

**MİHALIÇÇIK VE SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR, TÜRKİYE)
ARASINDA KALAN BÖLGENİN NEOJEN YAPISAL EVRİMİ**

**NEOGENE STRUCTURAL EVOLUTION OF THE AREA
BETWEEN MİHALIÇÇIK AND SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR,
TURKEY)**

BURCU KAHRAMAN

PROF. DR. R. KADİR DİRİK

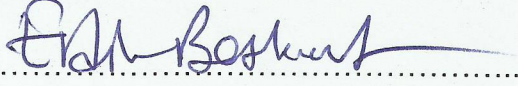
Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
DOKTORA TEZİ olarak hazırlanmıştır.

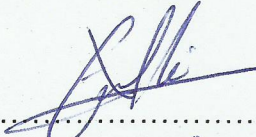
2018

BURCU KAHRAMAN' ın hazırladığı “**Mihaliççık ve Sivrihisar (Eskişehir, Türkiye) Arasında Kalan Bölgenin Neojen Yapısal Evrimi**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'** nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

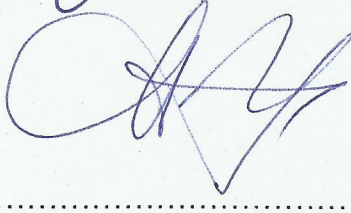
Prof. Dr. Erdin BOZKURT
Başkan



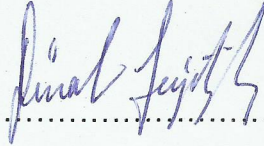
Prof. Dr. R. Kadir DİRİK
Danışman



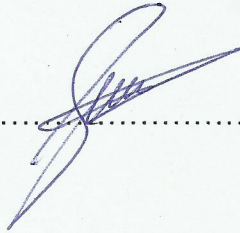
Prof. Dr. M. Tekin YÜRÜR
Üye



Prof. Dr. Gürol SEYİTOĞLU
Üye



Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **DOKTORA TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- ☐ Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.

(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)

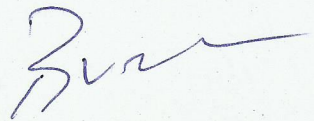
- ☒ Tezimin/Raporumun 14.02.2021 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.

(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)

- ☐ Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.

- ☐ Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

14 / 02 / 2018



Burcu KAHRAMAN

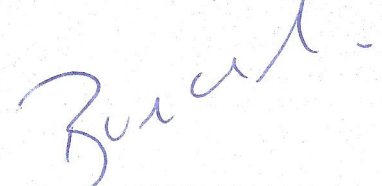
ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

14/02/2018


Burcu KAHRAMAN

ÖZET

MİHALIÇÇIK VE SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR, TÜRKİYE) ARASINDA KALAN BÖLGENİN NEOJEN YAPISAL EVRİMİ

Burcu KAHRAMAN

Doktora, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez danışmanı: Prof. Dr. R. Kadir DİRİK

Şubat 2018, 154 sayfa

Kretase sonrası dönemde Tetis Okyanusu'nun evrimi sürecinde, Pontid ve Anatolid-Torid bloklarının çarpışmasının sonucunda, Orta Anadolu Bölgesi'nde yoğun deformasyonlar gösteren Orta Anadolu havzaları, birbirinden farklı tektono-stratigrafik evrim geçirmişlerdir. Anadolu'da neotektonik rejimin etkilerinin zamansal ve mekânsal olarak gösterdiği deformasyon farklılıklarının en iyi izlendiği alanlar da bu havzalardır. Sivrihisar Neojen Havzası içerisinde yer alan çalışma alanı, Tavşanlı Zonu'na ait Mesozoyik yaşlı temel kayalar ile bunların üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı görsel ağırlıklı sedimanter birimlerle temsil edilmektedir. Neojen birimlerinin depolanma süreçleri boyunca, iklimsel değişimlerle birlikte tektonizmanın da etkisi ile klastik, karbonat ve evaporit ağırlıklı birimlerin tekrarlı ve zaman zaman da birbirleriyle geçişli olarak depolanmasına neden olmuştur.

Başlangıçta Anatolid-Torid ve Pontid bloklarının çarpışması sonrası dağ arası havza olarak gelişimine başlayan çalışma alanı, Kuzey Anadolu Fay Sistemi ve İnönü-Eskişehir Fay Sistemi gibi iki önemli fay sisteminin arasında yer alan jeolojik konumu dolayısıyla daha sonrasında fay kontrollü olarak gelişimini sürdürmüştür.

Yapılan arazi gözlemleri, paleo-gerilme analizleri ve deprem çözümlemeleri birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanının neotektonik dönemde üç farklı tektonik rejimin etkisi altında kaldığı söylenebilmektedir. Bunlar, bölgeyi Miyosen-Pliyosen aralığında etkileyen yaklaşık K-G açılma rejimi, Pliyosen'den itibaren etkili olan transtansiyonel ve günümüzde etkin olan transpresyonel rejimdir. Bölgede etkili olan depremler düşünüldüğünde ise bölgenin günümüzde sismik aktivitesini sürdürdüğü görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Sivrihisar, Mihalıççık, İnönü-Eskişehir Fay Sistemi, Neojen, neotektonik



ABSTRACT

NEOGENE STRUCTURAL EVOLUTION OF THE AREA BETWEEN MİHALIÇÇIK AND SİVRİHİSAR (ESKİŞEHİR, TURKEY)

Burcu KAHRAMAN

Doctor of Philosophy, Department of Geology

Supervisor: Prof. Dr. R. Kadir DİRİK

February 2018, 154 pages

During the post-Cretaceous evolution of Tethys Ocean, Central Anatolia Basins showing intense deformations in Central Anatolia Region have been experienced different tectono-stratigraphic evolutions as a result of the collision of Pontide and Anatolide-Tauride blocks. These basins are also the best examples showing spatial and temporal deformation varieties of the neotectonic regime effects in Anatolia. Study area located in the Sivrihisar Neogene Basin, is represented with the Mesozoic basement rocks of Tavşanlı Zone and the Neogene fluvial sedimentary units lying unconformably on top. During the deposition of Neogene units, climatic changes and effects of the tectonism caused to the mostly successional and sometimes transitional deposition of clastics, carbonates and evaporitic units. In the beginning of its evolution, the study area was an inter-mountain basin due to the collision of the Anatolide- Tauride and Pontide blocks. Because it is located between the North Anatolian Fault System and İnönü-Eskişehir Fault System, tectonism has been controlling the evolution of the study area.

When the field investigations, paleo-stress analyzes and earthquake analyzes are evaluated together, it can be stated that the study area is under the influence of three different tectonic regimes in the neotectonic period. These are the nearly N-S extensional regime affecting the Miocene-Pliocene interval of the region, and the transgressional regime effective from the Pliocene, and the transpressional regime which is active today. Considering the earthquakes that are effective in the region, it may be seen that the region continues its seismic activity nowadays.

Keywords: Sivrihisar, Mihalıççık, İnönü-Eskişehir Fault System, Neogene, neotectonic



TEŞEKKÜR

Doktora sürecim boyunca bana rehberlik eden danışmanım değerli Prof.Dr. R.Kadir DİRİK'e, tez izleme komitelerinde sabırla bana destek veren ve tezin şekillenmesinde büyük katkıları olan Prof.Dr. Erdin BOZKURT (ODTÜ) ve Prof.Dr. M.Tekin YÜRÜR'e, tez savunma sınavı sonrası önerileri ile tezin gelişimine önemli katkıda bulunan Prof.Dr. Gürol SEYİTOĞLU (A.Ü.) ve tez çalışmamın son halini okuyarak önerilerde bulunan Prof.Dr. Emel BAYHAN'a,

Başlangıçta tez çalışma alanımı seçmem de yardımcı olan ve sonrasında tez savunma sınavı sonrası önerileri ile tezin son halini almasında katkı koyan Doç.Dr. Erman ÖZSAYIN'a,

Bölgeyle ilgili düşüncelerini samimiyetle paylaşan Prof.Dr. Bora ROJAY'a (ODTÜ),

Arazi çalışmalarında farklı zamanlarda ve farklı sürelerde bana eşlik eden Yrd.Doç.Dr. Serkan ÜNER (YYÜ), Yük.Müh. Alkor KUTLUAY, Çağrı GÜZGÜN ve İsmail AYDOĞDU'ya,

Hem arazi hem de ÖSK çalışmalarında destek veren ve paleontolojik tanımlarda yardımcı olan Arş.Grv. Alaettin TUNCER'e,

Yine paleontolojik tanımlamalarda yardımcı olan Doç.Dr. Burçin Aşkın GÜMÜŞ'e (G.Ü.) ve palinolojik tanımlamalarda yardımcı olan Doç.Dr. Serkan AKKİRAZ'a,

Bölgede yapılan sondajlarının temininde destek veren Yük.Müh. Sermin ÖZSAYIN'a (DSİ),

Kil zenginleştirme laboratuvar çalışmaları için bilgilerini benimle paylaşan ve yüreklendiren Dr. Tonguç UYSAL'a (CSIRO Enerji, Avustralya), laboratuvarı kullanmamda anlayış gösteren Prof.Dr. Abidin TEMEL'e, XRD analizlerinde destek veren teknisyen Gülay KILINÇ'a, hem laboratuvar çalışmalarındaki desteği hem de kıymetli arkadaşlığı için uzman kimyager Esra KILIÇ'a,

Petrografi tanımlamalarındaki desteği için Arş.Grv. Caner DİKER'e,

Elekton mikroskobu ile yapılan çalışmalardaki desteği için Prof.Dr. Erkan AYDAR'a,

Kendi elde ettiği deprem moment çözümlerini sakınmadan benimle paylaşan Prof.Dr. Ünal DİKMEN'e (A.Ü.),

Şimdi uzaklarda da olsa hala hissettiğim kıymetli desteği ve abiliği için rahmetli Dr. Okan DELİBAŞ'a,

Acımı da sevincimi de benim kadar hissettiklerini bildiğim, çalışmamın her aşamasında yanımda olduklarını hissettiren Arş.Grv. Yağmur İNAL EMİROĞLU ve Arş.Grv.Dr. Güllü Deniz KÜLAHÇI'ya,

Her şeyden herkesten öte, her zaman ama kelimenin tam anlamıyla her zaman yanımda olduklarını bildiğim değerli ailem Yıldız KAHRAMAN, Cafer KAHRAMAN ve Burçin ER'e **içtenlikle teşekkür ederim.**

Bu çalışma, Hacettepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi, 014 D02 602 007-522 numaralı projesi tarafından desteklenmiştir.

Burcu Kahraman

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK	
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER	ix
ŞEKİLLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanı	1
1.2. Bölgesel Jeoloji	4
1.3. Önceki Çalışmalar	6
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	8
1.5. Çalışma Yöntemleri	10
1.5.1. Arazi çalışmaları	10
1.5.2. Laboratuvar çalışmaları	11
1.5.3. Büro çalışmaları	12
2. BÖLGEDEKİ KAYAÇ BİRİMLERİ VE ÖZELLİKLERİ	13
2.1. Temel Kayaçlar	17
2.1.1. Karkın Formasyonu	17
2.1.2. Zeyköy Formasyonu	17
2.1.3. Tavşanlı Zonu Metamorfikleri	18
2.1.4. Ofiyolitik Kayaçlar	21
2.1.5. Granitoidler	21
2.1.6. Mamuca Formasyonu	22
2.2.1. Sakarya Formasyonu	23
2.2.1.1. Kumtaşı, Çakıltası Fasiyesi (Skk)	24
2.2.1.2. Volkanikler (Svb)	26
2.2.1.3. Jips Ara Katkılı Silisifiye Dolomitik Kireçtaşı Fasiyesi (Sdk-Sj)	27
2.2.2. Porsuk Formasyonu	28
2.2.2.1. Kırmızı Renkli Kumtaşı, Çakıltası Fasiyesi (Np1)	29
2.2.2.2. Yeşil Renkli Marn Kilaşı Fasiyesi (Np2)	29
2.2.2.3. Killi Kireçtaşı Fasiyesi (Np3)	30
2.2.2.4. Jips Arakatkılı Kilaşı Marn Fasiyesi (Np4)	30
2.2.3. Güncel Çökeller	31
2.2.3.1. Traverten	31
2.2.3.2. Eski Alüvyon (Qa1)	32
2.2.3.3. Güncel Alüvyon (Qa2)	32
2.2.4. Ölçülü Stratigrafik Kesit Çalışmaları (ÖSKlar)	33
2.2.4.1. Kızılbel Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK1)	33
2.2.4.2. Hamitağa Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK 2)	35
2.2.4.3. Sazak Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK3)	37
3. BÖLGENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ	39
3.1. Faylar ve Paleo-Gerilme Analizleri	39
3.1.1. Eğim Atımlı Faylar	43
3.1.1.1. Sarıkavak Fayı	43

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
3.1.1.2. Karkın Fayı.....	45
3.1.1.3. Zeyköy Fayı.....	46
3.1.1.4. Yaylaköy Fayı.....	46
3.1.1.5. Yunus Emre Fayı (Lokasyon-1).....	48
3.1.1.6. Lokasyon 2.....	60
3.1.1.7. Lokasyon-3.....	61
3.1.1.8. Lokasyon-4.....	62
3.1.1.9. Lokasyon-5.....	64
3.1.1.10. Lokasyon-6.....	66
3.1.1.11. Lokasyon 7.....	67
3.1.2. Doğrultu Atımlı Faylar.....	68
3.1.2.1. Lokasyon-8.....	68
3.1.2.2. Lokasyon-9.....	71
3.1.2.3. Lokasyon-10.....	74
3.1.2.4. Lokasyon-11.....	74
3.1.2.5. Lokasyon-12.....	78
3.1.2.6. Lokasyon-13.....	81
3.1.2.7. Lokasyon-14.....	83
3.1.2.9. Lokasyon-15.....	84
3.1.2.10. Lokasyon-16.....	85
3.1.3. Olası Faylar.....	90
3.1.3.1. Kertek Fayı.....	90
3.1.3.2. Kayı Fayı.....	92
3.2. Eklemler.....	94
3.2.1. Traverten.....	94
3.2.2. Klastik Dayk.....	96
3.3. Kıvrımlar.....	98
4. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ.....	100
5. HAVZANIN NEOTEKTONİK GELİŞİMİ.....	105
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....	110
KAYNAKLAR.....	115
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 3.1. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda bulunan ve kuzey duvarda ölçülen fayların kayma verileri (N: normal, D: sağ yanal doğrultu atım, R: ters)...	57
Çizelge 3.2. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda bulunan fayların tabakalar yatayken (sedimentasyonla eş yaşı) oluşmuş olması durumunda hesaplanan kayma verileri.....	59
Çizelge 3.3. Lokasyon 2'den toplanan fay kayma verileri (N: normal).....	62
Çizelge 3.4. Lokasyon 3'ten toplanan fay kayma verileri (N: normal).....	63
Çizelge 3.5. Lokasyon 5'ten toplanan fay kayma verileri (N: normal).....	65
Çizelge 3.6. Lokasyon 6'dan toplanan fay kayma verisi (N: normal).....	66
Çizelge 3.7. Lokasyon 7'den toplanan fay kayma verileri (R: ters).....	68
Çizelge 3.8. Lokasyon 8'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	70
Çizelge 3.9. Lokasyon 9'dan toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	72
Çizelge 3.10. Lokasyon 10'dan toplanan fay kayma verisi (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	74
Çizelge 3.11. Lokasyon 11'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	77
Çizelge 3.12. Lokasyon 12'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	81
Çizelge 3.13. Lokasyon 13'ten toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı, S: sol yanal doğrultu atım).....	83
Çizelge 3.14. Lokasyon 14'ten toplanan fay kayma verileri (S: sol yanal doğrultu atım).....	84
Çizelge 3.15. Lokasyon 15'ten toplanan fay kayma verisi (D: sağ yanal doğrultu atımlı).....	85
Çizelge 3.16. Lokasyon 16'dan toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı, S: sol yanal doğrultu atım).....	89

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1. a) Türkiye haritası (çerçeve b'deki alanı temsil etmektedir), b) çalışma alanı ve yakın çevresi (kırmızı çerçeve çalışma alanı), c) çalışma alanının detaylı yer bulduru haritası.....	2
Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın civarının sayısal yükseklik modeli. Bölgenin kuzeyinde ve güneyinde, orta ve güneydoğu kesimlere göre daha yüksek kesimlerin bulunduğu görülmektedir.....	3
Şekil 1.3. Türkiye tektonik birliklerinin haritası [4, 5'ten alınmıştır]. Kırmızı çerçeve çalışma alanını temsil etmektedir.....	5
Şekil 1.4. Türkiye'nin ana neotektonik unsurları ve çalışma alanının konumu (kırmızı çerçeveli alan) (Koçyiğit [20]'den alınmıştır).....	6
Şekil 1.5. İEFS'nin konumunu, sisteme ait fay zonları ve bu zonlardaki çalışmaları gösteren harita (çalışmalar ve çalışma alanları aynı renkle gösterilmiştir) [38, 32, 36, 39, 37, 33, 44, 34, 35, 40-43].....	9
Şekil 1.6. Çalışma alanının yer aldığı paftaların indeksinin gösteren harita. Çalışma alanı Eskişehir İ26, J26 ve Ankara İ27-J27 1/100000 ölçekli paftaları içerisinde yer almaktadır.....	11
Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası ([25, 30, 45]'ten bazı birim sınırları ve yapısal unsurlar değiştirilerek alınmıştır.).....	14
Şekil 2.2. Çalışma alanındaki birimlerin stratigrafisi (Gözler vd. [25] ve Zeybek [30]'den faydalanılarak çizilmiştir).....	15
Şekil 2.3. Çalışma alanında bulunan kayaçların yapısal ilişkilerini gösteren jeolojik kesit. Kesit hattı ve birim açıklamaları için şekil 2.1'e bakınız. Kesitin güneybatı kesimi için Okay [5] ve Whitney vd. [46]'den faydalanılmıştır.....	16
Şekil 2.4. Zeyköy kuzeyinde KB-GD doğrultulu Zeyköy Formasyonu'na ait Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve mermer ocağı olarak işletilen kısmı görülmektedir. Zeyköy Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğrultusu yaklaşık doğrusal bir hat izlemektedir. Sol alt köşede görünen yerleşim Zeyköy'dür...	18
Şekil 2.5. Zeyköy kuzeyinde gözlenen Zeyköy Formasyonu'na ait kireçtaşları ile Mamuca Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıltası birimleri arasındaki dokanak gösterilmiştir. Bu ilişki uyumsuzluk iken, günümüzde normal faylı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kuzeyde Karaçam civarında yer alan ofiyolitik kayaçlar da görülmektedir.....	18

