu çalışma alanının en önemli yapısı olan ve doğrultusu yaklaşık $K60^0D$ olan DAFS'ne yaklaşık paralel olmasından dolayı düşünülmektedir.

3. Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nin tektonik evrimini açıklamak amacıyla Kaymakçı vd. (2006) tarafından yapılan Malatya ve Ovacık Fayları'nın Kinematığı başlıklı çalışma, Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan Geç Kretase'den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematığı başlıklı çalışma ve Kaymakçı vd. (2013) tarafından yapılan Sürgü Fayı'nın Kinematığı başlıklı çalışmalar önemlidir.

DAFS'nin Palu-Uslu arasındaki bölümünde bugüne kadar bu kadar ayrıntılı hiçbir kinematik analiz çalışması yürütülmemiştir. Bu çalışma kapsamında bölgenin tektonik evriminin açıklanmasında Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan Geç Kretase' den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematığı başlıklı çalışmasında paleomanyetizma verilerinden elde ettiği yaş aralıkları ve tektonizma ilişkisi kullanılmıştır. Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan çalışmaya göre Güneydoğu Anadolu bölgesinde Kretase' den günümüze kadar 5 önemli deformasyon dönemi tanımlanmıştır.

Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan çalışmaya göre en yaşlı deformasyon evresi Paleosen-Orta Eosen (60my ile 40-35my) aralığında gerçekleşmiştir. Neo-Tetis Okyanusu'nun güney kolunun kuzeye yitimi sırasında litosferin dikleşmesine bağlı olarak üstteki levhada KD-GB doğrultulu bir genişleme rejimi etkin olmuştur. Araştırmacıya göre ikinci deformasyon evresi Geç Eosen-Oligosen (40-35 my ile 25 my) aralığında gerçekleşmiştir. Bir önceki evrede yüksek bir açı ile yitilen Neo-Tetis okyanusal litosferinin açısı bu evrede azalarak üstteki levhada KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimi etkin olmuştur. Neo-Tetis'in güney koluna ait litosferdeki eğimin azalmasının muhtemel

nedeni daha düşük yoğunluğa sahip genç litosferin yitimi ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Araştırmacıya göre üçüncü deformasyon evresi Geç Oligosen-Orta Miyosen(25-11 my) aralığında gerçekleşmiştir. Bu evrede Neo-Tetis'in güney koluna ait litosfer kopmuş ve üstündeki levhada KB-GD doğrultulu genişleme rejimi etkin olmuştur. Araştırmacıya göre dördüncü deformasyon evresi Orta Miyosen- Pliyosen (Serravaliyen) (11-3.5 my) aralığında gerçekleşmiştir. Bu evrede Neo-Tetis' in yitimi tamamen bitmiş ve Anadolu Levhası ile Arabistan Levhası çarpışmaya başlamıştır. Bu evrede kıtasal kalınlaşma hâkimdir ve bölge yaklaşık K-G sıkışma etkisinde kalmıştır. Araştırmacıya göre beşinci ve son deformasyon evresi Pliyosen (3.5 my-günümüz) aralığında gerçekleşmektedir. Bu evrede kıtasal kalınlaşma yerini doğrultu atım tektoniğine bırakmıştır. DAFS ve KAFS gibi önemli doğrultu atımlı sistemler tamamen belirgin hale gelmiştir. Bu evrede bölge yaklaşık KD-GB sıkışma etkisinde kalmıştır. Araştırmacıya göre dördüncü ve beşinci evre arasındaki en önemli fark sıkışma etkisi altındaki bölgede dördüncü evrede S3 düşey konumlu iken, beşinci evrede S2 düşey hale gelmiştir.

Tez kapsamında DAFS'nin Palu-Uslu arasındaki bölümünde 17 farklı istasyonda doğrudan fay düzlemi üzerinden toplamda 192 adet kinematik veri toplanarak fay kinematik analizleri çalışmaları yürütülmüştür (Tablo 7.1 ve Tablo 7.2). Çalışma alanında yürütülen fay kinematik analizleri çalışmalarından şu sonuçlar elde edilmiştir;

Tablo 7.1. Çalışma alanı içerisinde ölçüm yapılan istasyonlar ve bu istasyonlardan alınan ölçümlere ait genel bilgiler

İstasyon	S1	S2	S3	R	Sonuç
S1	212/10	305/15	089/72	0.682	KD-GB SAF SIKIŞMA
S2	024/49	191/40	286/06	0.728	KB-GD SAF GENİŞLEME
S3	304/57	204/08	109/31	0.245	KB-GD RADİAL GENİŞLEME
S4	009/40	209/48	108/10	0.596	KKD-GGB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S5	203/15	312/75	112/14	0.301	KD-GB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S6	193/25	037/63	288/09	0.832	KB-GD TRANSTANSİYONEL
S7	198/23	018/67	288/0	0.277	KKD-GGB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S8A	343/63	164/27	074/00	0.504	KB-GD SAF GENİŞLEME
S8B	189/28	324/53	086/22	0.324	KKD-GGB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S9A	202/07	112/04	356/82	0.120	KKD-GGB TRANSPRESİYONEL
S9B	076/08	171/31	332/58	0.294	KD-GB SAF SIKIŞMA
S10	021/09	117/36	280/53	0.331	KKD-GGB SAF SIKIŞMA
S11	022/10	121/40	281/48	0.393	KKD-GGB SAF SIKIŞMA
S12	250/64	064/26	155/02	0.489	KB-GD SAF GENİŞLEME
S13	284/73	019/01	109/17	0.485	KB-GD SAF GENİŞLEME
S14	022/55	222/34	126/10	0.522	KB-GD SAF GENİŞLEME
S15A	023/08	146/76	292/11	0.365	KD-GB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S15B	022/10	121/40	281/48	0.393	KB-GD SAF SIKIŞMA
S16	194/03	318/85	104/04	0.343	KD-GB SIKIŞMA SAF DOĞRULTU ATIM
S17	028/04	121/36	294/53	0.402	KD-GB SAF SIKIŞMA

Tablo 7.2. Çalışma alanı içerisinde ölçüm yapılan istasyonların tektonizma ilişkilerine göre gruplandırılmaları