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 2.6. a) Kertek Köyü kuzeydoğusunda gözlenen Sivrihisar Formasyonu'na ait mermerler ve mikaşistler. Formasyon içerisinde bu iki kaya türü yaklaşık yarı yarıya bulunur [57], b) mermerlerin ve c) mikaşistin yakından görünümü.....	19
Şekil 2.7. Kertek Köyü kuzeydoğusunda yer alan mermerlerde gözlenen küçük ölçekli asimetrik kıvrımlar.....	20
Şekil 2.8. a) Üçbaşı civarında görünen Mihaliççik metamorfiklerine ait yeşilşistler ve b) Ahurözü doğusunda gözlenen mavişistler.....	21
Şekil 2.9. Mamuca Formasyonu'nun alt seviyelerinde gözlenen çakıltaş, kumtaş, çamurtaş birimleri. Birimin faylanmalar dolasıyla deforme olduğu görülmektedir. Bakış yönü güneydoğu.....	23
Şekil 2.10. Yunus Emre Köyü güneyinde gözlenen kumtaş-çakıltaş fasiyesine ait güneydoğuya eğimli tabakalar görülmektedir.....	24
Şekil 2.11. Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaş, çakıltaş fasiyesinin yakından görünümü (Yaylaköy kuzeyi).....	25
Şekil 2.12. Yaylaköy kuzeybatısında görülen Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaş, çakıltaş fasiyesinin içerisinde gözlenen gastropod fosilleri.....	25
Şekil 2.13. Yaylaköy güneyinde Sakarya Formasyonu'na ait kumtaş, çakıltaş fasiyesi nankonformite (kayaç türü uyumsuzluğu) ile ofiyolitik kayaçları örtmektedir (Bakış yönü batı).....	26
Şekil 2.14. a) Oğlakçı kuzeydoğusunda bazaltik lav akmaları şeklinde görülen volkanik kayaçların uydu görüntüsü. Üzerine Sakarya Formasyonu'na ait dolomitik kireçtaş fasiyesinin geldiği görülmektedir. b) Birimlerin arazideki görünümleri (sdk: silisifiye dolomitik kireçtaş, svb: volkanik fasiyesi).....	27
Şekil 2.15. Kızılbel Mevki Akpınar Tepe'de gözlenen eğimli dolomitik kireçtaşları. Buradaki kireçtaşları antiklinalin bir kanadını oluşturmaktadır.....	27
Şekil 2.16. Oğlakçı kuzeydoğusunda gözlenen kireçtaşlarındaki silis bantları görülmektedir.....	28
Şekil 2.17. Yunus Emre Köyü kuzeybatısında gözlenen Porsuk Formasyonu'na ait kırmızı renkli kumtaş, çakıltaş fasiyesi.....	29

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 2.18. Biçer Köyü kuzeyindeki killi kireçtaşı fasiyesinin uzaktan görünümü. Kireçtaşı seviyeleri kalın tabakalı olarak görülmektedir.....	30
Şekil 2.19. Havza kenarlarında Np1 üzerinde Np3 geldiği görülmektedir.....	30
Şekil 2.20. Ömerler Köyü güneyinde fasiyesin genel görünümü.....	30
Şekil 2.21. Yunus Emre Köyü güneyinde yer alan traverten ile Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı çakıltası fasiyesinin ilişkisi görülmektedir.....	31
Şekil 2.22. Travertenin temiz yüzeylerine ait bir görüntü.....	31
Şekil 2.23. Yaylaköy'ün kuzeydoğusunda gözlenen eski alüvyon çökelleri...	32
Şekil 2.24. Çalışma alanında güncel akarsuların kenarlarında depolanan kum, çakıl boyutunda pekişmemiş çakıllar.....	32
Şekil 2.25. Kızılbel ÖSK'sı Sakarya Formasyonu'nun üst seviyelerinden ölçülmüş olup hakim litolojiyi karbonatlı kayalar oluşturmaktadır (Kızılbel Mevki).....	33
Şekil 2.26. Kızılbel ölçülü stratigrafik kesiti. Kızılbel Mevkii'nde ölçülmüştür. Eskişehir İ27-a4 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları 0381328 D / 4401333 K, bitiş koordinatları ise 0381521 D / 4401799 K'dir..	34
Şekil 2.27. Hamitağa ÖSK'sının karşıdan görünümü (Bakış yönü kuzeybatı).	35
Şekil 2.28. Hamitağa ölçülü stratigrafik kesiti. Yunus Emre kuzeyinde, Hamitağa'da ölçülmüştür. Eskişehir İ26-c2 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları 0370045 D / 4398748 K, bitiş koordinatları ise 0370058 D / 4398837 K'dir.....	36
Şekil 2.29. Sazak ÖSK'sının ölçüldüğü fasiyesler görünmektedir (Sazak Köyü).....	37
Şekil 2.30. Sazak ölçülü stratigrafik kesiti. Sazak civarında ölçülmüştür. Eskişehir İ27-a4 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları 0381195 D / 4405618 K, bitiş koordinatları ise 0381223 D / 4405710 K'dir.	38
Şekil 3.1. Çalışma alanında yer alan yapısal unsurlar.....	41
Şekil 3.2. $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ formülü dikkate alınarak gerilme oranı (R) 'nin yönelimine bağlı gerilme ortamlarının temsili gösterimi. Siyah oklar sıkışma beyaz oklar ise açılma yönünün yatay bileşenini göstermektedir ([73]'den alınmıştır).....	41

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.3. Çalışma alanının jeoloji haritası üzerinde fay düzlem verisi toplanan lokasyonlar ve paleo-gerilme analizi sonuçları.....	42
Şekil 3.4. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli üzerinde fayların görünümü.....	44
Şekil 3.5. Sarıkavak, Karkın ve Zeyköy faylarının uydu görüntüsünde görünümü (Fm.: Formasyon).....	45
Şekil 3.6. İğdecik Köyü batısında gözlenen Zeyköy Fayı'nın tavan bloğunda yer alan birimler. Birimlerin çok fazla deforme olduğu görülmektedir.....	46
Şekil 3.7. a) Yaylaköy Fayı ve civarının uydu görüntüsü, b) Yapılar ve ilişkileri görülmektedir. Fayın geçtiği hat kırmızı üçgenlerle işaretlenmiştir. Beyaz üçgenle belirtilen nokta, yaklaşık faya paralel bir eklem olduğu yeri işaret etmektedir. Bu eklem boyunca hidrotermal çözeltilerin yüzeye çıktığı gözlenmiştir. c) Yaylaköy ve Yunus Emre faylarının kestiği birimleri ve ilişkileri gösteren jeolojik kesitler (kesit hatları için b'ye bakınız.).....	47
Şekil 3.8. Yaylaköy Fayı'nın tavan bloğunda bulunan Pliyosen yaşlı birimlerin güneye eğimli tabakaları. Yaylaköy ile Yunus Emre Köyü arasındaki yol yarmalarında izlenebilmektedirler. Bu birimler çok sayıda normal ve doğrultu atımlı faylar tarafından kesilmiştir.....	48
Şekil 3.9. Oğlakçı kuzeydoğusundaki Miyosen yaşlı dolomitik kireçtaşlarında Yaylaköy Fayı boyunca gelişen ötelenme.....	48
Şekil 3.10. YHT hattının KD-GD gidişi görülmektedir (Yunus Emre Köyü güneydoğusu). Yeşilimsi görülen kısımlar temel kayalar, açık renkli kısımlar ise Pliyosen yaşlı örtü birimlerdir. Görüntünün yorumlanmış hali için şekil 3.11'e bakınız.....	49
Şekil 3.11. a) Yunus Emre YHT hattı kuzey duvarında görülen birimlerin panoramik görüntüsü, b) görüntünün yorumlanmış hali ve c) mostranın şematik çizimidir. Temel kayalar ve Pliyosen yaşlı örtü birimleri arasındaki ezik zon dolayısıyla faylı ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca fayın tavan bloğunda yer alan örtü kayaların faydan uzaklaştıkça yataylandığı görülmektedir (Bakış yönü K).....	50
Şekil. 3.12. a) Yunus Emre Fayı'nın taban bloğunda Tavşanlı Zonu metamorfiklerine ait mermer ve şistlerin faylı dokanağı ve b) Yunus Emre Fayı'nın oluşturduğu ezik zon görülmektedir.....	51
Şekil 3.13. a) Yunus Emre YHT hattı güney duvarında Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda yer alan faylar ve b) görüntünün yorumlanmış halidir (bakış yönü G).....	52

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

- Şekil 3.14. Yunus Emre YHT hattı kuzey duvarında örtü birimlerde görülen kırıkların yorumlanmış hali ve çerçeveli alanlar yakından görünümüdür. D-B paralel çizgiler YHT hattı duvarının basamaklarıdır. Basamakların genişliği yaklaşık 3 m'dir. Birimler, farklı doğrultularda ve türlerde birçok fay tarafından deforme olmuştur..... 53
- Şekil 3.15. YHT hattı duvarlarında görülen ezik zondan doğuya doğru uzaklaştıkça her iki tarafta da tabakaların yatay olduğu, daha da ilerledikçe birimlerin eğim yönünün batıya doğru olduğu ve bu birimlerin bir senklinalin kanatlarını oluşturduğu görülmektedir, a) kuzey duvarın görünümü b) güney duvarın görünümüdür..... 54
- Şekil 3.16. Yaylaköy ve Yunus Emre faylarını ve yakın çevresini gösteren detay harita. Yaylaköy Fayı'nın doğrultusu boyunca hidrotermal solüsyonlar bir dayk gibi yüzeylemiştir. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki Pliyosen yaşlı kumtaşı, çakıltası birimlerinde faya bağlı bir senklinal geliştiği görülmektedir. Harita açıklamaları için şekil 3.3'e bakınız..... 55
- Şekil 3.17. Kıvrımlanma mekanizması. a) Bir kıvrımın dış yüzeyinde tabakaya paralel uzama görülürken, iç yüzeyinde tabakaya paralel kısalma görülmektedir [75]. b) Bir kıvrımın kısalan iç yüzeyinde ters faylar oluşurken uzayan dış yüzeyinde normal faylar oluşmaktadır [76]. C'de olduğu gibi Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki faylar, çekme kıvrımına bağlı gelişen senklinale bağlı oluşmuş olabilirler..... 56
- Şekil 3.18. YHT hattı güney duvarında Pliyosen yaşlı örtü kayalarda görülen a) çekme kıvrımı ve tabakalar b) görüntünün yorumlanmış hali. Fayın tüm tabakaları deforme etmediği görülmektedir..... 57
- Şekil 3.19. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki faylardan ölçülen kayma verilerinin paleo-gerilme analizi..... 58
- Şekil 3.20. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki fayların tabakalar yatayken oluşmuş olması durumunda hesaplanan kayma verilerinin paleo-gerilme analizi. Bu konumdaki fay türleri bilinmediği için programa fay türü belirtilmemiştir. Program veriler birbiriyle uyumlu olacak şekilde fay türlerini kendisi hesaplamıştır..... 59
- Şekil 3.21. a) Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerinde görülen normal fay, b) görüntünün yorumlanmış hali..... 60

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.22. a) Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerinde görülen normal faylar ve birbirleriyle ilişkileri görülmektedir, b) görüntünün yorumlanmış halidir, tabakaların ucu faya yaklaştıkça kıvrılmıştır, kesikli mavi çizgi tabakanın olası devamını gösterir, düz çizgi ise şu anki konumunu temsil etmektedir. c ve d) b'de gösterilen düzlemlerin yakından gösterimidir. Fay çiziklerinin eğime paralel olduğu görülmektedir.....	61
Şekil 3.23. Lokasyon 2'ye ait gerilme yönleri.	62
Şekil 3.24. a) Eğim atımlı normal bileşene sahip fayın uzaktan görünümü, siyah çizgiler düzlemin doğrultusunu gösterirken kırmızı çizgiler fay çiziklerine paraleldir. b) Düşeye yakın fay çiziklerinin yakından görünümü...	63
Şekil 3.25. a) Travertende oluşan ötelenme görülmektedir. b) Görüntünün yorumlanmış halinde traverten bantları mavi olarak gösterilmiştir, ezik zon ise siyah renkle sınırlandırılmıştır.....	64
Şekil 3.26. a) Fay düzleminin uzaktan, b ve c) yakından görünümü. C'de düşeye yakın fay çizikleri görülebilmektedir.....	65
Şekil 3.27. a) Miyosen yaşlı silisifiye ara katkılı kireçtaşlarındaki normal fay görülmektedir. b) Fay düzlemi ve fay çizikleri görülmektedir.....	66
Şekil. 3.28. İbikseydi'nin kuzeyinde bir yol yarmasında a) güneye eğimli ters fay düzleminin ötelediği Pliyosen yaşlı birimler, b)fay düzleminin farklı bir açıdan görünümü ve c) düzlemin yakından görünümü. Düzlem üzerinde eğim atımlı çizikler görülmektedir.....	67
Şekil 3.29. a) Şekil 3.28'de verilen düzlemin devamı görülmektedir (yol yarmasının karşısı), b) düzlemin yakından görünümü.....	67
Şekil 3.30. Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı fayın görünümü.....	68
Şekil 3.31. a) Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı fayın görünümü, b) fay düzlemi ve fay çiziklerinin yakından görünümü.....	69
Şekil 3.32. a) Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay görülmektedir. b) Fay düzlemi ve fay çizikleri yakından görülmektedir.....	70
Şekil 3.33. Lokasyon 8'e ait verilere göre yapılan analiz sonucu.....	71

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.34. Sağ yanal doğrultu atımlı fayların görünümü, siyah çizgiler düzlemin doğrultusunu gösterirken kırmızı çizgiler fay çiziklerine paraleldir.	72
Şekil 3.35. Lokasyon 9'a ait gerilme yönleri.....	73
Şekil 3.36. Çakıldaşlarında görülen normal ve doğrultu atımlı faylar.....	73
Şekil 3.37. Traverten kesen fay düzleminin görünümü.....	74
Şekil 3.38. Çakıldaş, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve yakın görünüm. Çerçeve içindeki fay düzleminin yakından görünümüdür. Çekice paralel fay çizikleri görülmektedir.....	75
Şekil 3.39. Pliyosen yaşlı çakıldaş, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve yakın görünüm. Çerçeve içindeki fay düzleminin yakından görünümüdür. Yataya yakın fay çizikleri görülmektedir.....	76
Şekil 3.40. a) Pliyosen yaşlı çakıldaş, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve b) yakın görünümü görülmektedir. Düzlem üzerindeki yataya yakın fay çizikleri görülmektedir.....	77
Şekil 3.41. Lokasyon 11'den alınan ölçümlerin analiz sonucu.....	78
Şekil 3.42. Pliyosen yaşlı çakıldaş, kumtaşı birimlerini deforme eden faylar (a) ve düzlemlerin yakından görünümü (b ve c).....	79
Şekil 3.43. Yan kayaçta faylanmayla ilişkili mangan saçınımları (siyah kısımlar mangan mineralleridir).....	80
Şekil 3.44. Alınan el örneğinden yapılan ince kesitlerde çakılları saran siyah renkli mangan (Mn) mineralleri görülmektedir. (a ve b aynı görüntüye ait sırasıyla 1. ve 2. Nikol görüntüleridir, c ve d başka bir görüntünün sırasıyla 1. ve 2. Nikol görüntüleridir.).....	80
Şekil. 3.45. Lokasyon 12'den alınan ölçümlerin analiz sonucu.....	81
Şekil 3.46. Kayı güneyinde Pliyosen yaşlı çakıldaş, kumtaşı birimlerinde gözlenen faylar görülmektedir. Fay düzlemlerinin yakından görünümüleri (b, c ve d) için şekil 3.47'ye bakınız.....	82
Şekil 3.47. Şekil 3.46'daki fayların düzlemlerinin yakından görünümü. Çiziklerin yataya yakın oldukları görülmektedir.....	82
Şekil 3.48. Lokasyon 13'e ait verilerin analiz sonucu.....	83

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.49. a) Diközü batısında bulunan doğrultu atımlı fayların görünümü, b) ve c) de düzlemler yakından görülebilmektedir.....	84
Şekil 3.50. Pliyosen yaşlı karbonatlı birimleri kesen faya ait görüntüler, a) düzlemin uzaktan görünümü, b) düzlem yakından görülmektedir, çekiç çiziklere paralel olarak durmaktadır.....	85
Şekil 3.51. Biçer kuzeydoğusunda bulunan fayların uydu görünümü. Fayların yaklaşık K-G doğrultulu olduğu ve birbirlerine paralel oldukları görülmektedir.....	86
Şekil 3.52. a) Sol yönlü doğrultu atımlı fayın genel gidişi (bakış yönü kuzey) ve b) düzlemin ve üzerinde bulunan fay çiziklerinin yakından görünümü.....	87
Şekil 3.53. a) Sağ yönlü doğrultu atımlı fayın genel gidişi (bakış yönü güney) ve b) düzlemin ve üzerinde bulunan fay çiziklerinin yakından görünümü.....	88
Şekil 3.54. Lokasyon 16'ya ait verilerin analiz sonucu.....	89
Şekil 3.55. Kertek Fayı'nın Sivrihisar'dan doğuya doğru uzanan bir hat boyunca mermerler ve alüvyon çökellerini biraraya getirdiği görülmektedir....	90
Şekil 3.56. Mermerlerin güneyinde alüvyon çökelleri görülmektedir.....	91
Şekil 3.57. Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinde Kertek Fayı'nın doğrultusuna dik çizilen A-B kesitinde Kertek Fayı'nda gerçekleşen düşey atım görülmektedir.....	91
Şekil 3.58. Kertek Fayı'nın oluşturduğu çizgisellik boyunca ölçülen L_{mf} ve L_s değerleri görülmektedir.....	92
Şekil 3.59. Kayı Fayı'nın Güce'nin güneyinden Kayı'nın kuzeyinden geçerek doğuya doğru uzanan bir hat boyunca oluşturduğu çizgisellik görülmektedir.	93
Şekil 3.60. Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinde Kayı Fayı'nın doğrultusuna dik çizilen A-B kesitinde Kayı Fayı'nda gerçekleşen düşey atım görülmektedir.....	93
Şekil 3.61. Kayı Fayı'nın oluşturduğu çizgisellik boyunca ölçülen L_{mf} ve L_s değerleri görülmektedir.....	94

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 3.62. Günümüzde işletilmiş olan traverten çökelinin işletilmeden önceki tarihte alınan bir uydu görüntüsünde doğrultusunun yaklaşık D-B olduğu görülmektedir.....	95
Şekil 3.63. a) Traverten çökelinin arazideki görünümü, b) travertenin temiz yüzeyinde gözlenen bantlar ve onu kesen ağısı damarlar, traverten damar ağı ve basınçlı akışkan (hidrolik kırılmaya uğramış) tarafından dokusu bozulan bol çatlaklı yapıya sahip breş.....	96
Şekil 3.64. Çakıлтаşı, kumтаşı birimlerini kesen hidrotermal solüsyonların sonucu olarak oluşmuş klastik daykın görünümü.....	97
Şekil 3.65. Çakıлтаşı, kumтаşı birimlerini kesen hidrotermal solüsyonların sonucu olarak oluşmuş klastik daykın a ve b) yakından görünümü.....	97
Şekil 3.66. Klastik dayka ait iki ince kesitin görüntüleri görülmektedir (a ve c 1.nikol görüntüleri, b ve d ise 2.nikol görüntüsüdür), kesitte hidrotermal alterasyon görülmektedir.....	98
Şekil 3.67. a) Akkaya Tepe civarında görülen kıvrımların uydu görüntüsü. Eksenlerin KB-GD gidişli olduğu görülmektedir. b) Kıvrımların arazide görünümü. c) Antiklinalin çekirdeğinde temel kayalar ve Pliyosen yaşlı birimlerin ilişkisi görülmektedir.....	99
Şekil 4.1. 1900'den günümüze kadar Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen $M \geq 4.0$ olan depremlerin dağılımı. Çalışma alanında $M \geq 4.0$ olan deprem görülmemektedir [86].....	100
Şekil 4.2. a) Eskişehir İli'nin depremselliği (b) ve çalışma alanı [87].....	101
Şekil 4.3. Aletsel dönemde çalışma alanı ve yakın çevresinde olan depremlerin merkez üsleri görünmektedir [86].....	101
Şekil 4.4. Aletsel dönemde çalışma alanı ve yakın çevresinde olan depremlerin merkez üsleri görünmektedir [87].....	102
Şekil 4.5. Kuzeybatı Anadolu'nun 1:500000 ölçekli sismotektonik haritası (MTA [88]' dan alınmıştır). Çerçeve çalışma alanını temsil etmektedir. Çalışma alanı içerisindeki iki depremin moment çözümü görülmektedir.....	103
Şekil 4.6. Çalışma alanındaki depremlerden elde edilen iki deprem moment çözümüne göre, ele alınan depremlere (1 ve 2) sebep olan fay türü doğrultu atım bileşenine sahip ters faydır. a) Esas düzlem A düzlemi ise sol yönlü doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters faydır, b) B düzlemi ise sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters faydır.....	104

ŞEKİLLER (devam ediyor)

Sayfa

Şekil 5.1.Çalışma alanını etkileyen neotektonik rejimler, bu rejimlerle meydana gelmiş olabilecek yapılar ve olası yaşları görülmektedir.....	107
Şekil 5.2. İEFS'nin sayısal yükseklik modeli üzerinde görünümü. Sivrihisar civarında İEFS'nin sağa büküm yaptığı görülmektedir. Bu da çalışma alanında transtansiyonel bir rejime yol açmıştır.....	109
Şekil 6.1. Geç Senozoyik döneminde KB Orta Anadolu'yu etkileyen neotektonik rejimin niteliğiyle ilgili görüşler. Kırmızı daralmalı, mavi ise genişlemeli tektonik rejimin etkin olduğu zaman aralığını gösterir ([23]'den alınmıştır).	111
Şekil 6.2. Miyosen döneminde Beypazarı ve Sivrihisar havzaları arasında yorumlanan paleoyükselim (Karakaş [66]'dan alınmıştır).....	113
Şekil 6.3.Çalışma alanı ve çevresindeki çalışmalar görülmektedir. Siyah çerçeveli alan çalışma alanını temsil etmektedir. Çalışma KAFS ve İEFS arasındaki kinematik verilerin aynı olduğu görülebilmektedir.....	114

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Φ	Phi
σ_1	En büyük asal gerilme yönü, Sigma 1
σ_2	Ortanca asal gerilme yönü, Sigma 2
σ_3	En küçük asal gerilme yönü, Sigma 3

Kısaltmalar

K	Kuzey
G	Güney
D	Doğu
B	Batı
km	Kilometre
m	Metre
cm	Santimetre
km ²	Kilometrekare
Bkz.	Bakınız
vd.	Ve diğerleri
Yük.Müh.	Yüksek Mühendis
Arş.Grv.	Araştırma Görevlisi
A.Ü.	Ankara Üniversitesi
ODTÜ	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
G.Ü.	Gazi Üniversitesi
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
KAFS	Kuzey Anadolu Fay Sistemi
İEFS	İnönü-Eskişehir Fay Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
B.Ü.	Boğaziçi Üniversitesi
UDİM	Ulusal Deprem İzleme Merkezi

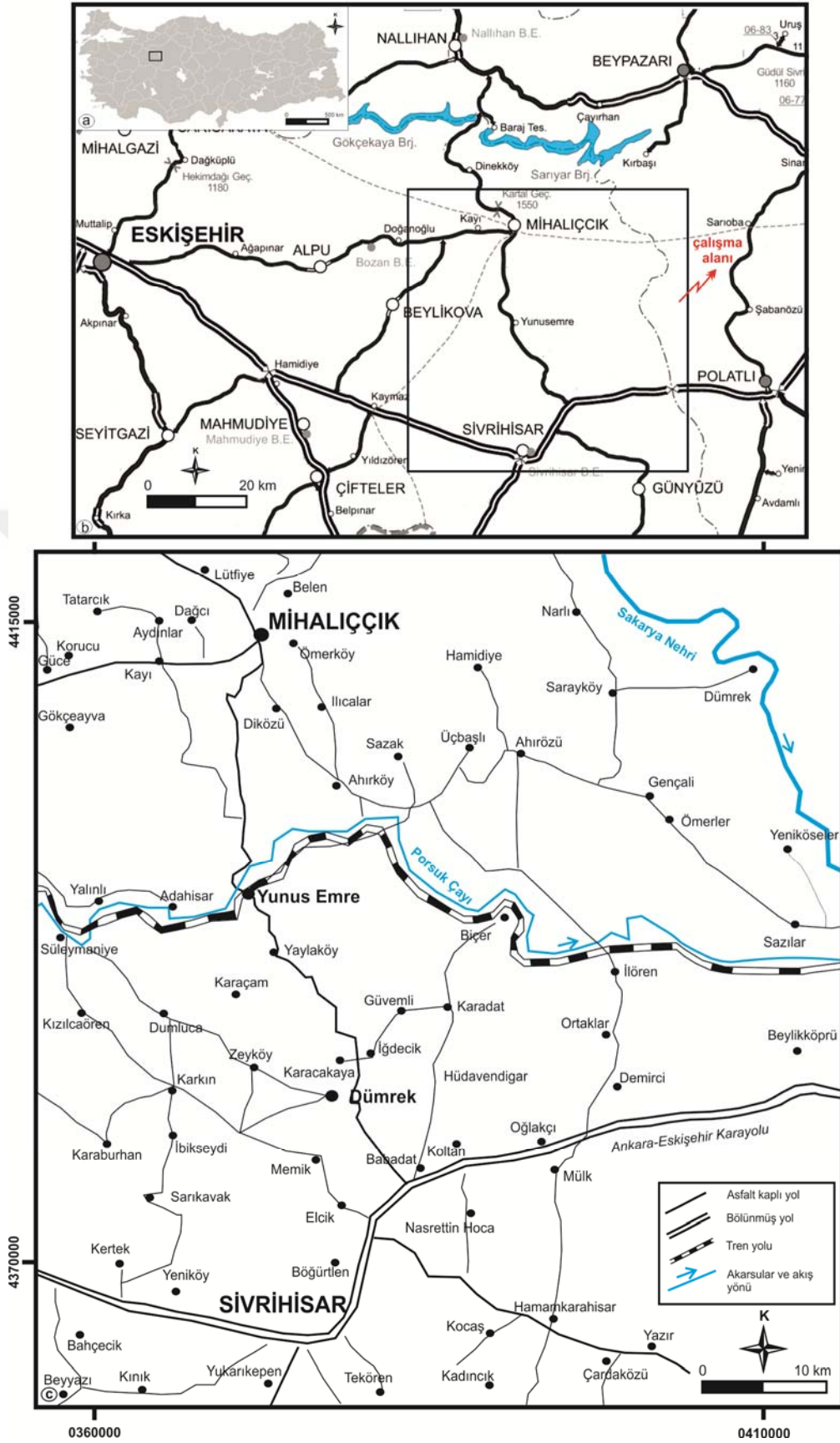
1. GİRİŞ

Orta Anadolu Bölgesi Neojen havzaları, ekonomik potansiyelleri (kömür, bitümlü şeyl, jips, tuz, trona vb.) sebebiyle günümüze kadar birçok araştırmanın konusu olmuştur. Sivrihisar Neojen Havzası, Orta Anadolu'da yer alan endüstriyel hammaddelerce zengin gölsel bir havzadır. Kretase sonrası dönemde Tetis Okyanusu'nun evrimi sürecinde Pontid ve Anatolid-Torid bloklarının çarpışmasının sonucunda Orta Anadolu Bölgesi'nde yoğun deformasyonlar gösteren Orta Anadolu havzaları, birbirinden farklı tektono-stratigrafik evrim geçirmişlerdir. Anadolu'da neotektonik rejimin etkilerinin zamansal ve mekânsal olarak gösterdiği deformasyon farklılıklarının en iyi izlendiği alanlar da bu havzalardır. Bu tez çalışması da Orta Anadolu Bölgesi'nde yer alan Sivrihisar Neojen Havzası içerisinde yapılmıştır.

Bu bölümde, çalışma alanının coğrafik ve jeolojik konumu, çalışmanın konusu, doğrudan ya da dolaylı olarak çalışma alanı ve civarında yapılan önceki çalışmalar, tez araştırmaları kapsamında tespit edilen sorunlar, bunların çözülmesi için amaçlananlar ve kullanılan yöntemlere ilişkin bilgiler sunulacaktır. İlerleyen bölümlerde, Mihaliççık ve Sivrihisar arasında kalan bölgenin genel jeolojik özellikleri özetlenmiştir. Sonraki bölümlerde tez çalışması kapsamında elde edilen verilerin sunulmuş ve bu verilerin tektonik anlamları tartışılmıştır. Son bölümde; daha önceki bölümlerde anlatılanların genel bir özeti sunulmuş, varılan sonuçlar var olan çalışmalarla karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

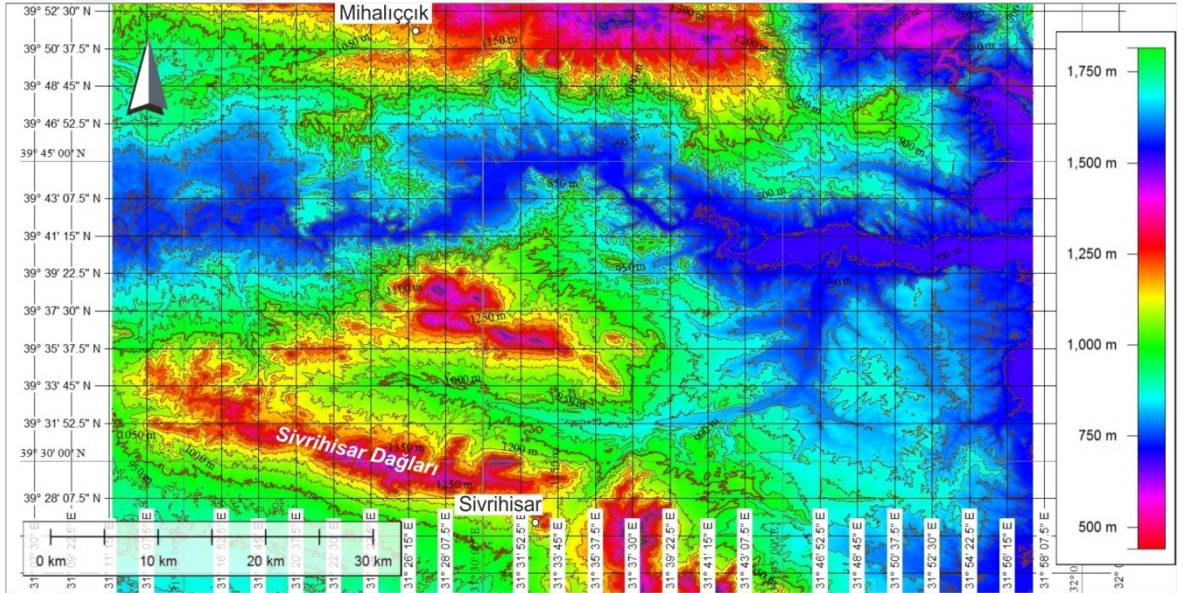
1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Eskişehir iline bağlı Mihaliççık ve Sivrihisar ilçeleri arasında yer almaktadır (Şekil 1.1). Bölgenin kuzeyinde Nallıhan ve Beypazarı (Ankara), doğusunda Polatlı (Ankara), batısında Alpu (Eskişehir) ilçeleri yer alır.



Şekil 1.1. a) Türkiye haritası (çerçeve b'deki alanı temsil etmektedir), b) çalışma alanı ve yakın çevresi (kırmızı çerçeve çalışma alanı), c) çalışma alanının detaylı yer bulduru haritası.

Çalışma alanı, Orta Anadolu Neojen platosu içinde yer alır. Bu platoda yüksekliği 1800 m'ye varan dağ silsileleri bulunmaktadır. Çalışma alanının kuzeyinde Sündiken Dağları yer alır, en yüksek noktası 1325 m'dir. Güneyde ise Sivrihisar Dağları yer alır ve en yüksek noktası 1690 m'dir (Şekil 1.2). Çalışma alanında, kuzey ve güneydeki yağmuru bol bu yüksek dağlardan beslenen akarsular bulunmaktadır. Bunların büyüklerinden Porsuk Çayı, çalışma alanını D-B doğrultusunda bölerek doğuda Sakarya Nehri ile birleşmektedir. Porsuk Çayı'nın geniş yayılımı çalışma alanının ortasını verimli bir ovaya dönüştürmüştür. Çalışma alanının kuzeyinde D-B istikametli akan Sakarya Nehri, bölgenin kuzeydoğusundan güneye doğru dönerek çalışma alanını doğudan sınırlar.



Şekil 1.2. Çalışma alanı ve yakın civarının sayısal yükseklik modeli. Bölgenin kuzeyinde ve güneyinde, orta ve güneydoğu kesimlere göre daha yüksek kesimlerin bulunduğu görülmektedir.

Çalışma alanına ulaşım, güneyinden geçen Ankara-Eskişehir kara yolundan sağlanmaktadır. Bölgenin yaklaşık olarak ortasından TCDD YHT hattı geçmektedir (Şekil 1.1).

Çalışma alanı ve içinde bulunduğu Eskişehir ili ekonomik anlamda önemli bir bölgedir. Çok sayıda endüstriyel hammadde ve metalik maden yatağı bulunmaktadır.

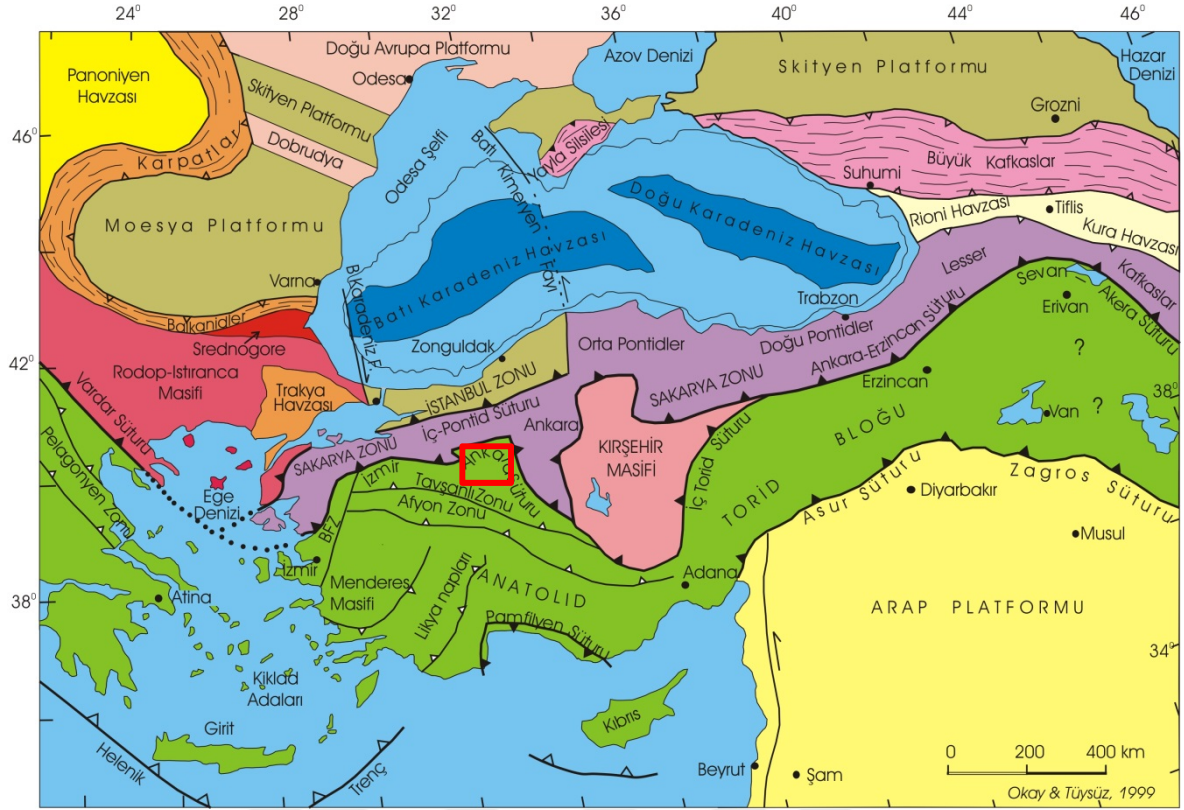
1.2. Bölgesel Jeoloji

Türkiye'nin orojenik çatısı çok sayıda Alpin tektono-stratigrafik birlikten (terrane) kuruludur. Bu birlikler, Tetis olarak adlandırılan çeşitli okyanusal kolların açılıp kapanması ile oluşmuş aktif ve pasif kıta kenarları, riftler, yay ve kenet karmaşıkları içerirler [1].