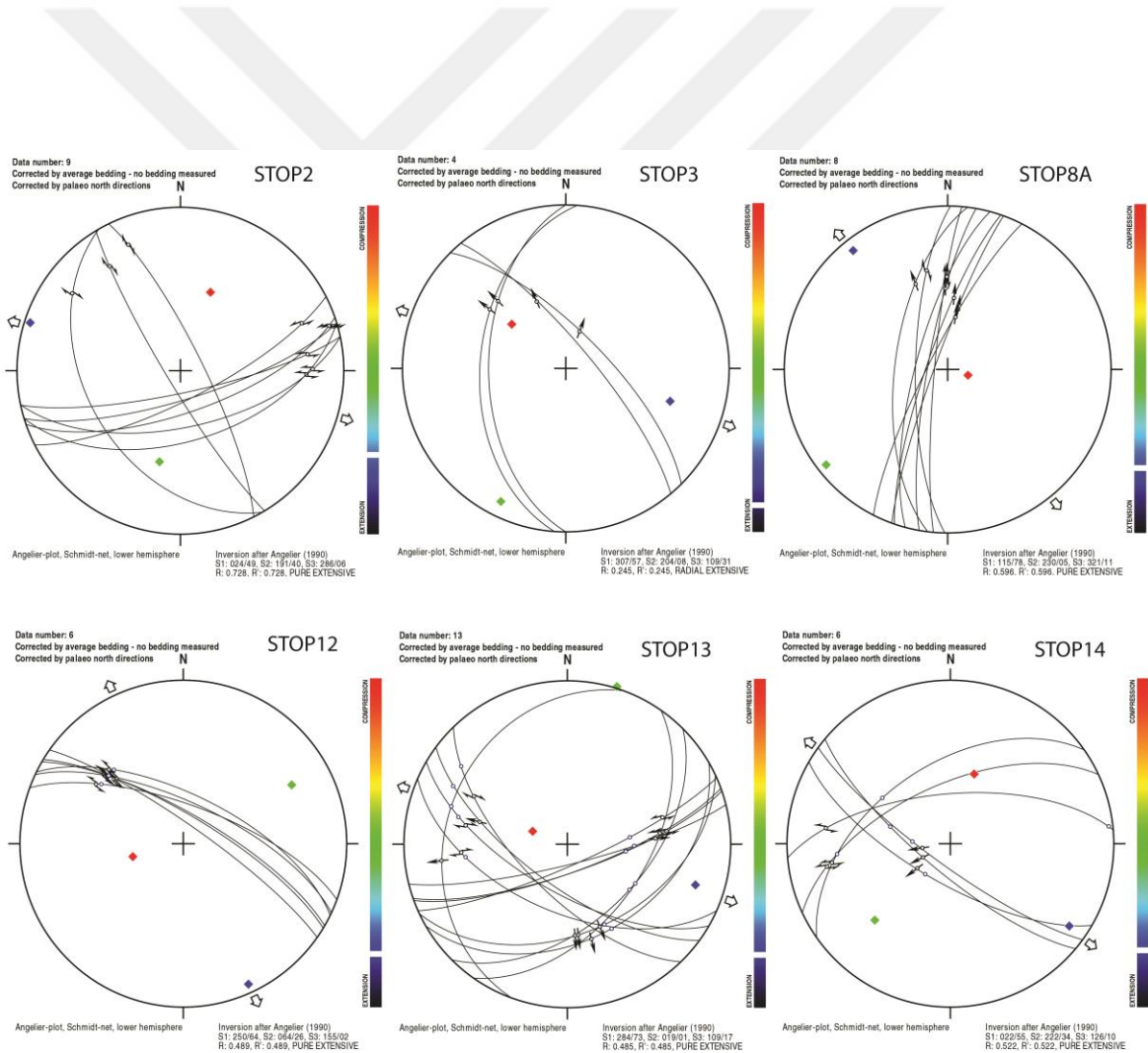
Deformasyon Evresi	Deformasyon Sonucu	İstasyon Numaraları
Paleosen-Orta Eosen (60 my ile 40-35 my)	KD-GB doğrultulu genişleme	-
Geç Eosen-Oligosen (40-35 my ile 25 my)	KB-GD doğrultulu sıkışma	-
Geç Oligosen-Orta Miyosen(25-11 my)	KB-GD doğrultulu genişleme	2, 3, 8A, 12, 13, 14
Orta Miyosen- Pliyosen (11-3.5 my)	K-G sıkışma	1, 9A, 9B, 10, 11, 15B, 17
Pliyosen (3.5 my-günümüz)	KD-GB sıkışma	4, 5, 6, 7, 8B, 15A, 16

Kinematik analiz çalışmalarının en önemli amaçlarından biriside bulunan tektonik fazların yaşlandırılmasıdır. Bu amaçla; sinsedimanter yapılar ve faylar (büyüme fayları), faylar tarafından kesilen en genç ve en yaşlı kayaların yaşları, belirli faylar tarafından ötelenen en genç çökeltiler, sıkışma yapılarının genişleme yapıları tarafından işlenmesi veya tam tersi ve kayma düzlemi üzerindeki çiziklerden birinin diğerinden daha genç olması gibi veriler kinematik analiz çalışmalarında yaşlandırmada kullanılan önemli verilerdir (Kaymakçı vd., 2000).

Çalışma alanı içerisindeki en eski faz KB-GD doğrultulu genişleme tektonik rejimidir. Senoniyen yaşlı Elazığ Magmatitleri'ne ait volkanitler içerisinde gözlenen kayma çiziklerinin bölgede sıkışmalı tektoniği temsil eden fazlara ait kayma çizikleri tarafından çizilmesi (sürsaj) bize çalışma alanındaki en eski fazın KB-GD doğrultulu genişleme fazının olduğu verisini desteklemektedir. KB-GD doğrultulu genişleme fazı Pliyosen ve daha genç birimlerde gözlenmemiştir. Bölgede etkin olan ikinci önemli faz ise genişlemeli tektonik rejimi temsil eden kayma çiziklerinin üzerinde gözlenen ters faylardır. Bu faylar Elazığ Magmatitleri, Hazar Grubu, Maden Karmaşığı ve Kırkgeçit Formasyonu'na ait Senoniyen-Oligosen aralığındaki birimler içerisinde gözlenmektedir. Bölgedeki en genç tektonik faz ise Pliyosen ve daha yaşlı tüm birimler içerisinde gözlenen ve diğer tüm fazları kesen Doğrultu atım tektonik rejimini temsil eden fazdır.

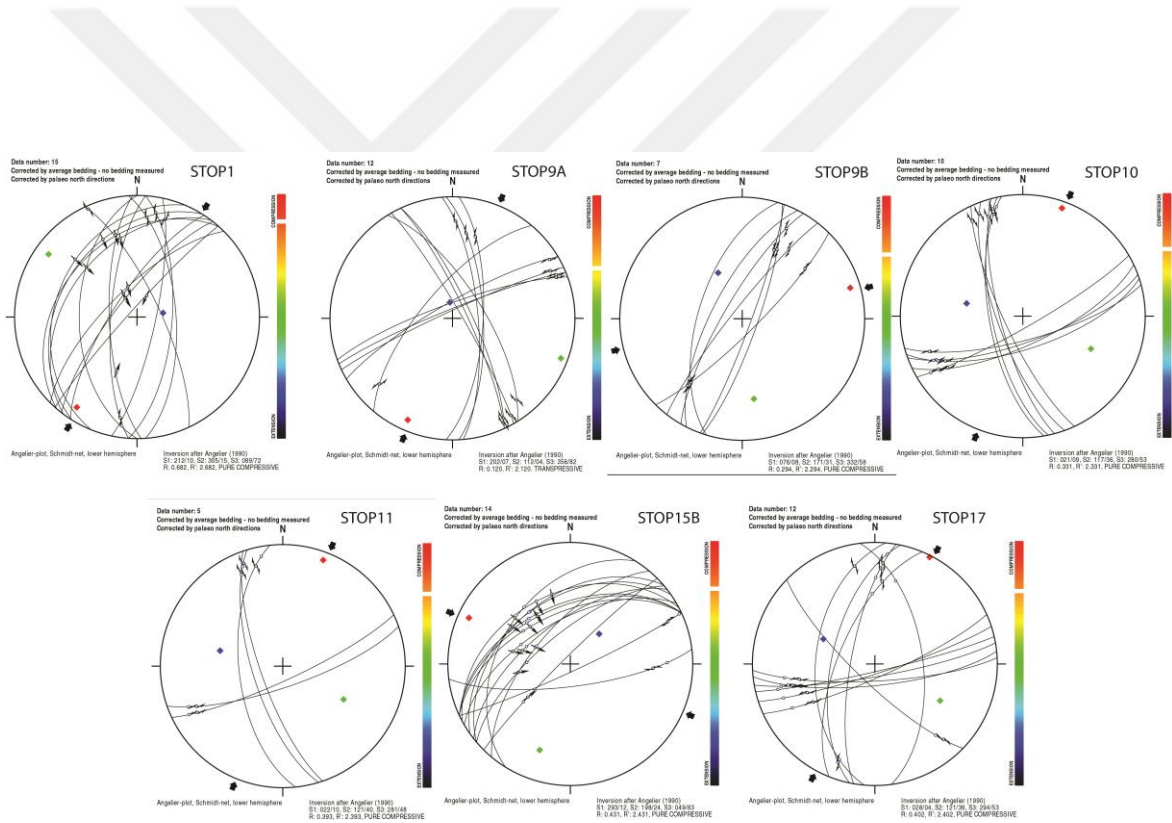
Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen bu verilerin Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan Geç Kretase'den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematiki başlıklı çalışmasında paleomanyetizma verilerinden elde ettiği yaş aralıkları ve tektonizma ilişkisi temel alındığında 3 farklı deformasyon evresinin varlığı düşünülmektedir.