Çalışma alanı olarak seçilen bölge, bu birliklerden biri olan Torid-Anatolid Bloğu'nun kuzey kesiminde yer almaktadır. Torid-Anatolid Bloğu, güneyde Neotetis'in güney kolu, kuzeyde Neotetis'in kuzey kolu (İzmir-Ankara Okyanusu) arasında kalan kıtasal kabuk parçasını içerir. Birim söz konusu okyanusal basenlerin kapanması sırasında sıkışarak dilimlenmiştir [1].

Anatolid-Torid Bloğu olarak isimlendirilen bu birlik, deformasyon ve metamorfizma özelliklerine göre 5 zona ayrılır; Tavşanlı Zonu, Afyon Zonu, Menderes Masifi, Bornova Filiş Zonu ve Toroslar [2-5] (Şekil 1.3).

Çalışma alanının temelini oluşturan Tavşanlı Zonu, Anatolid-Torid Bloğu'nun bir okyanus içi dalma batmaya uğramış, Yüksek Basınç/Düşük Sıcaklık (YB/DS) koşullarında deforme olmuş ve metamorfizma geçirmiş kuzey ucunu temsil eder [2, 6, 5]. Tavşanlı Zonu'ndaki YB/DS metamorfizması ve bununla ilişkili deformasyon Kampaniyen yaşındadır ve Tavşanlı Zonu mavişistleri Erken Eosen öncesi yüzeye çıkmıştır [7, 5]. Tavşanlı Zonu kuzeyde İzmir-Ankara kenet kuşağı boyunca Sakarya Zonu ile tektonik dokanaktadır, Bursa'dan beri D-B yönünde uzanan İzmir-Ankara kenet kuşağı Mihaliççık doğusunda keskin bir dönüş yaparak Konya'ya doğru G-GD yönünde uzanır [2, 6, 5]. Tavşanlı Zonu güneyde Afyon Zonu ile tektonik dokanak halindedir [2, 6, 5] (Şekil 1.3).

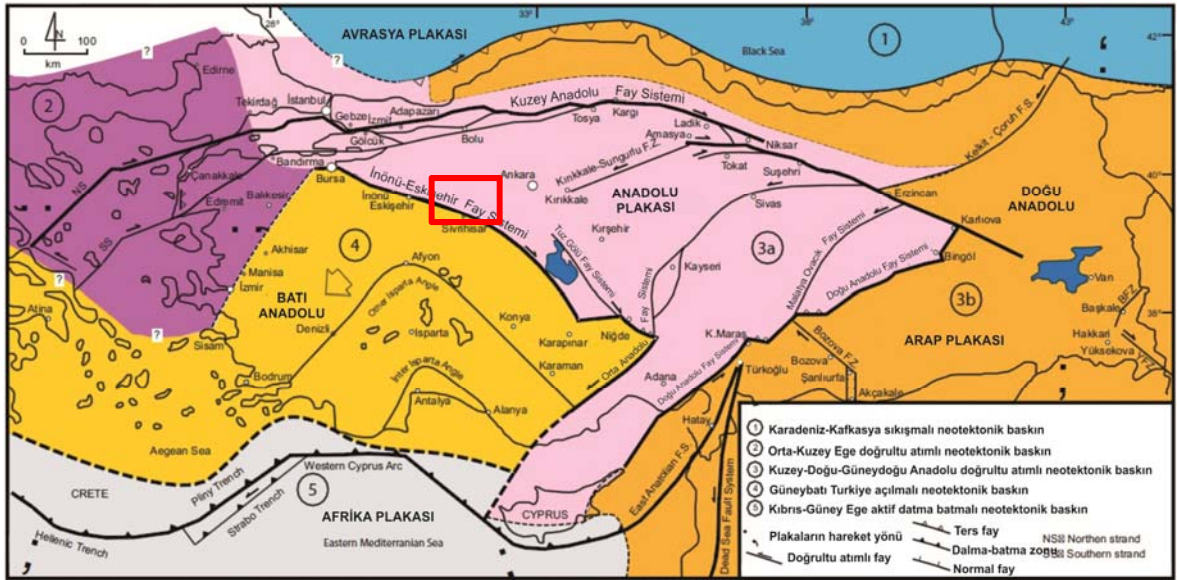


Şekil 1.3. Türkiye tektonik birliklerinin haritası [4, 5'ten alınmıştır]. Kırmızı çerçeve çalışma alanını temsil etmektedir.

Bir başka görüşe göre, Torid-Anatolid Bloğu hepsi aynı birliğin parçalarından oluşan Toridler ve Anatolidler olmak üzere iki alt birimden meydana gelir. Anatolidler, Torid-Anatolid Bloğu'nun metamorfik kıta kenarını temsil eder ve Neotetis'e ait İzmir-Ankara kenet kuşağı (İAKK) ile Sakarya Zonu'ndan ayrılır. Anatolidler batıda Menderes Masifi, doğuda Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı olmak üzere iki kristalen masifi kapsar. Kütahya-Bolkardağı Kuşağı (KBK) ise Torid-Anatolid Bloğu kuzeyindeki pasif kıta kenarı istiflerini temsil eder [8, 9].

Neotetis okyanusal kollarının kapanması ardından levha sınırlarının yeniden şekillendiği döneme ise neotektonik (yeni tektonik) dönem denilmektedir [10, 11]. Doğuda, çarpışmayla daralan kabuk kalınlaşmış ve devam eden sıkışmayla Anadolu levhası Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Sistemleri (KAFS ve DAFS) boyunca batıya doğru kaçmaya başlamıştır [12-14]. Bu kaçış ile meydana gelen yer değiştirme batıda Anadolu plakasının Afrika plakası üzerine itildiği Ege yayı (dalma-batma) tarafından karşılanmaktadır [15, 16, 11, 17, 18].

Neotektonik dönem Anadolu plakası üzerinde kendine özgü deformasyon türleriyle belirginleşen dört ana bölgenin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bunlar; Doğu Anadolu bölgesi (sıkışmalı-daralmalı), Kuzey Anadolu Bölgesi (makaslamalı-sıkışmalı), Ege Bölgesi (genişlemeli) ve Orta Anadolu Bölgesi'dir (makaslamalı-genişlemeli) [13, 19, 20] (Şekil 1.4). Bu bölgelerin sınırları ana fay sistemleri tarafından belirlenmektedir. Bunların yanı sıra bazı araştırmacılar [21-23], KAFS, EFZ ve Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu arasında yer alan ve bu ana doğrultu atımlı fay zonlarının etkisi altındaki KB-GD yönlü daralmayla ilişkili “KB Orta Anadolu Daralma Bölgesi” adıyla neotektonik bir bölge tanımlamaktadırlar.



Şekil 1.4. Türkiye'nin ana neotektonik unsurları ve çalışma alanının konumu (kırmızı çerçeveli alan) (Koçyiğit [20]'den alınmıştır).

Çalışma alanı kuzeyinde makaslamalı-sıkışmalı (transpresyonel) bir özellik gösteren Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ile güneyinde makaslamalı-açılımlı (transtansiyonel) özellikteki İnönü-Eskişehir Fay Sistemi (İEFS) arasında ve KB Orta Anadolu Daralma Bölgesi olarak tanımlanan bölge içerisinde yer almaktadır.

1.3. Önceki Çalışmalar

Çalışma alanının yer aldığı Sivrihisar Havzası stratigrafik ve sedimantolojik açıdan farklı zamanlarda incelenmiştir.

Tunoğlu vd. [24], Sivrihisar ilçesine bağlı Kurtşeyh kasabası ve civarında gerçekleştirilen çalışmada bölgede yüzlek veren litostratigrafi birimlerinin Geç Miyosen (İlyaspaşa Formasyonu) ve Pliyosen (Sakarya Formasyonu) yaşlı olduklarını ortaya koymuştur. Çalışmada ostrakoda faunasına ait bulgularıyla tatlı su ve acı su ortamlarının ardalanmalı olduğunu söylemişlerdir. Çalışmacılara göre Sivrihisar ve Biçer civarındaki Neojen yaşlı litostratigrafik birimler, Geç Miyosen killi marnlı birim (Sakarya Formasyonu) ve Pliyosen (? Geç Pliyosen) kırıntılı, karbonatlı ve evaporitik çökel birliğinden (Porsuk Formasyonu) meydana gelmektedir.

Bölgede yapılan en kapsamlı haritalama çalışmaları Gözler vd. [25] tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmacılar Orta Sakarya ve güneyinde İ24-İ25-İ26-İ27 paftalarına ait alanın detaylı jeolojisini anlatmışlardır.

Boyras [26], Sakarya Formasyonu'nun en üst seviyelerini oluşturan killi marnlı kayalar içerisinde gastropod faunasına ait bulgular elde etmiş ve ilgili fosillerden gerçekleştirdiği kronostratigrafi ile söz konusu istifleri Geç Miyosen olarak yaşlandırmıştır.

Varol vd. [27], Miyo – Pliyosen gölsel çökellerin baskın olduğu Polatlı – Sivrihisar havzasını incelemiştir. Miyosen yaşlı birimler volkanikler, volkanoklastikler, tuf, tüfitik kumtaşları ve kıltaşı ile temsil edilmektedir (Sakarya Formasyonu). Pliyosen (? Geç Pliyosen) ise kalınlığı 300 metreyi aşan farklı gölsel ortam koşullarını simgeleyen 7 fasiyes topluluğuna ayrılmıştır (Porsuk Formasyon). Paleontolojik verilerin sınırlı olduğunun vurgulandığı çalışmada, omurgalı verileri ile ostrakod, gastropod, spor ve polen bulguları ışığında birime Geç Pliyosen yaşı verilmektedir. Karakaş [28], Pliyosen (Sakarya Formasyonu) yaşlı birimleri alttan üste doğru, çakıltaşı-kumtaşı, yeşil renkli çamurtaşı-kıltaşı, karbonat fasiyesi ve gri-bej renkli jipsli çamurtaşı – kıltaşı fasiyesleri şeklinde ayırtlamıştır. Yeşil renkli çamurtaşı ve marnlardan oluşan birim içerisinde gastropod faunasına ait türler elde edilmiş ve birimin yaşı Geç Pliyosen (Romaniyen) olarak verilmiştir. Ayrıca Ostrakoda faunasına ait türlerin varlığıyla birimin Pliyosen – Erken Pleyistosen yaşlı olduğu yorumlanmaktadır. Aynı çalışmada spor-polen verileri ile Geç Pliyosen spor ve polen biyozon topluluklarının elde edildiği görüşü ortaya konmuş, bu görüş mikro ve makro memeli faunasına dair bulgularla desteklenmiştir.

Karakaş [29], Sivrihisar'ın kuzeydoğusunda Neojen volkaniklerinde kil mineralleşmesini incelemiştir.

Zeybek [30], Sakarya Bölgesi doğusundaki Sazak, Biçer, Üçbaş, Ahırözü, Gençali, Ömerler, Köseler, Kıranharmanı, Beylikköprü, Sazılar, Yassıhöyük (Gordion) ve İlören köylerini kapsayan alan içerisinde Pliyosen yaşlı Porsuk Formasyonu evaporitlerinin jeokimyasal özelliklerinin incelemesini yapmıştır.

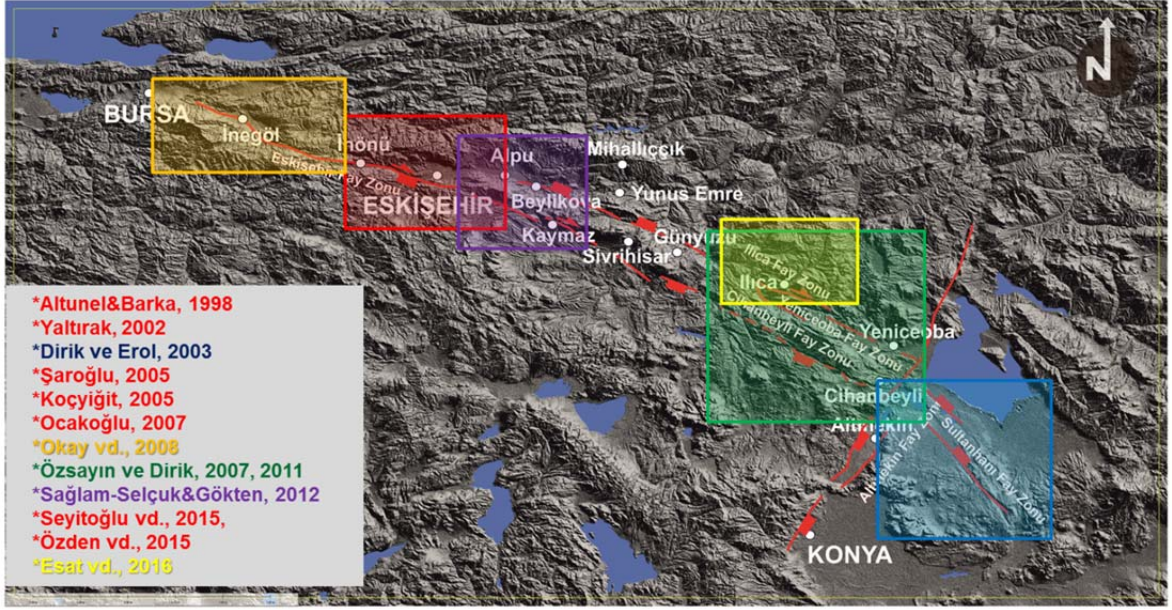
Kırtıl [31], Mihaliççık'ın güneydoğusundaki Sazak ve Biçer köyleri civarındaki Neojen yaşlı evaporitlerin sedimentolojisini incelemiştir.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Anadolu'da neotektonik dönemde doğrultu atımlı faylarla temsil edilen orta kuzey Anadolu ile çoğunlukla normal faylarla temsil edilen güneybatı Anadolu açılma bölgesi arasında geçişi sağlayan İnönü-Eskişehir Fay Sistemi (İEFS), orta Anadolu'daki en önemli kıta içi deformasyon yapılarından biridir (Şekil 1.4 ve 5).

İEFS, kuzeybatıda Uludağ (Bursa)'dan başlar ve güneydoğuda Sultanhanı'na (Konya) kadar devam eder [32-35]. Uludağ'dan Sivrihisar (Eskişehir)'a kadar olan kuzeybatı kesim Eskişehir Fay Zonu (EFZ) olarak adlandırılır, Sivrihisar'dan Sultanhanı'na kadar olan güneydoğu kısım ise Ilıca, Yeniceoba, Cihanbeyli ve Sultanhanı fay zonları (IFZ, YFZ, CFZ ve SFZ) olmak üzere 4 fay zonuna ayrılır [36, 34, 35] (Şekil 1.5).

İEFS'nin kuzeybatı kesimini oluşturan EFZ'nun karakteriyle ilgili iki farklı görüşler mevcuttur. Bazı araştırmacılar fayın doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı normal fay karakterinde olduğunu vurgularken [32, 37, 33], normal eğim atım bileşene sahip sağ yönlü doğrultu atımlı fay karakterinde olduğunu savunan birçok güncel çalışma mevcuttur [38-42]. Sistemin güneydoğu kesiminde ise IFZ, Özsayın ve Dirik [34, 35] tarafından verrev atımlı sağ yanal doğrultu atım bileşenli eğim atımlı normal fay karakterinde kabul edilirken, Esat vd. [43] tarafından sağ yönlü doğrultu atımlı fay olarak tanımlanmıştır. YFZ, sağ yanal bileşene sahip eğim atımlı normal fay olarak tanımlanmıştır [36, 34, 35]. CFZ, Dirik ve Erol [36] tarafından eğim atımlı normal bileşene sahip sağ yönlü doğrultu atımlı fay olarak tanımlanırken, Özsayın ve Dirik [34, 35] tarafından eğim atımlı normal fay karakterinde olduğu kabul edilmektedir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. İEFS'nin konumunu, sisteme ait fay zonları ve bu zonlardaki çalışmaları gösteren harita (çalışmalar ve çalışma alanları aynı renkle gösterilmiştir) [38, 32, 36, 39, 37, 33, 44, 34, 35, 40-43].

Yukarıda özetlenenlerden anlaşılacağı gibi,

- ❖ İEFS'nin kuzeybatı ve güneydoğu kesiminde yayımlanmış birçok çalışma olmasına rağmen fayın karakteriyle ilgili ortak bir görüş mevcut değildir.
- ❖ Transpresyonel karakterdeki Kuzey Anadolu Bölgesi ile transtansiyonel karakterdeki Orta Anadolu Bölgesi arasındaki kinematik geçiş, keskin bir hatla mı yoksa kuzeyden güneye geçişli olarak mı gerçekleştiği bilinmemektedir.