Çalışma alanında 2, 3, 8A, 12, 13 ve 14 numaralı istasyonlarda doğrudan fay düzlemleri üzerinde alınan veriler üzerinde SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonucuna göre inceleme alanı yaklaşık KB-GD doğrultulu genişleme tektoniği etkisinde kalmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre S1 (en büyük asal gerilme eksen) düşey veya yaklaşık düşey olup sırasıyla; 024/49, 307/57, 115/78, 250/64, 284/73 ve 022/55 olarak hesaplanmıştır. Kaymakçı vd., (2010) tarafından yapılan Geç Kretase'den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematiki başlıklı çalışmasında paleomanyetizma verilerinden elde ettiği yaş aralıkları ve tektonizma ilişkisi temel alındığında 2, 3, 8A, 12, 13 ve 14 numaralı istasyonlara ait verilerin üçüncü deformasyon evresi Geç Oligosen-Orta Miyosen (25-11 my) aralığını temsil ettiği düşünülmektedir (Şekil 7.1).



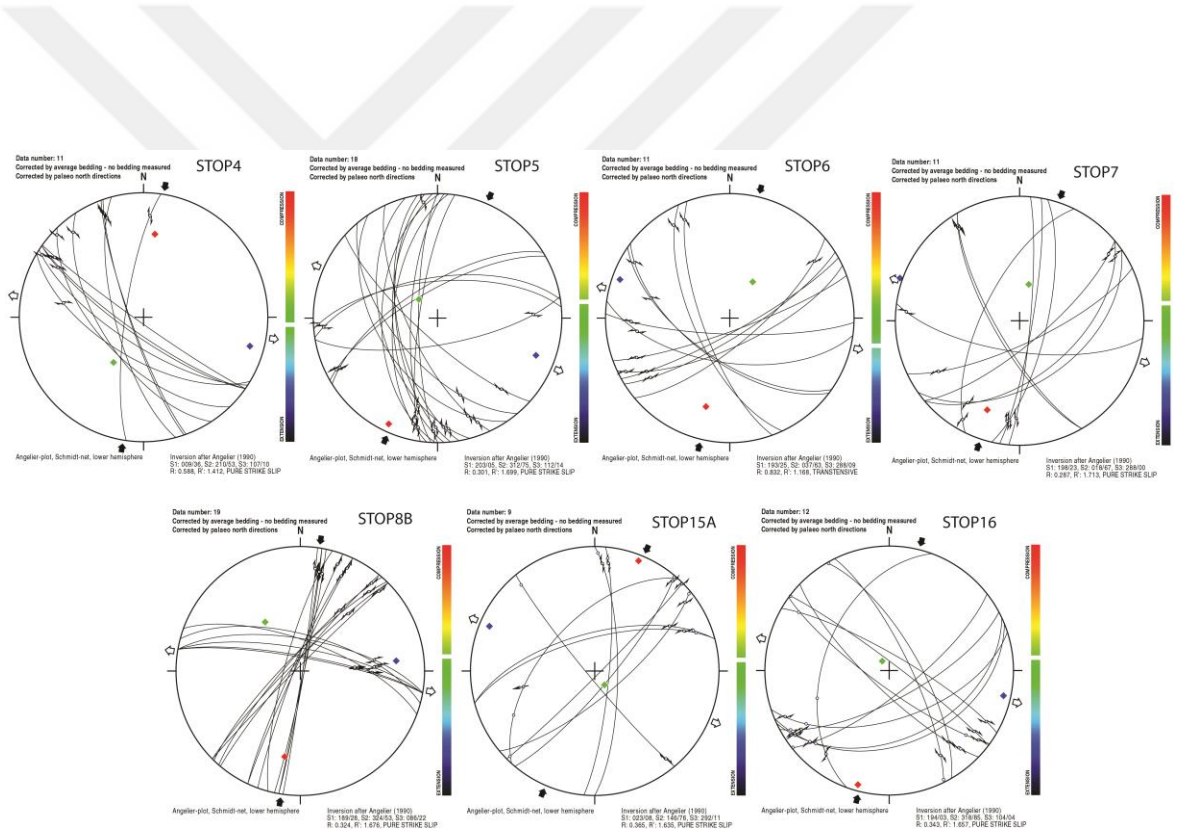
Şekil 7.1. Çalışma alanında 2, 3, 8A, 12, 13 ve 14 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçlarına göre bu dönemde bölge sıkışma tektoniği altında (S1 düşey veya düşeye yakın)

Çalışma alanında 1, 9A, 9B, 10, 11, 15B ve 17 numaralı istasyonlarda doğrudan fay düzlemleri üzerinde alınan veriler üzerinde SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonucuna göre inceleme alanı yaklaşık KD-GB doğrultulu sıkışma tektoniği etkisinde kalmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre S3 (en küçük asal gerilme eksen) düşey veya yaklaşık düşey olup sırasıyla; 089/72, 356/82, 332/58, 280/53, 281/48, 049/63 ve 294/53 olarak hesaplanmıştır. Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan Geç Kretase'den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematığı başlıklı çalışmasında paleomanyetizma verilerinden elde ettiği yaş aralıkları ve tektonizma ilişkisi temel alındığında 1, 9A, 9B, 10, 11, 15B ve 17 numaralı istasyonlara ait verilerin dördüncü deformasyon evresi Orta Miyosen-Pliyosen (Serravaliyen) (11-3.5 my) aralığını temsil ettiği düşünülmektedir (Şekil 7.2).



Şekil 7.2. Çalışma alanında 1, 9A, 9B, 10, 11, 15B ve 17 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçlarına göre bu dönemde bölge sıkışma tektoniği altında (S3 düşey veya düşeye yakın)

Çalışma alanında 4, 5, 6, 7, 8B, 15A ve 16 numaralı istasyonlarda doğrudan fay düzlemleri üzerinde alınan veriler üzerinde SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonucuna göre inceleme alanı yaklaşık KB-GD doğrultulu genişleme tektoniği etkisinde kalmıştır. Bu analiz sonuçlarına göre S2 (ortanca asal gerilme eksen) düşey veya yaklaşık düşey olup sırasıyla; 210/53, 312/75, 037/63, 210/53, 324/53 ve 318/85 olarak hesaplanmıştır. Kaymakçı vd. (2010) tarafından yapılan Geç Kretase'den günümüze Güneydoğu Anadolu'nun Kinematığı başlıklı çalışmasında paleomanyetizma verilerinden elde ettiği yaş aralıkları ve tektonizma ilişkisi temel alındığında 4, 5, 6, 7, 8B, 15A ve 16 numaralı istasyonlara ait verilerin dördüncü deformasyon evresi Pliyosen (3.5 my-günümüz) aralığını temsil ettiği düşünülmektedir (Şekil 7.3).



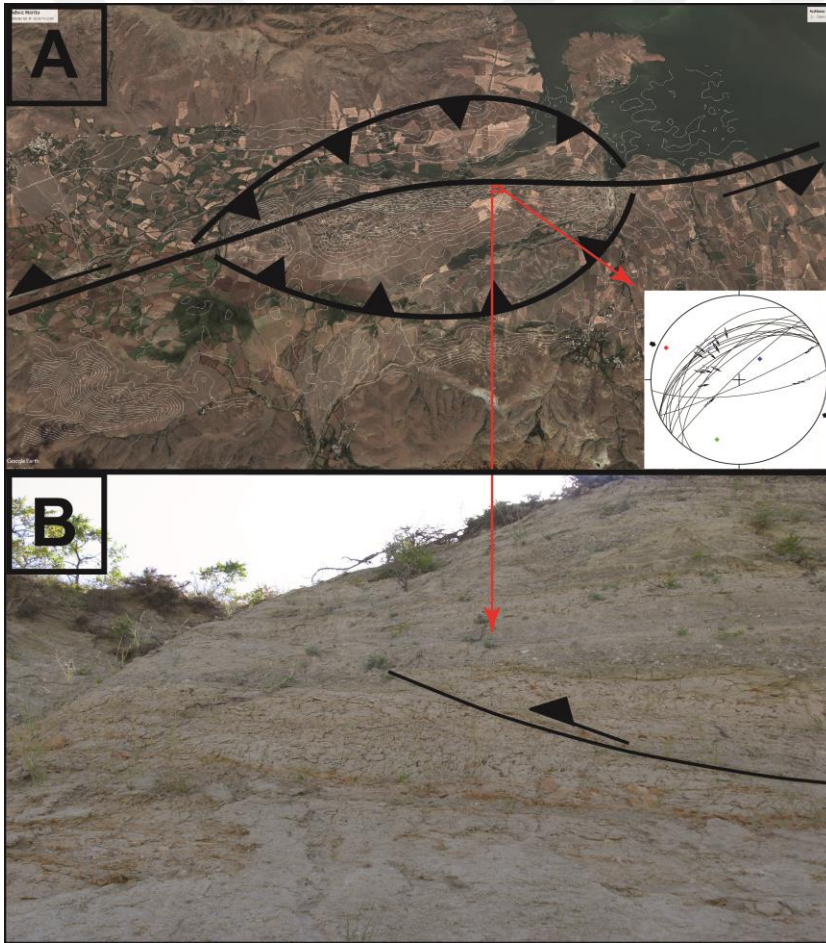
Şekil 7.3. Çalışma alanında 4, 5, 6, 7, 8B, 15A ve 16 numaralı istasyonlardan elde edilen analiz sonuçlarına göre bu dönemde bölge doğrultu atım tektoniği altında (S2 düşey veya düşeye yakın).

Toplamda 17 farklı istasyonda doğrudan fay düzlemi üzerinden alınan 192 adet kinematik veriler üzerinde SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonucuna göre inceleme alanında etkin olan en eski deformasyon evresi Geç Oligosen-Orta Miyosen(25-11 my) aralığı olarak belirlenmiştir. Bu evrede Neo-Tetis'in güney koluna ait litosfer kopmuş ve üstündeki levhada KB-GD doğrultulu genişleme rejimi etkin olmuştur. Kinematik analiz verilerine göre DAFS bu evrede etkin olan genişleme tektonik rejimi ile ilişkili olarak oluşmaya başlamıştır. Orta Miyosen- Pliyosen (Serravaliyen) aralığında etkin olan sıkışma tektonik rejimi ile oluşumuna devam etmiş ve bu dönemde ters fay olarak çalışmış. Pliyosen'den itibaren ise doğrultu atım karakteri kazandığını söyleyebiliriz. DAFS üzerinde 6 numaralı istasyondan elde edilen kinematik analiz sonuçları transtansiyonel (normal bileşenli doğrultu atımlı gerilme rejimi), 9B numaralı istasyondan elde edilen kinematik analiz sonuçları ise transpresiyonel (ters bileşenli doğrultu atımlı gerilme rejimi) tektonik rejim sunmaktadır. Her iki istasyondan alınan veriler bize DAFS'nin zaman içerisinde farklı karakterler sunduğunu ve bu karakterlerin bölgesel tektonik rejime bağlı olarak değiştiğini göstermektedir.

4. Doğrultu atımlı faylar üzerinde fayların geometrilerindeki değişimlere bağlı olarak genişlemeli ve sıkışmalı alanlar görülebilmektedir. Düz doğrultu atımlı faylar boyunca görülen bükümlerde veya sıçramalarda fayın sol veya sağ yönlü oluşuna ve bükümün veya sıçramanın sola veya sağa doğru oluşuna göre fay blokları ya birbirini sıkıştırır, ya da blokları birbirinden ayıracak şekilde serbestleştirir. Bu kapsamda doğrultu atımlı faylar boyunca genişlemeli alanlarda çöküntü yapıları veya çek-ayır havzalar gelişirken, sıkışmalı alanlarda ise yükselim yapıları veya basınç sırtları gelişir. Genişlemeli alanlar negatif çiçek yapısı ile ilişkili iken, sıkışmalı alanlar ise pozitif çiçek yapısı ile ilişkilidir. Doğrultu atımlı fayların geometrilerine bağlı olarak gelişen yerel sıkışmalı ve genişlemeli alanlar bölgesel deformasyon mekanizmasından ayrı olarak değerlendirilmesi önemli ve gereklidir.

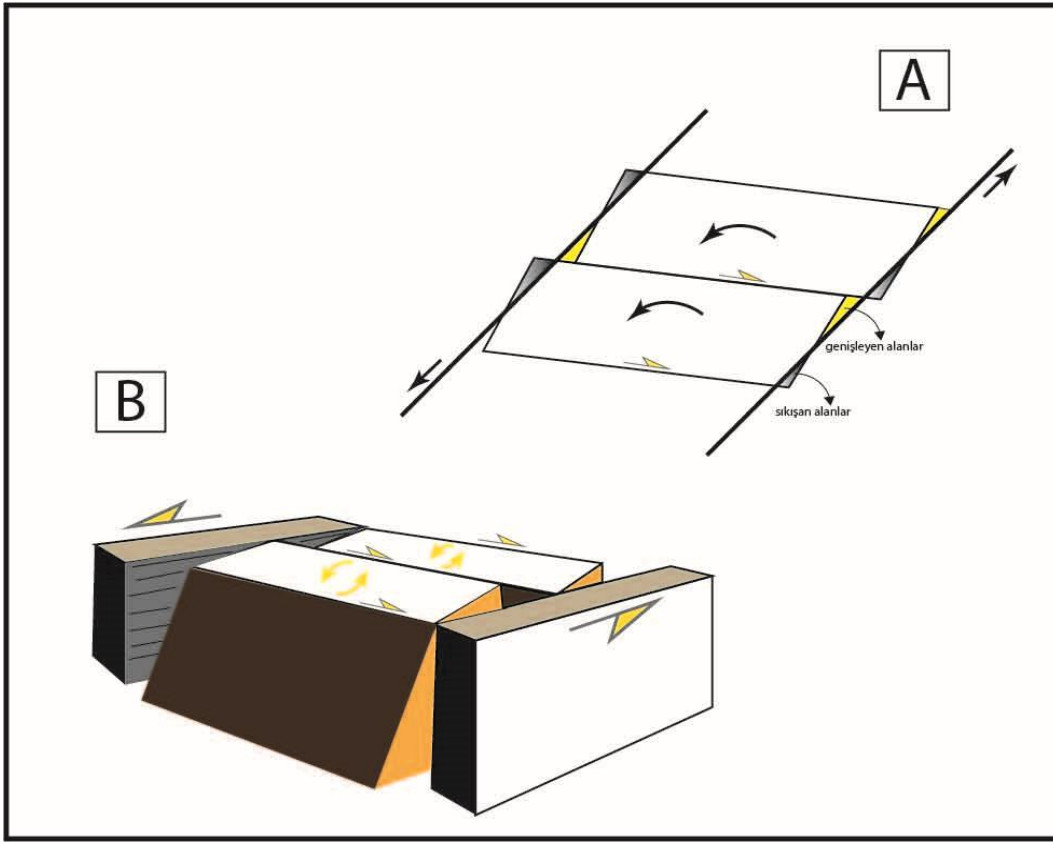
Bu çerçevede çalışma alanı içerisinde Onbeş numaralı istasyondan alınan ölçümlerin sonuçlarının ayrı değerlendirilmesi gerekmektedir. Onbeş numaralı istasyona ait ölçümler tamamen Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller içeren Orta Tepe sırtı üzerinden alınmıştır. Orta Tepe sırtı ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı çökeller tamamen doğrultu atımlı fay sistemi içerisinde gelişmiştirler. Doğrultusu K63D ve DAFS'ne yaklaşık paralel olan sırtın uzunluğu yaklaşık 5 km'dir.