KAFS ve İEFS arasındaki kinematik geçişin kayıtlarını tutabilecek önemli bölgelerden biri Sivrihisar Havzası'dır. Neojen yaşlı bu havzada yer alan çalışma alanında Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller arasındaki deformasyon farklılıkları tespit edilecektir. Bir alanda yapılan paleo-gerilme (eski gerilme) analizleri, o bölgeyi şekillendiren gerilme yönelimlerinin ve bu yönelimlerin zamanla gösterdikleri değişimlerin izlenmesinde önemli rol oynar. Bölgenin stratigrafik gelişimi daha önce çalışılmıştır, bölgedeki etkin gerilme yönlerinin ve yönlerin zaman içerisinde gösterdikleri değişimin belirlenmesiyle tektonik evrimi de ortaya koyulabilecektir.

İki sistem arasında kalan diğer önemli havza ise Beypazarı Havzası'dır. Çalışma alanındaki bulgular, çoğu araştırmacı tarafından daha önce detaylı şekilde çalışılan Beypazarı Havzası ile karşılaştırılacaktır.

Bunun yanı sıra, İEFS'nin orta kesimde yer alan Sivrihisar bölgesinin kuzeyinde yapılan bu çalışma ile fayın karakteriyle ilgili tartışmalara katkı koyulacaktır.

Her iki sistem üzerinde gerek fayların özellikleri, gerekse depremselliğine yönelik ayrıntılı çalışmalar bulunmasına karşın, kinematik geçiş ve bu geçişin iki sistem arasında kalan bölgeye etkileri daha önceki çalışmalarda incelenmemiştir. İki kuşak arasında kalan havza çökellerinin karşılaştırılabilecek benzerlikler sunması ve bu bölgede bu iki fay sistemi dışında başka bir fay sisteminin etkisinin olmaması bölgeyi araştırmaya değer kılmaktadır.

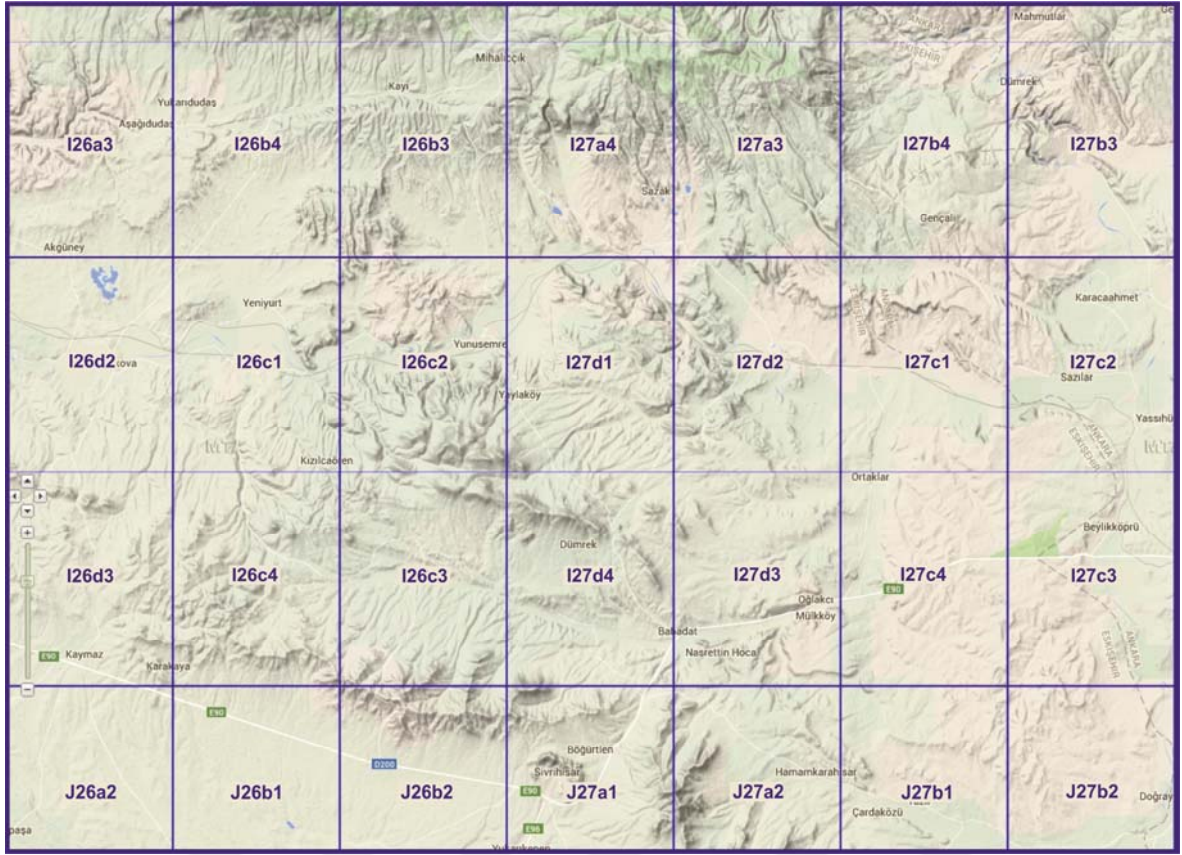
1.5. Çalışma Yöntemleri

Tez çalışması kapsamında yapılan çalışmalar arazi, laboratuvar ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.5.1. Arazi çalışmaları

Belirtilen çalışma alanına ait 1:100000 ve 1:25000 ölçekli topoğrafik haritaların temininden sonra 2014-2017 yılları arasında yaz aylarında bölgede arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının içinde bulunduğu paftaların indeksi Şekil 1.6'da gösterilmiştir. Bölgenin jeoloji haritası önceki çalışmalar temel kabul edilerek güncellenmiştir. Bölgedeki birimleri deforme eden fay düzlemlerinden fay-kayma verileri toplanmıştır. Bu verilerin toplandığı kayalar topluluklarından ölçülü stratigrafik kesitler (ÖSK) alınarak havza çökel dolguları ortaya konulmuştur. Fay düzlemlerinde gözlenen fay killerinden örnekler alınmıştır.

Arazi çalışmalarında ulaşım için arazi koşullarına uygun araçlar kiralanmış olup, gps, jeolog çekici, jeolog pusulası, şerit metre, açölçer, örnek torbası, lup ve dijital fotoğraf makinesi gibi gereçler kullanılmıştır. Tez çalışması kapsamında alınan haritalar ve yapılan arazi harcamaları Hacettepe Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen 014 D02 602 007-522 numaralı proje tarafından karşılanmıştır.



Şekil 1.6. Çalışma alanının yer aldığı paftaların indeksinin gösteren harita. Çalışma alanı Eskişehir İ26, J26 ve Ankara İ27-J27 1/100000 ölçekli paftaları içerisinde yer almaktadır.

1.5.2. Laboratuvar çalışmaları

Arazide fay killerinden alınan örnekler Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesinde bulunan X-ışınları laboratuvarında analiz edilmiştir. İllit içeren örneklerden zenginleştirme işlemi çalışmaları yapılmıştır.

Fay düzlemlerinde gözlenen mangan sıvımları üzerinde Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ile element analizi çalışmaları yapılmıştır.

ÖSK çalışmalarında alınan örnekler Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nün Paleontoloji Laboratuvarı'nda incelenmiştir.

1.5.3. Büro alışmaları

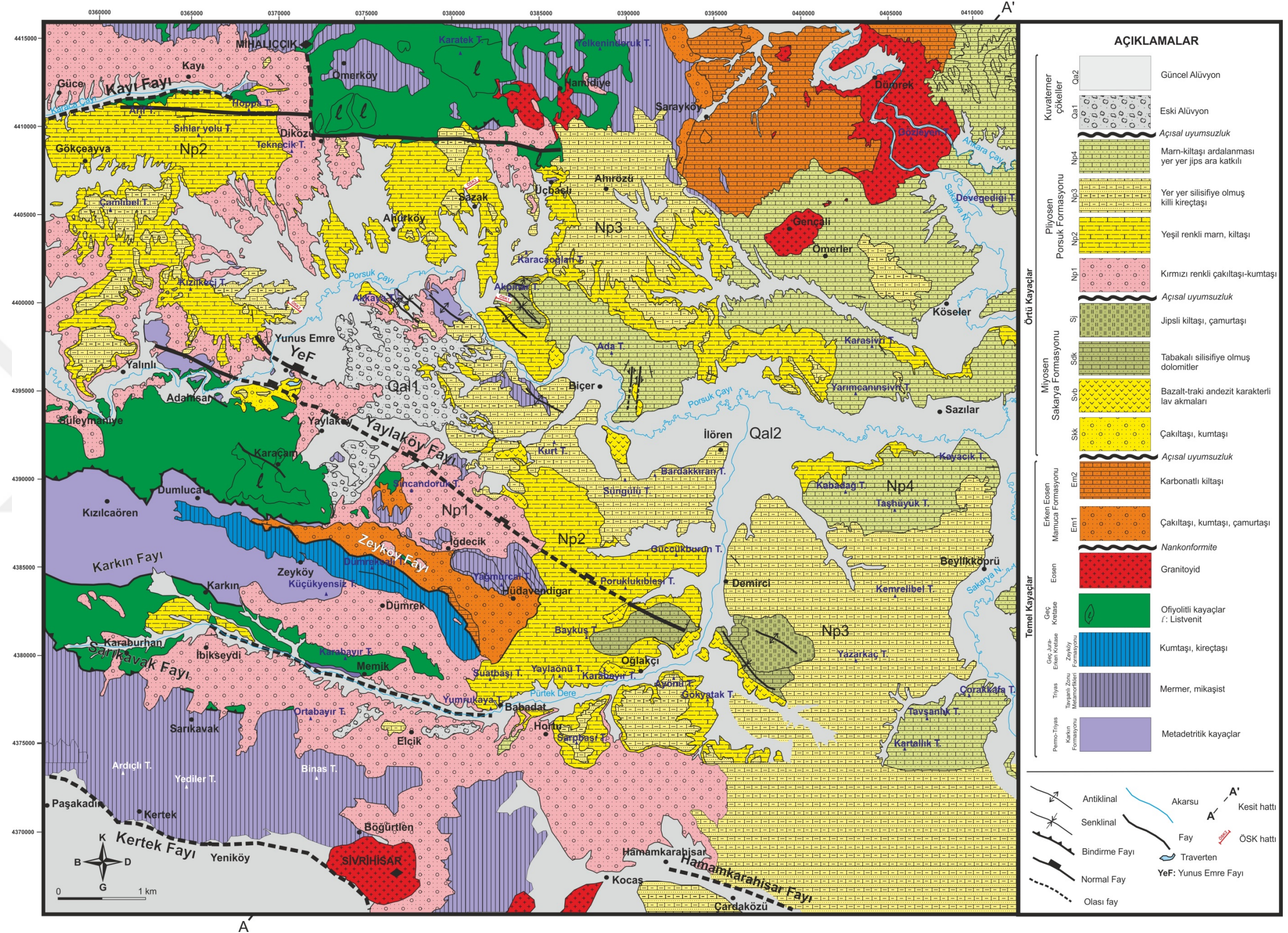
Büro çalışmalarında, arazide fay düzlemlerinden toplanan kayma verilerinin bilgisayar ortamına aktarılması ve kinematik analizlerinin yapılarak paleogerilme türleri ve yönlerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler için Damien Delvaux tarafından hazırlanan ve kişisel internet sitesi (<http://www.damiendelvaux.be>) üzerinden ücretsiz olarak sağlanabilen TENSOR (ver.5.0.6) analiz programı kullanılmıştır.



2. BÖLGEDEKİ KAYAÇ BİRİMLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Çalışma alanında yer alan kayaç birimlerinin stratigrafisi, önceki çalışmalar temel alınarak yeniden ele alınmıştır. Havzanın stratigrafisi, arazi gözlemlerine dayalı paleontolojik gözlemlerin de katkısıyla değerlendirilmiştir.

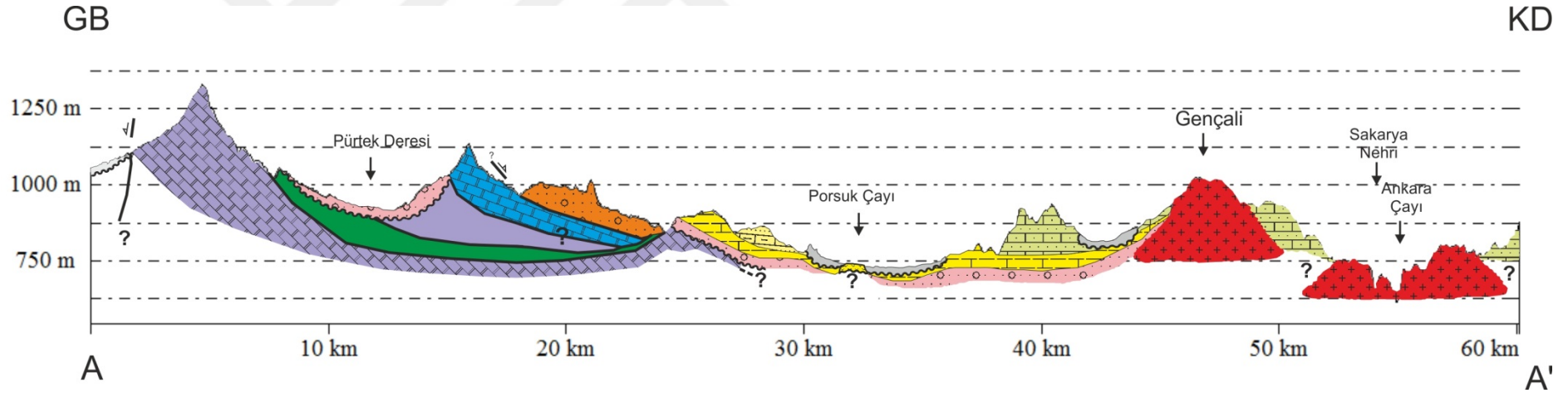
Çalışma alanı, Neojen öncesi temel kayaçlar üzerinde gelişen gölsel ağırlıklı sedimanter birimlerle temsil edilmektedir (Şekil 2.1). Temel kayaçlar, Tavşanlı Zonu'na ait metamorfik kayaçlar, ofiyolitik kayaçlar, granitoidler ve Sakarya Zonu'na ait kayaçlardan oluşmaktadır. Neojen yaşlı gölsel birimleri, Miyosen yaşlı Sakarya ve Pliyosen yaşlı Porsuk formasyonları oluşturmaktadır. Genel anlamda Miyosen çökellerinin büyük bir bölümü Pliyosen gölsel çökelleri ile örtülü olup, sınırlı bir alanda yüzeylemektedir (Şekil 2.1). Depolanma süreçleri boyunca, iklimsel değişimler ile birlikte tektonizmanın da etkisi ile havza akaçlamasının değişmesine, kırıntılı, karbonat ve evaporit ağırlıklı birimlerin tekrarlanmalı ve zaman zaman da birbirleriyle geçişli olarak depolanmasına neden olmuştur (Şekil 2.2). Bu koşullar altında gelişen Neojen birimlerinin depolanma ve istif özellikleri oldukça karmaşık bir şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası ([25, 30, 45]'ten bazı birim sınırları ve yapısal unsurlar değiştirilerek alınmıştır.)

ÜST SİSTEM	SİSTEM	SERİ	FORMASYON	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	Qa2		Güncel Alüvyon
				Qa1	Eski Alüvyon
	Neojen	Pliyosen	Porsuk	Np4	<i>Açısal uyumsuzluk</i> Marn-kiltaş ardalanması yer yer jips ara katkılı
				Np3	Killi kireçtaşı
				Np2	Yeşil renkli marn
				Np1	Kırmızı renkli çakıltaşı-kumtaşı
		Miyosen	Sakarya	Sdk-Sj	<i>Açısal uyumsuzluk</i> Tabakalı silisifiye olmuş dolomitler ile yanal geçişli jipsli kiltaş, çamurtaş
				Skk Sv	Bazalt-traki andezit karakterli lav akmları Çakıltaşı, kumtaşı
	Paleojen	Eosen	Mamuca	Em2	<i>Açısal uyumsuzluk</i> Karbonatlı kiltaş
				Em1	Çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaş
Meso-zoyik					<i>Nankonformite</i> Temel Kayaçlar: Mermer, granit, mavişist, metakırıntılılar, ofiyolitik kayaçlar

Şekil 2.2. Çalışma alanındaki birimlerin stratigrafisi (Gözler vd. [25] ve Zeybek [30]'den faydalanılarak çizilmiştir).



Şekil 2.3. Çalışma alanında bulunan kayaçların yapısal ilişkilerini gösteren jeolojik kesit. Kesit hattı ve birim açıklamaları için şekil 2.1'e bakınız. Kesitin güneybatı kesimi için Okay [5] ve Whitney vd. [46]'den faydalanılmıştır.

2.1. Temel Kayaçlar

Bölgede yüzeyleyen Neojen öncesi kayaçlar havzanın kuzey ve güney kenarlarında yaklaşık KB-GD doğrultusu boyunca yayılım göstermektedir. Bunların dışında havza içerisinde kıvrımlı yapıların çekirdek kısımlarında yüzeyde görünmektedirler. Bölgede, havzanın temelini oluşturan Neojen öncesi kayaçlar, Tavşanlı Zonu'na ait metamorfik kayaçlar, onları üzerleyen ofiyolitik kayaçlar, Sakarya Zonu'na ait kireçtaşları, metamorfik kayaçlar ve bunları kesen granitoidlerdir. Üzerinde Eosen yaşlı sığ denizel çökeller bulunmaktadır [2, 3, 7].

2.1.1. Karkın Formasyonu

Çalışma alanında Karkın Köyü kuzeyi, Dumluca Köyü civarı ve Kızılcaören Köyü güneyinde izlenebilmektedir. Ayrıca Ahurköy güneyinde küçük bir alanda da yüzeylemektedir. Metadetritik kayaçlardan oluşan bu birim, Üst Karakaya Kompleksinin ürünüdür ve yaşı Permo-Triyas olarak belirtilmiştir [2]. Gözler vd. [25] tarafından ise Karkın Formasyonu olarak tanımlanmış ve Orta-Üst Triyas yaşı verilmiştir.