Orta Tepe sırtında yer alan Pliyo-Kuvaterner yaşı çökeller içerisinde ters faylar gözlenmektedir. Sol yanal doğrultu atımlı fayın sağa doğru büküm yaptığı veya sıçradığı alanlarda basınç sırtları gelişir. Orta Tepe sırtı karşımıza basınç sırtı olarak çıkmaktadır. Havzanın çökeliminden sonra sıkışmalı bir büküm sonucu gelişmiştir. Doğrultu atımlı sistemler üzerinde gelişen sıkışmalı bükümler pozitif çiçek yapısı gibi oldukça karmaşık fay geometrilerine yol açabilirler. Bu nedenle bu faylar üzerinde yapılacak kinematik analiz fayın genel karakterinden daha çok üzerinden alınan fayın geometrisi ve karakterine bağlı olarak değişir. Dolayısıyla 15B numaralı istasyondan alınan veriler sadece yerel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Ortatepe sırtında gözlenen ters faylar ve bu faylardan alınan kinematik analiz çözümü

5. Toplamda 17 farklı istasyonda doğrudan fay düzlemi üzerinden alınan 192 adet kinematik veriler üzerinde SG2PS tarafından gerçekleştirilen analiz sonucuna göre inceleme alanında deformasyonun önemli miktarını blok rotasyonları oluşturmaktadır. İnceleme alanında bloklardaki rotasyonların varlığı bölgedeki fayların geometrileri ve aynı deformasyon evresi içerisindeki düşey konumlu asal gerilme eksenlerinin (S2) konumlarında meydana gelen açısal değişimleri göstermektedir (Şekil 7.5).



Şekil 7.5. A) Doğrultu atımlı fayların geometrilerine bağlı olarak gözlenen saat ibresi tersi yönündeki rotasyon, B) blok diyagram üzerinde saat ibresi tersi yönünde rotasyon

6. Bu çalışmanın amaçlarından birisi çalışma alanı içerisindeki çizgiselliklerinin uydu görüntülerinden yararlanarak otomatik olarak çıkarımı ve bu çizgiselliklerle doğrudan fay düzlemi üzerinden elde edilen verilerin kinematik analiz sonuçlarıyla karşılaştırılması ve bu çalışmalara ne ölçüde katkıda bulunacağını araştırılmasıdır. Bu çalışmada Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden otomatik olarak çizgisellikler belirlenerek haritalandırıldı ve bu çizgiselliklerden Gül Diyagramı elde edildi. Landsat (4-5) TM uydu görüntüleri üzerinden otomatik olarak elde edilen çizgisel yapıların iki ana çizgisellik doğrultusunda olduğu tespit edilmiştir. Bunlar, $K55^0D$ ve $K85^0D$ yönlü olan çizgiselliklerdir. Bu çizgisel yapılardan $K55^0D$ doğrultulu olan yapıların daha genç olduğu çalışma alanının en önemli yapısı olan ve doğrultusu yaklaşık $K60^0D$ olan DAFS'ne yaklaşık paralel olmasından dolayı düşünülmektedir. Hem $K60^0D$ yönlü hem de $K85^0D$ yönlü olan çizgisellikler çalışma alanında Orta Miyosen'den itibaren etkin olan yaklaşık K-G sıkışma tektoniği ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca bu çizgisellikler doğrudan fay düzlemleri üzerinden alınan kinematik verilerin analiz sonuçlarıyla da uyumluluk göstermektedir. Bu karşılaştırmalar bize uydu görüntülerinden yararlanarak otomatik olarak çıkarımı yapılan çizgiselliklerin bu alanda yapılan çalışmalara önemli oranda katkı sunacağını göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Abdullah, A., Nassr, S. ve Ghaleeb, A.,** 2013. Landsat ETM-7 for Lineament Mapping using Automatic Extraction Technique in the SW part of Taiz area, Yemen, Global Journal of Human Social Science Geography, Geo-sciences, Environmental & Disaster Management, 13 (3), 35 – 38.
- Akgül, B.,** 1987. Keban yöresi metamorfik kayaların petrografik incelenmesi: Yüksek Lisans Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 60s.
- Aksoy, E.,** 1993. Elazığ batı ve güneyinin genel jeolojik özellikleri: Doğa Türk Yerbilimleri Derg., 2, 113–123.
- Aksoy, E., ve Tatar, Y.,** 1990. Van İli Doğu-Kuzeydoğu Yöresinin Stratigrafisi ve Tektoniği. Doğa Müh. Ve Çevre Bil. Derg., 14: 628-644.
- Aksoy, E., İnceöz, M., and Koçyiğit, A.,** 2007. Lake Hazar Basin: A Negative Flower Structure on the East Anatolian Fault System (EAFS), SE Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, Vol., 17, 2007, pp 319-338.
- Aktaş, G., Robertson, A.H.F.,** 1984. The Maden Complex, SE Turkey: evolution of a Neotethyan continental margin. In: Dixon, J.E., Robertson, A.H.F. (eds). The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Geol. Soc. London, Spec. Publ., 17, 375-402.
- Aktimur, H. T. & Oral, A.,** 1981. Şiro Çayı ve dolayının yerbilim verileri. Institute of Mineral Research and Exploration Report 6883, Ankara.
- Allen, C.R.,** 1969. Active faulting in northern Turkey. Contr.1577.Div. Geol. Sciences, Calif. Inst. Tech., 32 pp.
- Altınlı, İ.E.,** 1963. Explanatory text of the Geological Map of Turkey of 1:500 000 scale; Erzurum sheet. Publ. M.T.A. Inst., Ankara.
- Ambraseys, N.N.,** 1971. Value of Historical Records. Nature Vol. 232, Engineering Seismology Section, Imperial College, London. august 6, 1971.
- Ambraseys, N.,N,** 1989. Temporary Seismic Quiescence: SE Turkey, Geophysical Journal, 96, 311-331.
- Anderson, E.M.,** 1951. The Dynamics of Faulting and Dyke Formation with Applications to Britain. second ed. Oliver and Boyd, Edinburgh

- Ambraseys N.N., Jackson J.A.,** 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophysical Journal International*, 133, 2, 390-406.
- Angelier J.,** 1984. Tectonic Analysis of the Slip Data Sets. *J. Geophys. Res.* 89: 5835-5848.
- Angelier, J.,** 1990. Inversion of Field Data in Fault Tectonics to Obtain the Regional Stress .3. A New Rapid Direct Inversion Method by Analytical Means, *Geophys. J. Int.*, 103, 363-376.
- Arpat, E. ve Şaroğlu, F.,**1972. Doğu Anadolu fayı ile ilgili bazı gözlemler ve düşünceler. *MTA Dergisi*, 78, 44-50.
- Avşar, N.,** 1983. Elazığ yakın kuzeybatısında stratigrafik ve mikropalontolojik araştırmalar. Doktora Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst. 84s (yayımlanmamış).
- Avşar, N.,** 1996. Inner Platform sediments with Praebullaveolina afyonica Sirel and Acar around Elazığ Region (E. Turkey), *Bull.Min.Res.Expl*, 118, 9-14.
- Barka, A.A., ve Kadinsky-Cade K.,**1988. Strike-slip fault geometry in Turkey and influence on earthquake activity. *Tectonics*, Vol.7, No 3, pp.663-684.
- Barka, A.A., Reilinger, R.,** 1997. Active tectonics of the Mediterranean region: Deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annali di Geofisica*, **XI**, 3, 587-609.
- Beyarslan, M.,** 1996. Kömürhan Ofiyolit Biriminin Petrografik ve Petrolojik İncelenmesi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Elazığ Doktora Tezi, 103s.
- Beyarslan, M., Bingöl A.F.,** 2014. Petrology of the Ispendere, Kömürhan and Guleman Ophiolites (Southeast Turkey): Subduction Initiation Rule (SIR) Ophiolites and Arc Related Magmatics. 3rd Annual International Conference on Geological and Earth Sciences (GEOS 2014) 50–60, Singapore.
- Beyarslan, M., Lin, Y.C., Bingöl, A.F. ve Chung, S.L.,** 2016. Zircon U-Pb age and geochemical constraints on the origin and tectonic implication of Cadomian (Ediacaran-Early Cambrian) magmatism in SE Turkey. *Journal of Asian earth Sciences*, 130, 223-238.
- Bingöl, A.F.,** 1982. Elazığ–Pertek–Kovancılar arası volkanik kayaçların petrografik ve petrolojik incelenmesi: F.Ü. Fen Fak. Derg., 1, 9–21.
- Bingöl, A.F.,** 1984. Geology of Elazığ area in the Eastern Taurus region: In Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., eds., “ Geology of the Taurus Belt ” , p. 209–217.