Karkın Formasyonu, Karkın Köyü civarında ofiyolitik kayaçlar üzerine tektonik dokanakla gelmektedir. Dumluca Köyü civarında Zeyköy Formasyonu bu birimi uyumsuzlukla örter. Dumluca Köyü kuzeyinde ise ofiyolitik kayaçlar formasyon üzerinde tektonik olarak görülmektedir.

2.1.2. Zeyköy Formasyonu

Zeyköy Formasyonu çalışma alanında Dümrek ve Dumluca köyleri arasında KB-GD doğrultulu bulunan Jura-Erken Kretase birimleriyle temsil edilir [25]. Formasyonun taban seviyelerinde Zeyköy civarında kumtaşları gözlenmiştir. Kumtaşları çok ince taneli olup kuvars, feldspat, muskovit, biyotit ve metamorfik kayaç parçaları içerir. Kumtaşlarının üzerine gri, beyaz renkli masif kireçtaşları gelmektedir.

Zeyköy Formasyonu, Altınlı [47] ve Altınel vd. [48] tarafından tanımlanmış Bilecik Kireçtaşları ile benzerlik sunmaktadır. Bu birimler Sakarya Zonu'na ait sığ denizel

bir karbonat platformunun çökelleridir [25]. Kireçtaşları genellikle mermer ocağı olarak işletilmektedirler (Şekil 2.4).

Zeyköy Formasyonu ile Mamuca Formasyonu arasındaki sınır başlangıçta uyumsuzluksa da günümüzde bu sınırın tektonik dokanaklı olduğu yorumlanmıştır (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Zeyköy kuzeyinde KB-GD doğrultulu Zeyköy Formasyonu'na ait Jura-Alt Kretase yaşlı kireçtaşları ve mermer ocağı olarak işletilen kısmı görülmektedir. Zeyköy Formasyonu'na ait kireçtaşlarının doğrultusu yaklaşık doğrusal bir hat izlemektedir. Sol alt köşede görünen yerleşim Zeyköy'dür.



Şekil 2.5. Zeyköy kuzeyinde gözlenen Zeyköy Formasyonu'na ait kireçtaşları ile Mamuca Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıltası birimleri arasındaki dokanak gösterilmiştir. Bu ilişki uyumsuzluk iken, günümüzde normal faylı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kuzeyde Karaçam civarında yer alan ofiyolitik kayaçlar da görülmektedir.

2.1.3. Tavşanlı Zonu Metamorfikleri

Tavşanlı Zonu, Anatolid-Torid Bloğu'nun kuzey ucunun Kretase'de bir okyanus içi dalma batmaya uğraması ve YB/DS metamorfizma geçirmesiyle oluşan metamorfik kuşaktır [2]. Çalışma alanında Tavşanlı Zonu'nun doğu kesimini temsil

eden metamorfik kayaçlar, kuzeyde Mihaliçcik civarında ve güneyde Sivrihisar civarında geniş yayılım göstermektedirler.

Tavşanlı Zonu'nun en altındaki tektonostratigrafik birim olan Orhaneli Grubu, Sivrihisar'ın kuzeybatısında Sivrihisar Formasyonu adını almaktadır ve mermerler ve mikaşistler olarak izlenmektedir (Şekil 2.6). YB/DS metamorfizması geçirmiş bu metasedimanter kayaçların görünür yapısal kalınlığı 3 km'yi geçmektedir [49, 50, 51, 5]. Özellikle batı kesimlerde YB/DS mineral parajenezlerinin iyi korunması sebebiyle bu kayaçlarda birçok petrolojik çalışma yapılmıştır [52, 51, 53-56]. Mermerler beyaz, gri renkte olup bol kırıklıdır. Yer yer küçük ölçekli asimetrik kıvrımlar gözlenmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.6. a) Kertek Köyü kuzeydoğusunda gözlenen Sivrihisar Formasyonu'na ait mermerler ve mikaşistler. Formasyon içerisinde bu iki kaya türü yaklaşık yarı yarıya bulunur [57], b) mermerlerin ve c) mikaşistin yakından görünümü.

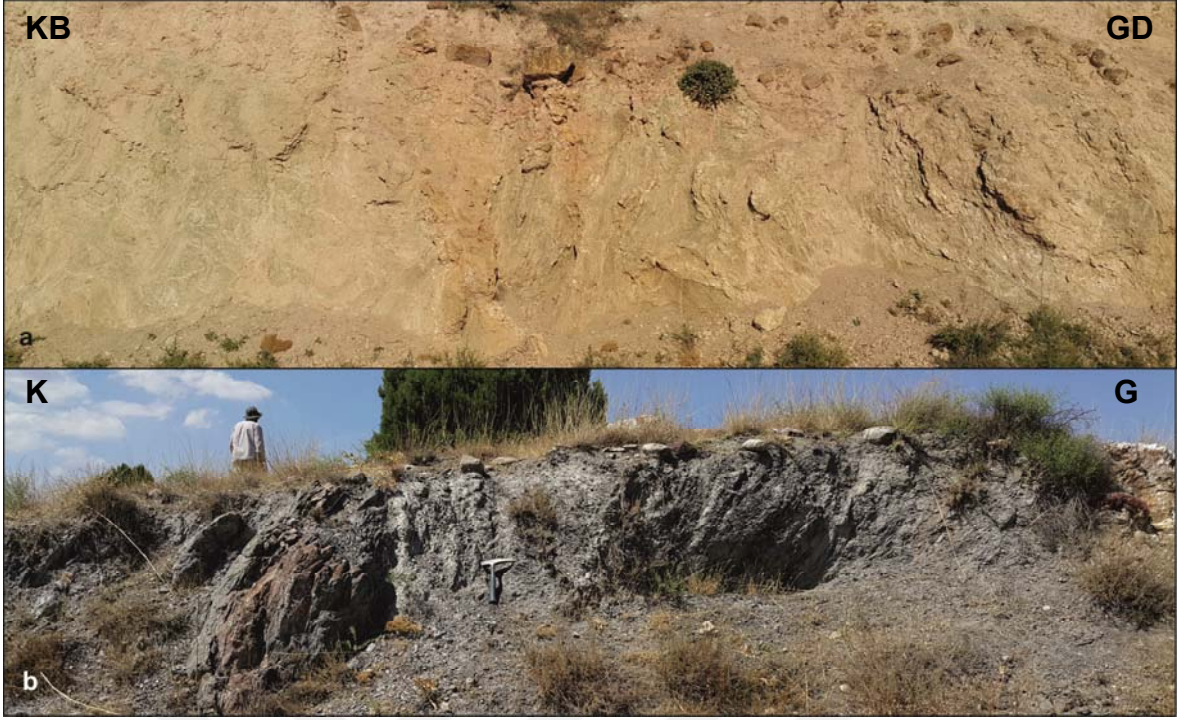


Şekil 2.7. Kertek Köyü kuzeydoğusunda yer alan mermerlerde gözlenen küçük ölçekli asimetrik kıvrımlar.

Çalışma alanında kuzeyinde Mihaliççık, Ömerköy ve Hamidiye civarında da Tavşanlı Zonu'na ait metamorfik kayalar bulunmaktadır. Gözler vd. [25] tarafından Mihaliççık metamorfikleri, Mihaliççık mavişistleri, ve yeşilşistleri olarak ayrılan bu kayalar, Göncüoğlu vd. [58] tarafından Göktepe Metamorfikleri olarak adlandırılmıştır.

Bu metamorfik kayalarda gözlenen foliasyon dışında bir mineral uzama lineasyonu gelişmiştir [51, 7]. Mineral lineasyonu Mihaliççık bölgesinde genelde D-B yönünde, İAKK'na paralel iken, Sivrihisar'da K-G yönelimlidir [51].

Bu metamorfik birimlerin altındaki birimlerle ilişkisi çalışma alanında izlenememiştir. Bu birim, kenet kuşağına ait ofiyolitik kayalar tarafından tektonik dokanakla üzerlenmektedir [2]. Üçbaşı ve Ahuröz köyleri civarında Neojen yaşlı örtü kayalar tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür (Şekil 2.8). Ayrıca birimler Eosen yaşlı granitoidler tarafından kesilmektedir [2].



Şekil 2.8. a) Üçbaşı civarında görünen Mihalıççık metamorfiklerine ait yeşilşistler ve b) Ahurözü doğusunda gözlenen mavişistler.

2.1.4. Ofiyolitik Kayaçlar

Ofiyolitik kayaçlar, Geç Kretase'de Neotetis Okyanusu'nun kapanmasıyla oluşan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'na bağlı olarak güneye doğru Tavşanlı Zonu üzerine ilerlemişlerdir [2]. Bu kayaçlar bazen melanja ait bloklar bazen de ultramafikler olarak çalışma alanında birçok yerde görülmektedirler. Kuzeyde Ömerköy civarında ve güneyde Karaburhan'ın ve Kızılcaören'in kuzeyinde yayılım göstermektedirler. Yer yer de listvenitleşmiş olarak görülürler. Listvenitler, serpantinleşmiş ultramafik kayaçların hidrotermal solüsyonların etkisiyle karbonatlaşması ve silisleşmesiyle oluşmuşlardır [59].

2.1.5. Granitoyidler

Çalışma alanındaki metamorfik ve onları üzerleyen ofiyolitik kayaçlar Erken-Orta Eosen yaşlı bazı granitoyid kütlelerle kesilmektedir [2, 60]. Granitoyidler, çalışma alanında Sivrihisar, Hamidiye, Dümrek ve Gençali civarlarında yüzeylemektedirler. Tavşanlı Zonu'na sokulan bu kütleler, Bursa'dan Sivrihisar'a kadar yaklaşık KB-GD doğrultulu bir hat boyunca izlenebilmektedir.

Çalışmalara göre bu granitoidler, dalma-batma ile ilişkilidir ve manto kökenli magmaların sıg magma haznelerinde fraksiyonelleşmesi veya yine manto kökenli bazik magmanın getirdiği ısıyla kabuğun erimesi sonucu oluşmuştur [61, 60, 62, 63].

Sivrihisar granitoyiti Ar-Ar yaş tayinlerine göre 53 my yaşındadır [64].

2.1.6. Mamuca Formasyonu

Birim, çalışma alanının güneyinde Zeyköy civarında ve kuzeydoğusunda Sarayköy civarında yüzeylemektedir. İstifin alt seviyeleri (Em1) Zeyköy civarında KB-GD doğrultulu olarak yayılım gösterir. Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı aralanmasından oluşan tortul birimler kırmızı renklidir (Şekil 2.9). Çakıltalarının bileşenleri genelde serpantin, gabro, diyabaz ve çört gibi ofiyolitik kabuğa ait malzemelerden oluşmaktadır. Matriks tane desteklidir, taneler çok köşeli olup kötü boylanmıştır. İstifin üst seviyelerinde (Em2) yer alan karbonatlı kıltaşı seviyelerinde elde edilen *Assilina placenta*, *Assilina major* türlerine ve *Cytherella triestina*, *Thracella bartonensis*, *Paijenbochella lomata* ve *Schizocythere tessellata* gibi Ostrakoda faunasına göre Erken-Orta Eosen (İpsiyen-Lütesiyen) yaşı verilmiştir [65]. Daha önce Gözler vd. [25] tarafından bazı bentik foraminifer cins ve türlerine göre Erken Eosen yaşı verilmiştir.

Formasyon, Sarayköy civarında granitoidler ve metamorfik kayalar üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Zeyköy kuzeyinde Zeyköy Formasyonu üzerine yine uyumsuzlukla gelmektedir ancak daha sonra ilişki faylı ilişkiye dönüşmüştür (Bkz. şekil 2.5). Arazide birimin alt seviyelerinde tabakalar arasında normal faylar gözlenmiştir.



Şekil 2.9. Mamuca Formasyonu'nun alt seviyelerinde gözlenen çakıltaşı, kumtaşı, çamurtaşı birimleri. Birimin faylanmalar dolasıyla deforme olduğu görülmektedir. Bakış yönü güneydoğu.

2.2. Örtü Kayaçları

Çalışma alanında temel kayaçları Neojen sonrası birimler örtmektedir. Neojen yaşı gölsel birimleri, Miyosen yaşı Sakarya ve Pliyosen yaşı Porsuk formasyonları oluşturmaktadır. Bunların dışında güncel çökeller yer almaktadır.

2.2.1. Sakarya Formasyonu

Sakarya Formasyonu ilk kez Karakaş [66], Gençoğlu ve İrkeç [67] ve Gençoğlu [68] tarafından tanımlanmıştır. Sakarya Nehri'nin iki tarafında geniş bir yayılıma sahip olan formasyon, adını da bu nehirden almıştır.

Sakarya Formasyonu, altta kumtaşı, çakıltaşı fasiyesiyle başlar, üzerine volkanikler, dolomitik kireçtaşları gelir ve en üste doğru evaporitik birimlere doğru geçmektedir. Volkanik birimler, bazalt ve andezit karakterli olup lav akmaları şeklinde görülmektedir [69].

Sakarya Formasyonu'nun yaş konağıyla ilgili detaylı bilgi edinebilmek amacıyla ölçülü stratigrafik kesit (ÖSK) çalışmaları yapılmıştır. Ancak bir fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Önceki çalışmalarda Sakarya Formasyonu içerisinde yer alan volkanik kayalarla yapılan radyometrik yaş tayinlerinde, volkaniklerin yaşı Miyosen olarak bulunmuştur [69]. Formasyonun üst seviyelerinde bulunan gastropod fosillerinden *Planorbarius* sp., *Lymnaea* sp., *Helix mrazeci* Sévastos, 1922, *Abida* sp., *Mostus* sp. türleri ile Geç Miyosen yaşı verilmiştir [29].

2.2.1.1. Kumtaşı, Çakıltası Fasiyesi (Skk)

Fasiyes, çalışma alanında Yunus Emre'nin güneyinde dar bir alanda gözlenmektedir (Şekil 2.10). Birimler sarımsı renkte olup kumtaşı, çakıltası ardalması şeklinde izlenmektedir (Şekil 2.11). Çoğunlukla ofiyolitik kayalara ait çakıllar içermektedir. Tabakalar 30° ve güneydoğuya eğimlidir. Birim içerisinde gastropod fosillerinden *Helix mrazeci* Sévastos türü bulunmuştur (Şekil 2.12). Buna göre yaşı Geç Miyosen olarak belirlenmiştir (Doç.Dr. Burçin Aşkım Gümüş, sözlü görüşme). Yaylaköy güneyinde ofiyolitik kayalar üzerine nankonformite (kayaç türü uyumsuzluğu) ile geldiği görülmektedir (Şekil 2.13).



Şekil 2.10. Yunus Emre Köyü güneyinde gözlenen kumtaşı-çakıltası fasiyesine ait güneydoğuya eğimli tabakalar görülmektedir.



Şekil 2.11. Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıltaşı fasiyesinin yakından görünümü (Yaylaköy kuzeyi).



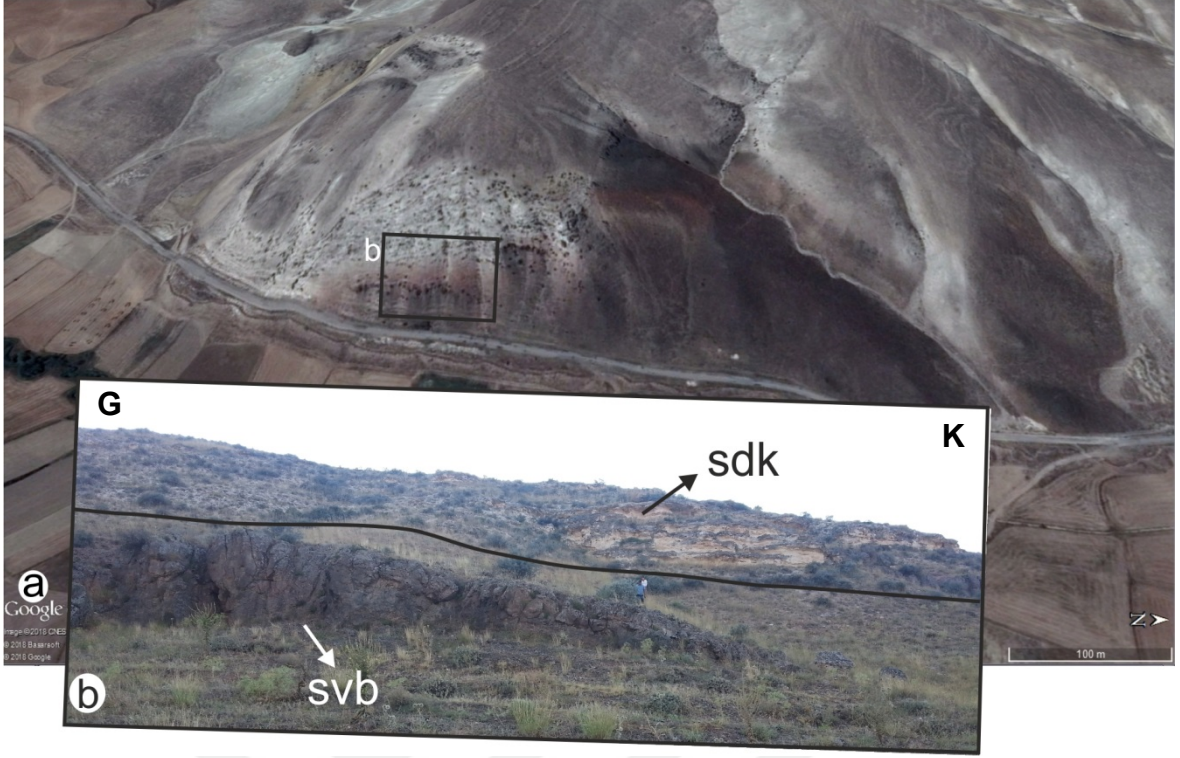
Şekil 2.12. Yaylaköy kuzeybatısında görülen Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıltaşı fasiyesinin içerisinde gözlenen gastropod fosilleri.



Şekil 2.13. Yaylaköy güneyinde Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıltası fasiyesi nankonformite (kayaç türü uyumsuzluğu) ile ofiyolitik kayaları örtmektedir (Bakış yönü batı).

2.2.1.2. Volkanikler (Svb)

Çalışma alanında Oğlakçı civarında bazaltik lav akmaları şeklinde yüzeylemektedirler. [69], bu volkanik kayalar üzerinde petrolojik ve jeokimyasal incelemeler yapmıştır. Araştırmacı, Miyosen yaşlı bu kayaların alkali karakter taşıdığını ve çarpışma sonrası açılmalı tektonik rejim sonucunda, Okyanus Adası Bazaltları (Ocean Island Basalts-OIB) benzeri bir magmadan asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin etkileriyle oluştuklarını ortaya koymuştur [69]. Bu kayaların üzerine dolomitik kireçtaşı fasiyesi gelmektedir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14. a) Oğlakçı kuzeydoğusunda bazaltik lav akmaları şeklinde görülen volkanik kayaların uydu görüntüsü. Üzerine Sakarya Formasyonu'na ait dolomitik kireçtaşı fasiyesinin geldiği görülmektedir. b) Birimlerin arazideki görünüşleri (sdk: silisifiye dolomitik kireçtaşı, svb: volkanik fasiyes).

2.2.1.3. Jips Ara Katkılı Silisifiye Dolomitik Kireçtaşı Fasiyesi (Sdk-Sj)

Çalışma alanında Sazak Köyü'nün G'deki Akpınar Tepe'de ve Oğlakçı Köyü'nün kuzeydoğusunda gözlenmiştir. Genel olarak krem, beyaz renklidirler (Şekil 2.15). Tabaka eğim yönleri değişmekle birlikte eğim açıları 20° civarındadır. Fasiyes içerisinde yer yer silisifiye olmuş seviyeler izlenmektedir (Şekil 2.16). Ayrıca bu fasiyes yer yer jips arakatıkları (Sj) içermektedir.



Şekil 2.15. Kızılbil Mevki Akpınar Tepe'de gözlenen eğimli dolomitik kireçtaşları. Buradaki kireçtaşları antiklinalin bir kanadını oluşturmaktadır.



Şekil 2.16. Oğlakçı kuzeydoğusunda gözlenen kireçtaşlarındaki silis bantları görülmektedir.

2.2.2. Porsuk Formasyonu

Sakarya Formasyonu'nu düşük açılı uyumsuzlukla Porsuk Formasyonu üzerlemektedir. Formasyon altta kırmızı kumtaşı, çakıltası fasiyesi ile başlamaktadır, üstte doğru yeşil renkli marn kiltası ar dalanması, killi kireçtaşı ve yer yer jips ara katkılı marn kiltası ar dalanması ile devam etmektedir.

Karakaş vd. [29]'nin çalışmasında, yeşil renkli kiltası ve marn birimlerinde Taner (2004, sözlü görüşme) tarafından gastropod türlerinden *Valvata crusitensis*, *Gyraulus* (G.) *ignoratus* Schickum-Puisseur, 1977, *Emmericia rumana* Tournouér, 1880 tanımlanmış olup, Porsuk Formasyonu'nun yaşı Geç Pliyosen (Romaniyen) olarak belirlenmiştir. Ayrıca yazarlar, bu birimlerde ostrakod fosillerinden *Ilyocypris* sp., *Potamocypris similis* [70], *Pseudocandona* cf. *compressa* [71], *Hemicyprideis dacica grekoffi* Carbonnel, 1971, *Cyprideis* cf. *torosa* [72], *Candona neglecta* Sars, 1888, *Candona* sp. elde edilmiş olup fauna topluluğunun Pliyosen-Erken Pleyistosen'i işaret ettiğini belirtmiştir [29]. Bununla birlikte, kahverenkli killi, marnlı ve organik maddece zengin olan birimlerde marn ve kiltalarında yapılan spor/polen yaş tayini çalışmalarında Geç Pliyosen yaşını veren spor ve polen biyozon toplulukları (Tubuliflorae ve Liguliflorae tipleri) saptanmışlardır [29]. Ayrıca bu yaşlandırma *Testudo* sp., *Micromys* sp.,

Occitamomys sp., *Prolagus* sp. ve *Promimomys* sp. gibi mikro/makro memeli topluluklarınca da test edilip doğrulanmıştır [29]. Bu çalışmada kapsamında yapılan ÖSK çalışmaları ile bu veriler desteklenmiştir.

2.2.2.1. Kırmızı Renkli Kumtaşı, Çakıltası Fasiyesi (Np1)

Pliyosen yaşlı Porsuk Formasyonu'nun tabanını oluşturan bu fasiyes, çalışma alanında ağırlıklı olarak kuzeybatıdaki kesimlerde gözlenmekle birlikte birçok lokasyonda görülebilmektedir. Eğimleri 5-10° civarındadır (Şekil 2.17). Kırmızı renkli olan bu çakıltaları ofiyolit ve kireçtaşı çakılları içermektedir.



Şekil 2.17. Yunus Emre Köyü kuzeybatısında gözlenen Porsuk Formasyonu'na ait kırmızı renkli kumtaşı, çakıltası fasiyesi.

2.2.2.2. Yeşil Renkli Marn Kilitaşı Fasiyesi (Np2)

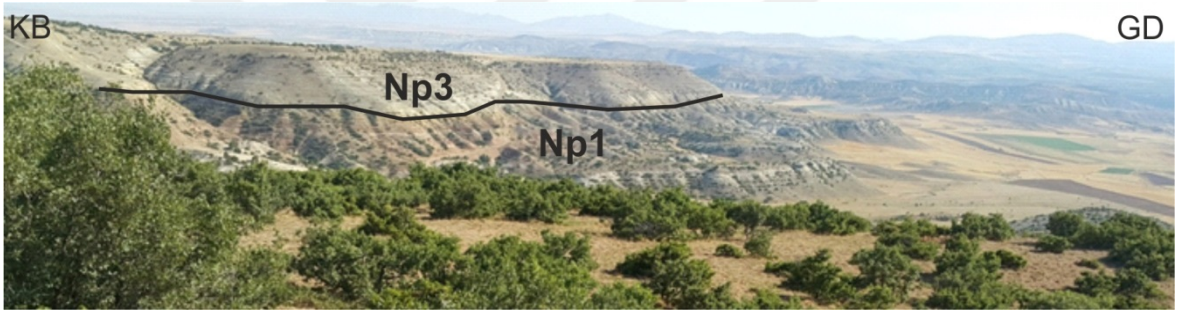
Çalışma alanında geniş yayılım gösteren fasiyes, Pliyosen istifisi içerisinde en karakteristik olanıdır. Açık yeşilimsi gri renkte gözlenmektedir. Altında yer alan kırmızı renkli kumtaşı, çakıltası fasiyesi ile ve üzerinde yer alan killi kireçtaşı fasiyesi ile dokanağı uyumludur. Yer yer bu fasiyeslerle tekrarlanmalı olarak görülmektedir.

2.2.2.3. Killi Kireçtaşı Fasiyesi (Np3)

Çalışma alanında en yaygın bulunan fasiyestir. Bölgenin güneydoğusuna doğru yayılımı artmaktadır. Genel olarak beyaz, krem renklidir (Şekil 2.18). Birim havza kenarlarında karasal birimlerle geçişli iken, havza merkezine doğru marn kilitaşı fasiyesi ile geçişlidir (Şekil 2.19).



Şekil 2.18. Biçer Köyü kuzeyindeki killi kireçtaşı fasiyesinin uzaktan görünümü. Kireçtaşı seviyeleri kalın tabakalı olarak görülmektedir.



Şekil 2.19. Havza kenarlarında Np1 üzerinde Np3 geldiği görülmektedir.

2.2.2.4. Jips Arakatkılı Kilitaşı Marn Fasiyesi (Np4)

Çalışma alanının güneydoğusunda geniş alanlarda yayılım göstermektedir (Şekil 2.20). Genellikle beyaz, gri renktedirler. Yataya yakın konumdadırlar. Bu fasiyes gölün derinliğinin en fazla olduğu yerleri temsil etmektedir.



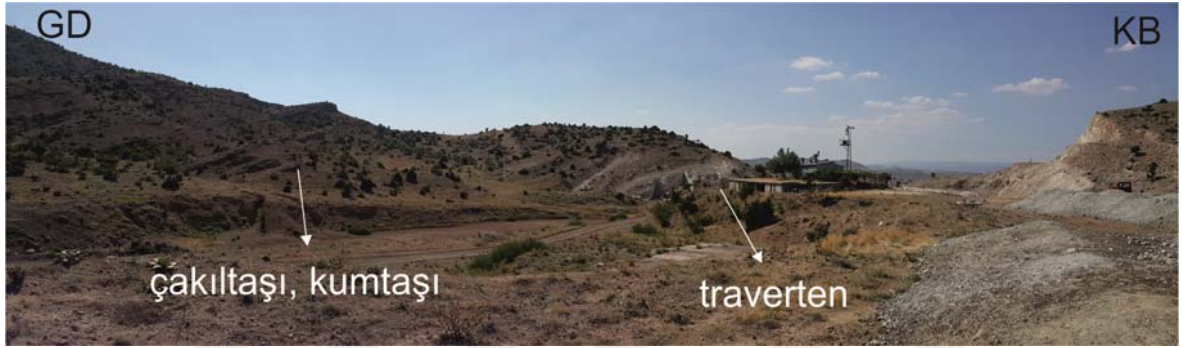
Şekil 2.20. Ömerler Köyü güneyinde fasiyesin genel görünümü.

2.2.3. Güncel Çökeller

Çalışma alanında yer alan güncel çökeller, traverten, eski ve güncel alüvyon çökellerinden oluşmaktadır.

2.2.3.1. Traverten

Yunus Emre Köyü güneyinde Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı, çakıлтаşı fasiyesinde içerisinde yaklaşık D-B doğrultulu traverten çökeliği gözlenmiştir (Şekil 2.21 ve 22).



Şekil 2.21. Yunus Emre Köyü güneyinde yer alan traverten ile Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu'na ait kumtaşı çakıлтаşı fasiyesinin ilişkisi görülmektedir.



Şekil 2.22. Travertenin temiz yüzeylerine ait bir görüntü.

2.2.3.2. Eski Alüvyon (Qa1)

Çalışma alanında Yaylaköy'ün kuzeydoğusundaki vadilerde yüzeyleyen çökeller askıda kalmış eski akarsu taraçaları şeklinde gözlenmiştir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23. Yaylaköy'ün kuzeydoğusunda gözlenen eski alüvyon çökelleri.

2.2.3.3. Güncel Alüvyon (Qa2)

Çalışma alanında bulunan güncel akarsuların kenarlarında depolanan pekişmemiş çakıl, kum malzemesi bölgedeki güncel alüvyonları oluşturmaktadır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24. Çalışma alanında güncel akarsuların kenarlarında depolanan kum, çakıl boyutunda pekişmemiş çakıllar.

2.2.4. Ölçülü Stratigrafik Kesit Çalışmaları (ÖSKlar)

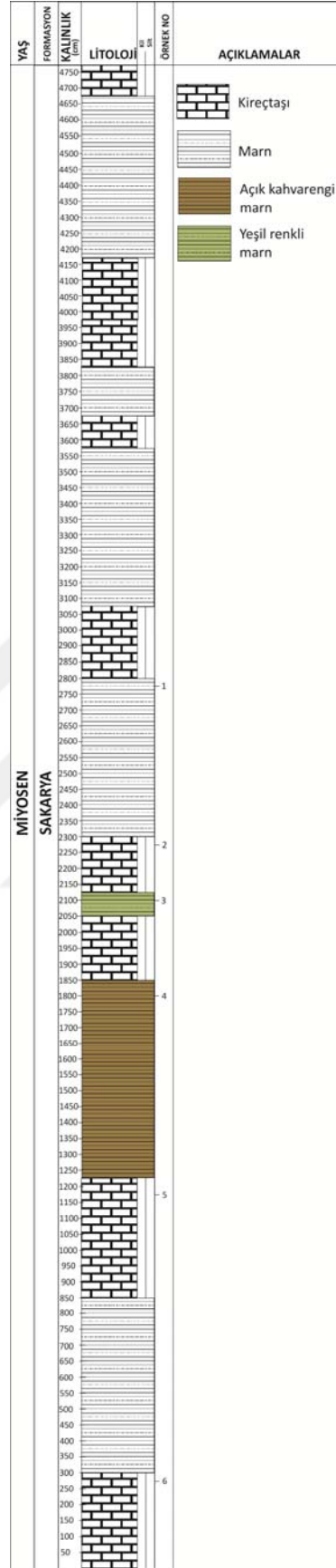
Havzadaki zamansal ve mekânsal değişimleri ortaya koyabilmek için ölçülü stratigrafik kesitler (ÖSKlar) boyunca sistematik örnekleme yapılarak sedimantolojik/paleontolojik çalışmalar yürütülmüştür. Buna göre eski çalışmalarla karşılaştırılarak litolojilerin kontrolü yapılmıştır. ÖSK lokasyonları için şekil 2.1'e bakınız.

2.2.4.1. Kızılbel Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK1)

Kızılbel ÖSK'sı, Sakarya Formasyonu'nun üst seviyesi olan silisifiye dolomitik kireçtaşları (sdk) içerisinde ölçülmüştür. Adını yakınında bulunan Kızılbel Mevkii'nden almıştır. Kesite en yakın yerleşim yeri, 3,5 km kuzeyinde yer alan Sazak Köyü'dür. Eskişehir İ27-a4 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları $03^{\circ}81^{328} D / 44^{\circ}01^{333} K$, bitiş koordinatları ise $03^{\circ}81^{521} D / 44^{\circ}01^{799} K$ olarak kaydedilmiştir. Kesitte hakim litolojiyi karbonatlı kayaçlar oluşturmaktadır (Şekil 2.25). Kızılbel ÖSK'nın toplam kalınlığı 47,5 metredir (Şekil 2.26). Kesit üzerinde belirlenen 6 seviyeden örnekleme yapılmıştır. Örneklerin tamamı çökel kayaçlardan alınmış olup, alınan örneklerde fosil bulgusuna rastlanmamıştır. Kesitin en üstünde yer alan kireçtaşı tabakalarının konumu 125/20KD'dur.



Şekil 2.25. Kızılbel ÖSK'sı Sakarya Formasyonu'nun üst seviyelerinden ölçülmüş olup hakim litolojiyi karbonatlı kayaçlar oluşturmaktadır (Kızılbel Mevki).



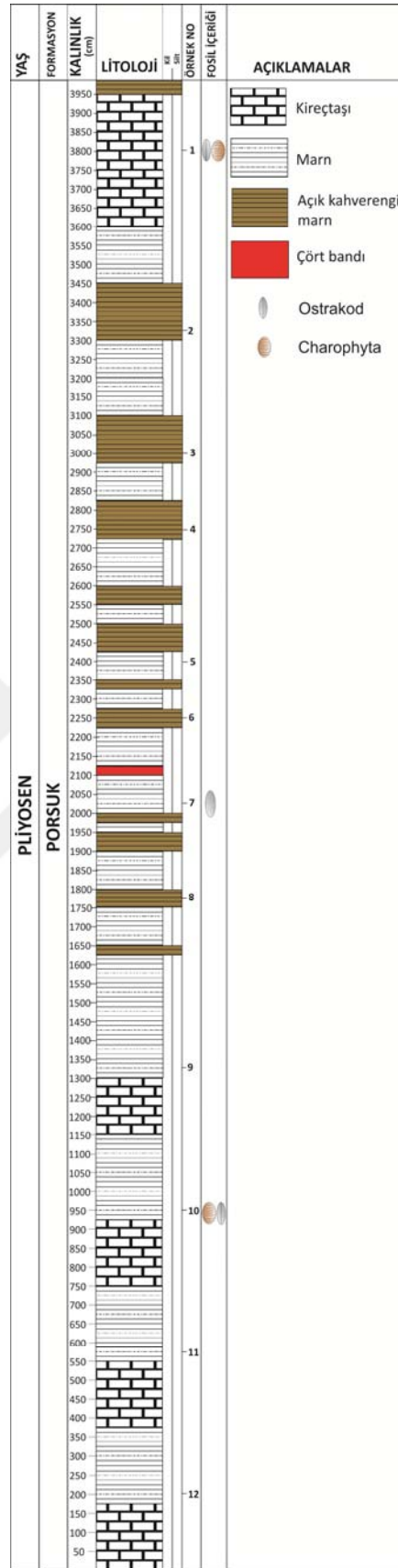
Şekil 2.26. Kızılbel ölçülü stratigrafik kesiti. Kızılbel Mevkii'nde ölçülmüştür. Eskişehir İ27-a4 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları $03^{\circ}81'328''$ D / $44^{\circ}01'333''$ K, bitiş koordinatları ise $03^{\circ}81'521''$ D / $44^{\circ}01'799''$ K'dir.

2.2.4.2. Hamitağa Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK 2)

Hamitağa ÖSK'sı, Porsuk Formasyonu'nun üst seviyeleri olan killi kireçtaşı (Np3) fasiyesi içerisinde ölçülmüştür (Şekil 2.27). Kesit, Porsuk Formasyonu'nun kırmızı renkli çakıltası, kumtaşı (Np1) fasiyesi taban kabul edilerek başlatılmıştır. Adını yakınında bulunan Hamitağa Çiftliği'nden almıştır. Kesite en yakın yerleşim yeri, 1 km güneyinde yer alan Yunusemre Köyü'dür. Eskişehir İ26-c2 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları $03^{\circ}70^{045}$ D / $43^{\circ}98^{748}$ K, bitiş koordinatları ise $03^{\circ}70^{058}$ D / $43^{\circ}98^{837}$ K olarak kaydedilmiştir. Kesitte hakim litolojiyi karbonatlı kayalar oluşturmaktadır. Hamitağa ÖSK'nın toplam kalınlığı 39,5 metredir (Şekil 2.28). Kesit üzerinde belirlenen 12 seviyeden örnekleme yapılmıştır. Örneklerin tamamı çökel kayalardan alınmış olup, alınan örneklerin 3 tanesinden fosil elde edilmiştir. Ostrakodlara ait Candonik formlar (örn.1 ve 10), Charophyta (örn.1 ve 10) ve Candona sp. (örn. 7) türlerine rastlanmıştır. Kesitin en üstünde yer alan kireçtaşı tabakalarının konumu 025/15KB'dir.