- Bingöl, A.F., 1986a.** New findings on the structural setting on the chromitites in the Guleman massive (Eastern Taurus). *Journal of Firat University Science and Technology* 1, 37–46.
- Bingöl, A.F., 1986b.** Petrographic and petrologic characteristics of the Guleman Ophiolite (Eastern Taurus-Turkey). *Geosound* 13/14, 41–57.
- Bingöl, A.F., 1988.** Petrographical and petrological features of intrusive rocks of Yüksekova Complex in the Elazığ region (Eastern Taurus–Turkey) : *Journal of F.Ü.*,3/2, 1–17.
- Biricik, A.S., 1993.** Hazar (Gölcük) Gölü depresyonu (Elazığ) [Hazar (Gölcük) Lake depression (Elazığ)]. *Türkiye Coğrafya Dergisi* 28, 45–63.
- Boray, A., 1975.** Bitlis dolayının yapısı ve metamorfizması. *TJK Bülteni*, 18, 81-84.
- Bott, M.H.P., 1959.** The mechanics of oblique slip faulting. *Geol. Mag.* 96, 109–117.
- Çağlayan, M.A., İnal, R.N., Şengün, M., Yurtsever, A., 1984.** Structural setting of the Bitlis Massif. In "Geology of the Taurus Belt", O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (eds.), *Proceedings of the Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt*, 26-29.9.1983, Ankara, 245-254.
- Çelik, H., 1994.** Kovancılar (Elazığ) yakın kuzey ve batısındaki alanın jeolojik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 76s.
- Çelik, H., 2003,** Mastar Dağı (Elazığ GD'su) Çevresinin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri. Doktora Tezi F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 95s. (yayınlanmamış).
- Çetin, H., Güneşli, H. ve Mayer, L., 2003.** Paleosismology of the Palu-Lake Hazar segment of the East Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics*, 374, 163-197.
- Çetindağ, B.,1985.** Elazığ, Palu-Kovancılar dolayının hidrojeoloji incelenmesi: Yüksek lisans tezi, F.Ü.Fen Bilimleri Enst. (yayınlanmamış), Elazığ, 117s.
- Çolak, S., 2007.** Uluova Fay Zonu'nun Kuzeydoğu Bölümünün Yapısal ve Morfotektonik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi F.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü 60s. (yayınlanmamış).
- Çolak, S., Aksoy, E., Koçyiğit, A., ve İnceöz, M., 2012.** The Palu-Uluova Strike-Slip Basin in the East Anatolian Fault System, Turkey: Its Transition from the Palaeotectonic to Neotectonic Stage. *Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.)*, Vol.21. pp1-24.

- Dewey, J.F., Hempton, M.R., Kidd, W.S.F., Şaroğlu, F., Şengör, A.M.C., 1986.** Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone. In "Collision Tectonics" eds. M.P. Coward and A.C. Ries. Geol. Soc. Spec. Publ. 19, London, 3-36.
- Duman, T.Y., Emre, Ö., 2013.** The East Anatolian Fault: geometry, segmentation and jog characteristics. Geological Society, London, Special Publications published online February 19, 2013 as doi: 10.1144/SP372.14
- Dunne, L.A. ve Hempton, R.M., 1984.** Strike slip basin sedimentation at lake Hazar (Eastern Taurus Mountains), In: Tekeli, O., Göncüoğlu, M.C. (Eds.), Geology of Taurus Belt, MTA, Türkiye, Ankara, 229-235.
- Ercan, A., 1979.** Doğu Anadolu Fayı üzerinde Küçük Deprem Çalışmaları. Yeryuvarı ve İnsan 2, 21-30 [in Turkish with English abstract].
- Erdem, E., 1994.** Pütürge (Malatya) metamorfitlelerinin petrografik ve petrolojik özellikleri. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, Doktora Tezi, 119 s.
- Erdoğan, B., 1982.** Ergani-Maden yöresindeki güneydoğu Anadolu ofiyolit kuşağının jeolojisi ve volkanik kayaları, TJK Bült., 25(1), 49-60.
- Garcia Moreno, D., Hubert-Ferrari, A., Moernaut, J., Fraser, J.G., Boes, X., Van Daele, M., Avşar, U., Çagatay, N., De Batist, M., 2011.** Structure and recent evolution of the hazar basin: a strike-slip basin on the East Anatolian Fault, eastern Turkey. Basin Res. 23, 191e207.
- Göncüoğlu, M.C., and Turhan, N., 1984.** Geology of the Bitlis metamorphic belt. In "Geology of the Taurus Belt", O. Tekeli and M.C. Göncüoğlu (eds.), Proceedings of the Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt, 26-29.9.1983, Ankara, 237-244.
- Gülen, L., Barka, A., Toksöz, M.N., 1987.** Kıtaların Çarpışması ile ilgili Kompleks Deformasyon, Maraş Üçlü Eklemi ve Çevre Yapıları, Yerbilimleri 14, 319-336.
- Helvacı, C., and Griffin, W.L., 1984.** Rb-Sr geochronology of the Bitlis Massif, Avnik (Bingöl) area, S.E. Turkey. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon and A.H.F. Robertson), Geological Society Special Publication No. 17, 403-413.
- Hempton, M.R., Dewey, J.F., Şaroğlu, F., 1981.** The East Anatolian Transform Fault: along strike variations in geometry and behaviour, EOS Transac, 62, 393.

- Hempton, R.M.**, 1985. Structural and deformation history of the Bitlis suture near lake Hazar, Southestern Turkey, Geol. Soc. Am. Bull, 96: 233-243.
- Herece, E. ve Akay, E.**, 1992. Karlıova-Çelikhan arasında Doğu Anadolu fayı. Türkiye 9. Petrol Kongresi, Bildiriler, 361-372, Ankara.
- Hung, L. Q., Batelaan, O. ve De Smedt, F.**, 2005. Lineament extraction and analysis, comparison of Landsat ETM and ASTER imagery. Case study: Suoimuoi tropical karst catchment, Vietnam, Remote Sensing of Environmental Monitoring, GIS Applications and Geology V, 19 Eylül, Bruges, Belçika.
- İmamoğlu, M.Ş.**, 1996. Doğu Anadolu Fay Zonu Gölbaşı Kesimi Neotektonik Özellikleri ve Gölbaşı-Saray Fay Kaması Havzası, Türkiye Jeoloji Kurultay Bülteni, 11, 176-184. İmamoğlu, M.Ş., Çetin, E. 2007. Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği, D.Ü. Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 9, 93-103.
- İmamoğlu, M.Ş. ve Çetin, E.**, 2007, Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Yakın Yöresinin Depremselliği., D.Ü.Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi 9, 93-103 (2007).
- Jackson, J.A., McKenzie, D.**, 1984. Active tectonic of the Alpine-Himalayan belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 77, 185-264.
- Kaya, A.**, 1993. Gezin-Maden (Elazığ) çevresinde jeolojik araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi. F.Ü Fen Bil. Enst., 72s.
- Kaymakci, N., Inceöz, M., Ertepinar, P.**, 2006. 3D architecture and Neogene evolution of the Malatya Basin: inferences for the kinematics of the Malatya and Ovacik Fault Zones. Turkish Journal of Earth Sciences 15, 123–154.
- Kaymakci, N., Inceöz, M., Ertepinar, P., Koc, A.**, 2010. Late Cretaceous to recent kinematics of SE Anatolia (Turkey). In: Sosson, M., Kaymakci, N., Stephenson, R., Starostenko, V., Bergerat, F. (Eds.), Sedimentary Basin Tectonics from the Black Sea and Caucasus to the Arabian Platform. Geological Society London Special Issue No. 340, pp. 409–435.
- Kerey, İ.E. ve Türkmen, İ.**, 1991. Palu Formasyonu'nun (Pliosen-Kuvaterner) sedimantolojik özellikleri, Elazığ doğusu, Türkiye Jeoloji Bülteni 34, 21-26.
- Keskin, M.**, 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction–accretion complex: an alternative model for collision-related

- volcanism in eastern Anatolia, Turkey Geophys. Res. Lett., 30 (24) (2003), p. 8046.
- Ketin, İ.**, 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. MTA Derg., 66, 20-34, Ankara.
- Ketin, İ.**, 1968. Relations between general tectonic features and the main earthquake regions of Turkey. Bull. Min. Res. Expl. Inst. Turkey, no. 71, pp. 63-67, Ankara.
- Kiratzı, A.**, 1993. A study on the active crustal deformation of the North and East Anatolian Fault Zones, Tectonophysics, 225, 191-203.
- Koç Taşgın, C.**, 2009. Çaybağı Formasyonu'nun (Elazığ Doğusu) Stratigrafik ve Sedimentolojik Özellikleri, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ (yayınlanmamış).
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia S. & Kuloshvili, S.**, 2001. Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta 14, 177D195.
- Lyberis, N., Tekin, Y., Chorowicz, J., Kasapoğlu, E., Gündoğdu, N.**, 1992. The East Anatolian Fault: an oblique collisional belt, Tectonophysics, 204, 1-15.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N. ve Veis, G.**, 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, J.Geophy.Res., 105, 5695-5720.
- McKenzie, D.P.**, 1970. Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature*, 220, 239-343.
- McKenzie, D.P.**, 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, 30. 109-185.
- McKenzie, D.P.**, 1976. The East Anatolian fault: A major structure in eastern Turkey, *Earth and Plan. Sci. Lett.*, 29, 189-193.
- Muehlberger, R.W., Gordon, M.B.**, 1987. Observations on the complexity of the East Anatolian Fault, Turkey, J.Structural Geol., 9, 899-903.
- Nalbant, S.S., McClusky, J., Steacy, S., Barka, A.A.**, 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey, Earth and Planetary Science Letters, 195, 291-298.

- Naz, H.**, 1979. Elazığ–Palu dolayının jeolojisi TPAO. Rapor no:1360 (yayımlanmamış).
- Okay, A. I. and Tüysüz, O.**, 1999. Tethyan sutures of northern Turkey Geological Society, London, Special Publications 1999; v. 156; p. 475-515.
- Özkul, M.**, 1982. Güneyçayırı (Elazığ) bölgesinin sedimantolojisi: Yüksek Lisans Tezi, A.Ü. Fen Fak., 34s (yayımlanmamış).
- Özkul, M. ve Üşenmez, Ş.**, 1986. Elazığ kuzeydoğusunda Eosen derin deniz konglomeralarının sedimentolojik incelenmesi: G.Ü. Müh. Mim. Fak. Derg., 1,2, 53–73. 307
- Özkul, M.**, 1988. Elazığ batısında Kırkgeçit Formasyonu üzerinde sedimentolojik incelemeler: Doktora Tezi, F.Ü. Fen Bilimleri Enst., 186s (yayımlanmamış).
- Özdemir, M.A.**, 1996a. “Doğu Anadolu Fay Zonu’nun Sincik (Adıyaman) ile Hazar Gölü (Elazığ) arasındaki jeomorfolojik özellikleri”. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 8(1): 191–217.
- Özdemir, M.A.**, 1996b. “Uluova boğazı ile Baltası ovası (Elazığ doğusu) arasında Murat nehri vadisinin jeomorfolojisi. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 8(1): 263–310.
- Özdemir M.A. ve İnceöz, M.**, 2003. “Doğu Anadolu Fay Zonunda ötelenmelerinin tektonik verilerle karşılaştırılması”. Afyonkocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi 5(1): 89–114.
- Palutoğlu, M.**, 2005. Elazığ İl Merkezi Yerleşim Alanının Depremselliği, Yüksek Lisans Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst. 118s.
- Peltzer, G., Tapponnier, P.**, 1988. Formation and evolution of strike-slip faults, rifts, and basins during India-Asia collision: an experimental approach. Journal of Geophysical Research 93, 85e117.
- Perinçek, D.**, 1979a. Palu–Karabegün–Elazığ–Sivrice–Malatya alanının jeolojisi ve petrol imkanları: TPAO. Rapor no: 1361 (yayımlanmamış).
- Perinçek, D.**, 1979b. The geology of Hazro–Korudağ–Çüngüş–Maden–Ergani–Hazar–Elazığ–Malatya area: Guide book, TJK. Yayını, 33s.
- Perinçek, D.**, 1980a. Arabistan kıtası kuzeyindeki tektonik evrimin, kıta üzerinde çökelen istifteki etkileri: Tür. 5.Petrol Kong., Tebliğler, 77–93.
- Perinçek, D.**, 1980b. Bitlis Metamorfizmi’nde volkanitli Triyas: TJK. Bült., 23, 201–211.
- Perinçek, D. ve Özkaya.**, 1981. Arabistan Levhası kuzey kenarı Tektonik evrimi. Yerbilimleri Derg., 8, 91-101.

- Perinçek, D., Günay, K., Kozlu, H.,** 1987. Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesindeki yanal atımlı faylar ile ilgili yeni gözlemler, Türkiye 7. Petrol Kongresi Bildirileri, 89-103.
- Perinçek, D. ve Çemen, İ.** 1990. The Structural relationship between the east Anatolian and Dead Sea Fault zones in Southeastern Turkey. *Tectonophysics*, 172, 331-340.
- Rigo de Righi, M., and Cortesini, A.,** 1964. Gravity tectonics in foothills structure belt of southeast Turkey. *AAPG Bull.*, 48, 1911-1937.
- Sasvári, Á. and Baharev, A.,** 2014. SG2PS (Structural Geology to Post Script Converter) – A graphical solution for brittle structural data evaluation and paleostress calculation. *Computers and Geosciences* 66, 81-93.
- Seymen, İ. ve Aydın, A.,** 1972, “Bingöl Deprem Fayı ve Bunun Kuzey Anadolu Fay Zonu ile İlişkisi”, *MTA Dergisi*, Sayı: 79, s: 1–9, Ankara.
- Simao, N., Nalbant, S., Sunbul, F., Mutlu, A.,** 2016. Central and eastern Anatolia crustal deformation rate and velocity fields derived from GPS and earthquake data. *Earth Planet. Sci. Lett.* 433, 89–98.
- Sungurlu, O., Perinçek, D., Kurt, G., Tuna, E., Dülger, S., Çelikdemir, E., ve Naz, H.,** 1985. Elazığ–Hazar–Palu alanının jeolojisi: Petrol İşleri Genel Müdürlüğü Derg., 29, 83–191. 308
- Sylvester, A.G.,** 1988. Strike-slip faults. *Geological Society of America Bulletin* 100, 1666–1703.
- Şahin, Ö., Işık, V.,** 2010. Çelikhan (Adıyaman) Civarında Yüzeyleyen Metamorfik ve Magmatik Kayaların Petrolojisi. *Türkiye Jeoloji Bülteni Cilt 53, Sayı 2-3.*
- Şaroğlu, F. ve Güner, Y.,** 1981. Doğu Anadolu’nun jeomorfolojik gelişimine etki eden ögeler: jeomorfoloji, tektonik, volkanizma ilişkileri. *TJK Bült.*, 24, 39-50.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y.,** 1985. Doğu Anadolu’nun Neotektoniği ve ilgili Magmatizması, *Ketin Simpozyumu*, 149-162.
- Şaroğlu, F., Boray, A., ve Emre, M.,** 1987. Türkiye’nin Diri Fayları, MTA Rapor No: 8643, 394s. (yayımlanmamış).
- Şaroğlu, F. and Yılmaz, Y.,** 1991. Geology of the Karlıova region ; Intersection of the North Anatolian and East Anatolian transform Faults; *Bull. Tech. Univ. İstanbul*, 44/3-4, 457-493.

- Şaroğlu, F., Emre, O. & Kuşçu, I.** 1992a. The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annalae Tectonicae*, 6, 99–125.
- Şaroğlu, F., Emre, O. & Kuşçu, I.**, 1992b. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Turkey.
- Şaroğlu, F., Emre, E., Kuşçu, İ.** 1992b. The East Anatolian fault zone of Turkey. *Annalae. Tectonicae*, 6, 99-125
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y.**, 1981. Tethyan evolution of Turkey ; A plate tectonic approach; *Tectonophysics*, 75, p.181-241.
- Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F.**, 1985,.Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape; Turkey as a case study, in: Biddle K.T., Christie-Blick N. (Eds.), *Strike-slip Faulting and Basin Formation*, Soc.Econ.
- Tatar, Y.**, 1982. Yıldızeli (Sivas) kuzeyinde Çamlıbel dağlarının tektonik yapısı. *K.Ü. Yerbilimleri Derg.*, 2 1, 1-20.
- Tatar, Y.**, 1987. Elazığ bölgesinin tektonik yapıları ve Landsat fotoğrafları üzerinde yapılan bazı gözlemler: *H.Ü. Yerbilimleri Derg.*, 14, 295-308.
- Tatar, O., Piper, J.D.A., Gürsoy, H., Heimann, A., Koçbulut, F.**, 2004. Neotectonic deformation in the transition zone between the Dead Sea Transform and the East Anatolian Fault Zone, Southern Turkey: a palaeomagnetic study of the Karasu Rift Volcanism. *Tectonophysics* 385, 17–43.
- Taymaz, T., Eyidoğan, H. & Jackson, J.**, 1991. Source parameters of large earthquakes in the East Anatolian Fault Zone (Turkey). *Geophysical Journal International*, 106, 537–50.
- Tonbul, S. ve Özdemir, M.A.**, 1994a. “Doğu Anadolu Fayının (DAF) tektonik özelliklerinin Palu civarında (Elazığ doğusu) jeomorfolojik ölçütlerle belirlenmesi”. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 6(1-2): 267-279.
- Tonbul, S. ve Özdemir, M.A.**, 1994b. “Doğu Anadolu Fayı'nın Palu civarında (Elazığ doğusu) jeomorfolojik birimlere Üniversitesi Türkiye Coğrafya Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi 3: 275–290.
- Turan, M., Aksoy, E., Bingöl, A.F.**, 1995. Doğu Toroslar'ın jeodinamik evriminin Elazığ civarındaki özellikleri, *Fırat Üniversitesi, Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 177-199.

- Türkmen, İ.**, 1988. Palu-Çaybağı (Elazığ Doğusu) yöresinin sedimantolojik incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 79 s.
- Türkmen, İ.**, 1991. Elazığ doğusunda Çayba- ğı Formasyonu’nun (Üst MiyosenPliyosen?) Stratigrafi ve Sedimantolojisi, Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 34, 45-53.
- Tüysüz, O., Dellaloglu, A.A., Terzioğlu, N.**, 1995. A magmatic belt within the ~ Neo-Tethyan suture zone and its role in the tectonic evolution of Northern Turkey. Tectonophysics 243, 173e191.
- Wallace, R.E.**, 1951. Geometry of shearing stress and relation to faulting. J. Geol. 59, 118–130.
- Westaway, R.**, 2003, Kinematics of the Middle East and Eastern Mediterranean Updated, Turkish J.Earth Sci. J., 12, 5-46.
- Yazgan, E.**, 1981 Doğu Toroslarda etkin paleokıta kenarı etüdü (Üst Kretase–Orta Eosen) Malatya–Elazığ, Doğu Anadolu: H.Ü. Yerbilimleri Derg., 7, 83–104.
- Yazgan, E.**,1983. A Geotraverse between the Arabian Platform and Munzur nappes:International Symposium on the Geology of The Taurus Belt, Guide Book for Excursion V.
- Yazgan, E.**, 1984. Geodynamic evolution of Eastern Taurus region: In Tekeli, O. And Göncüoğlu, M.C., eds., “ Geology of the Taurus Belt ”, p. 199–205.
- Yazgan, E., Chessex, R.**, 1991. Geology and Tectonic Evolution of the Southeastern Taurides in the region of Malatya, Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 3(1), 1-42.
- Yılmaz, Y. ve Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C.**, 1984. GD Anadolu Orojenik Kuşağının Batı Kesiminin Jeolojik Evrimi, Ozan Sungurlu Sempozyumu Bildirileri, 356-365, Ankara.
- Yılmaz, Y.**, 1993. New evidence and model on the evolution of the southeast Anatolian orogen. Geol. Soc. Of Amer. Bull., 105, 251-271.
- Yılmaz, Y., Tüysüz, O., Yiğitbaş, E., Genç, Ş.C., Şengör, A.M.C.**, 1997. Geology and tectonic evolution of the Pontides. In: Robinson, A. (Ed.), Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. AAPG Memoir 68, 183e226.
- Yılmaz H., Över S., And Özden S.**, 2006. Kinematics of The East Anatolian Fault Zone Between Turkoglu (Kahramanmaras) And Celikhan (Adiyaman), Eastern Turkey Earth Planets Space, 58, 1463–1473.

Zengin, E., 2005. Adıyaman fay zonunun kuzeydoğu bölümünün sismotektonik özellikleri. Yüksek Lisans Tezi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst. 100s.

URL-1. <https://earthexplorer.usgs.gov>, 15 Kasım 2016'da erişildi.

URL-2. <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu>, 21 Mart 2017'de erişildi.



ÖZGEÇMİŞ

04.06.1985 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Elazığ'da tamamladı. 2003 yılında Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 2007 yılında Jeoloji Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 2008 Yılında Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü adına MEB (Milli Eğitim Bakanlığı) tarafından düzenlenen YLSY (Yurt Dışına Lisansüstü Öğrenim Görmek Üzere Gönderilecek Adayları Seçme ve Yerleştirme) sınavını kazandı. 2009 Yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) University of Connecticut (UCONN) bir yıl dil eğitimi aldıktan sonra TOEFL ve GRE sınavlarını kazanarak 2010 yılında Yüksek Lisans Eğitimini almak üzere Indiana University Bloomington' dan (IUB) kabul aldı. Eylül/2010- Temmuz/2012 Yılları arasında Yüksek Lisans eğitimini tamamlayarak Fırat Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Yazar Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Şubat/2013' te Doktora eğitime başladı. Yazar iyi derecede İngilizce bilmekte. Evli ve bir çocuk babasıdır.