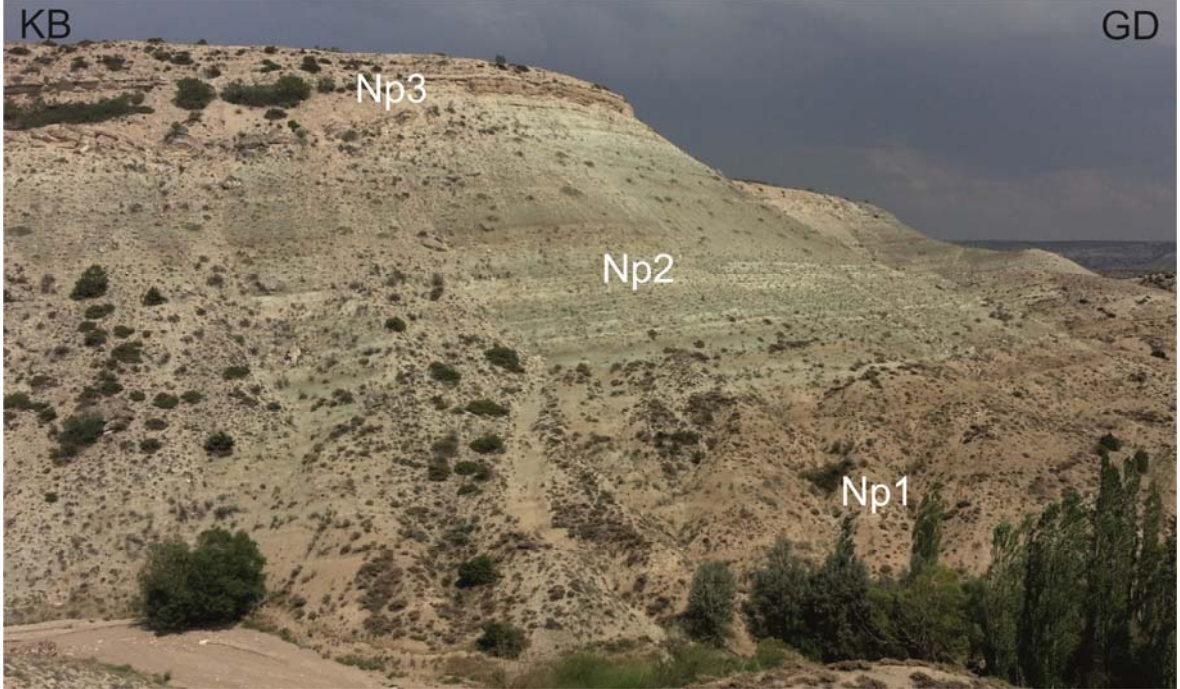
Şekil 2.27. Hamitağa ÖSK'sının karşıdan görünümü (Bakış yönü kuzeybatı).



Şekil 2.28. Hamitağa ölçülü stratigrafik kesiti. Yunus Emre kuzeyinde, Hamitağa'da ölçülmüştür. Eskişehir İ26-c2 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları $03^{\circ}70^{045}$ D / $43^{\circ}98^{748}$ K, bitiş koordinatları ise $03^{\circ}70^{058}$ D / $43^{\circ}98^{837}$ K'dir.

2.2.4.3. Sazak Ölçülü Stratigrafi Kesiti (ÖSK3)

Sazak ÖSK'sı, Porsuk Formasyonu'nun orta ve üst seviyelerini oluşturan yeşil renkli marn, kiltası (Np2) ve killi kireçtaşı (Np3) fasiyesleri içerisinde ölçülmüştür (Şekil 2.29). Adını yakınında bulunan Sazak Köyü'nden almıştır. Kesite en yakın yerleşim yeri, 250 m güneybatısında yer alan Sazak ilçesidir. Eskişehir İ27-a4 paftasında yer alan ÖSK'nın başlangıç koordinatları $^{03}81^{195}$ D / $^{44}05^{618}$ K, bitiş koordinatları ise $^{03}81^{223}$ D / $^{44}05^{710}$ K olarak kaydedilmiştir. Sazak ÖSK'sının toplam kalınlığı 63 metredir (Şekil 2.30). Kesit üzerinde belirlenen 22 seviyeden örnekleme yapılmıştır. Örneklerin tamamı çökel kayalardan alınmış olup, alınan örneklerin 7 tanesinde fosil elde edilmiştir. Bazı türü belirlenemeyen Ostrakod formlarına (örn. 6 ve 12), Charophyta formuna (örn. 12 ve 21), 1'er adet *Zonocypris* ve *Cyprideis* Ostrakod cinslerine (örn. 17), bazı gastropod parçalarına (örn.13) ve tanımlamayan fosil parçalarına (örn.14 ve 18) rastlanmıştır. Kesitte hakim litolojiyi killi-karbonatlı kayalar oluşturmaktadır. Kesitin en üstünde yer alan silisli kireçtaşı tabakalarının konumu 130/15KD'dur.



Şekil 2.29. Sazak ÖSK'sının ölçüldüğü fasiyesler görünmektedir (Sazak Köyü).

3. BÖLGENİN YAPISAL ÖZELLİKLERİ

Bölgenin Neojen sonrası yapısal evrimini açıklayabilmek için çalışma alanında bulunan birimlerin geçirdiği deformasyonlar incelenmiştir ve değerlendirilmiştir.

Yapılan arazi çalışmaları sonucu yapısal unsurlar tespit edilip haritalanabilir ölçekte olanları haritalanmıştır (Şekil 3.1). Çalışma alanındaki yapısal unsurlar, faylar, eklemler ve kıvrımlar olarak ele alınmıştır.

Bir alanda yapılan paleo-gerilme analizleri, o bölgeyi şekillendiren gerilme yönelimlerinin ve bu yönelimlerin zamanla gösterdikleri değişimlerin izlenmesinde önemli rol oynar. Bu amaçla çalışma alanında yer alan Neojen çökellerinde tespit edilen neotektonik yapılardan paleo-gerilme analizleri yapılmıştır. Bunun için arazide kinematik veri elde edilebilen faylardan fay verisi toplanmıştır. Arazide izine rastlanamayan yapılar ise morfolojik veriler, ötelenmeler ve hidrotermal çözeltilerin yüzeye çıkış hatları gibi fay kriterleri kullanılarak belirlenmiştir.

Bölgede bazı fay düzlemlerinde hidrotermal solüsyonların kırıklar boyunca yüzeye çıkmasıyla düzlemler üzerinde killi olduğu gözlemlenmiştir. Fay boyunca meydana gelen fay hareketleri üzerine bir yaş tahmini elde etmek ve faylanmayla ilişkili olarak akışkanların gelişimini ve kaynağını belirlemek için illit zenginleştirmeleriyle yaş tayini yapılabilmektedir. Çalışma kapsamında bu amaçla fay düzlemlerindeki bu killerden örnekler alınmıştır. Yöntemle ilgili bilgiler için Ek-1'e bakınız.

3.1. Faylar ve Paleo-Gerilme Analizleri

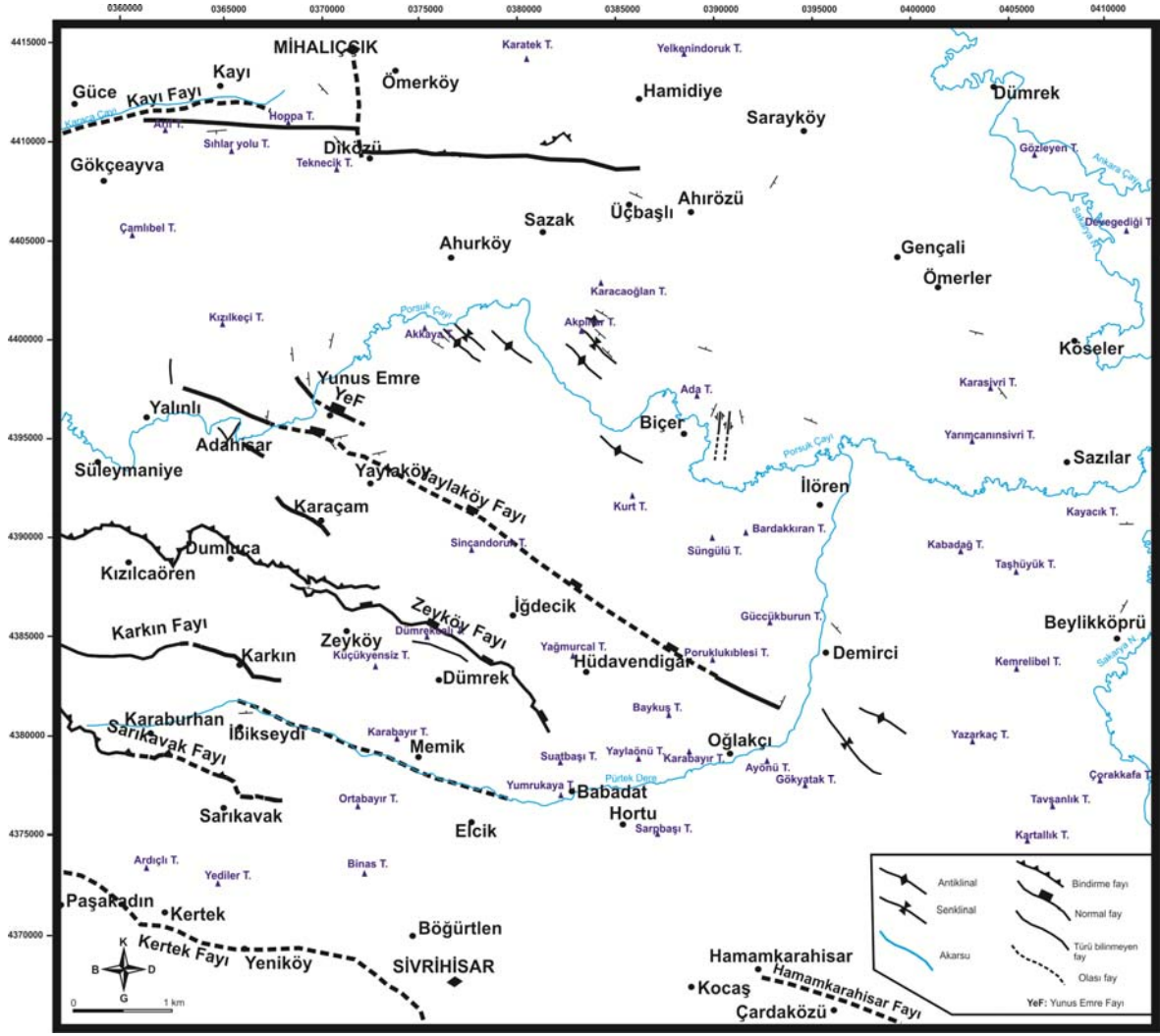
Çalışma alanında birimleri deforme eden farklı doğrultulara ve farklı türlere sahip faylar bulunmaktadır. Havza içinde bulunan fayların çoğunluğu litoloji türleri sebebiyle uzun hatlar halinde takip edilememektedir. Bu sebeple haritada gösterilememişlerdir.

Arazide görülebilen tüm faylardan kinematik veriler toplanmıştır. Bunlardan 66 tanesi fay çizikleri, fay türü belirlenebilenleridir. Bu verilerin bazıları TENSOR (v.5.0.6) analiz programı ile değerlendirilmiştir.

Bu programda girilen fay verileri (doğrultu/eğim açısı/eğim yönü/sapma açısı ve yönü) F2 fonksiyonu (Angelier) kullanılarak değerlendirilmiştir. Asal gerilme durumlarına bağlı olarak oluşacak gerilme elipsoyidinin şeklini ifade eden R değeri, fayların hangi tür ortam koşullarını yansıttığını vurgulamaktadır (Şekil 3.2). Buna göre gerilme alanı radyal açılma (radial extension) (σ_1 düşey, $0 < R < 0.25$), açılma (σ_1 düşey), saf açılma (pure extension) ($0.25 < R < 0.75$) ve transtansiyon (transtension) ($0.75 < R < 1$), doğrultu atımlı gerilme alanı için (σ_2 düşey), saf doğrultu atım (pure strike-slip) ($0.25 < R < 0.75$), transtansiyon (transtension) ($0.75 < R < 1$) ve transpresyon (transpression) ($0 < R < 0.25$), ya da radyal sıkışma (radial compression) (σ_3 düşey, $0.75 < R < 1$), sıkışma (σ_3 düşey) saf sıkışma (pure compression) ($0.25 < R < 0.75$) ve transpresyon (transpression) ($0 < R < 0.25$) olabilmektedir [73].

Arazideki ilişkilerine göre farklı tektonik rejimlerin ürünü olduğu düşünülen faylar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ek olarak, Tensor programı, diğerlerine göre uyumsuz olan yani aynı gerilmenin alanı içinde oluşmuş olamayacağını hesapladığı fayları ayrıca belirtmektedir. Bu faylar analizlerden çıkarılarak gerilmeler tekrar hesaplanmıştır.

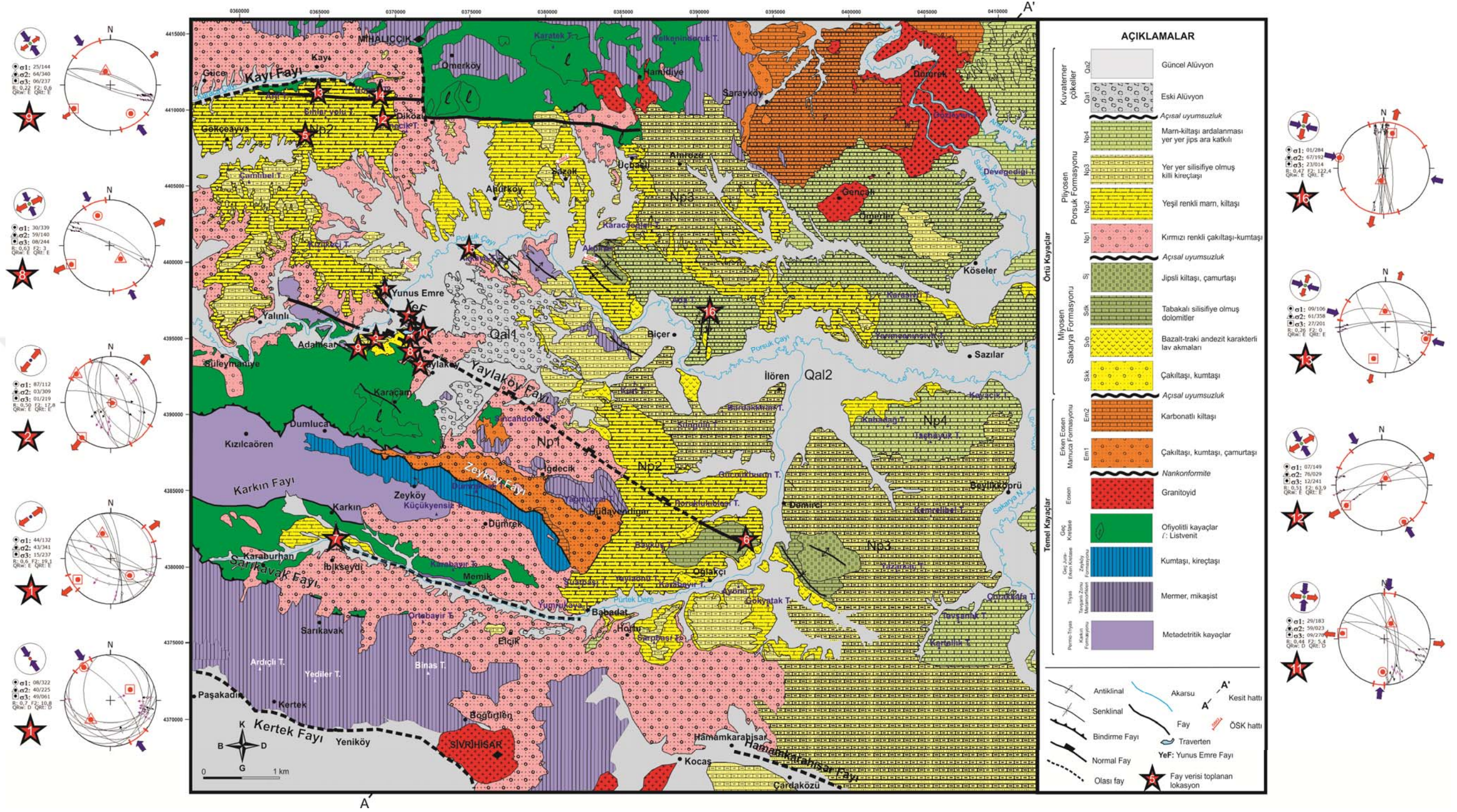
Fay kayma verisi toplanan düzlemlere lokasyon numarası verilmiştir, ölçüm lokasyonları ve analiz sonuçları haritada gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çalışma alanında yer alan yapısal unsurlar.

Stress tensor type	EXTENSIVE				STRIKE-SLIP				COMPRESSIVE			
Stress symbols												
Stress ratio R	0.00	0.25	0.50	0.75	0.75	0.50	0.25	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00
Stress regime	Radial EXTENSIVE	Pure EXTENSIVE	TRANS-TENSIVE	Pure STRIKE-SLIP	TRANS-PRESSIVE	Pure COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE	Radial COMPRESSIVE

Şekil 3.2. $R = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ formülü dikkate alınarak gerilme oranı (R) 'nin yönelimine bağlı gerilme ortamlarının temsili gösterimi. Siyah oklar sıkışma beyaz oklar ise açılma yönünün yatay bileşenini göstermektedir ([73]'den alınmıştır).



Şekil 3.3. Çalışma alanının jeoloji haritası üzerinde fay düzlem verisi toplanan lokasyonlar ve paleo-gerilme analizi sonuçları.

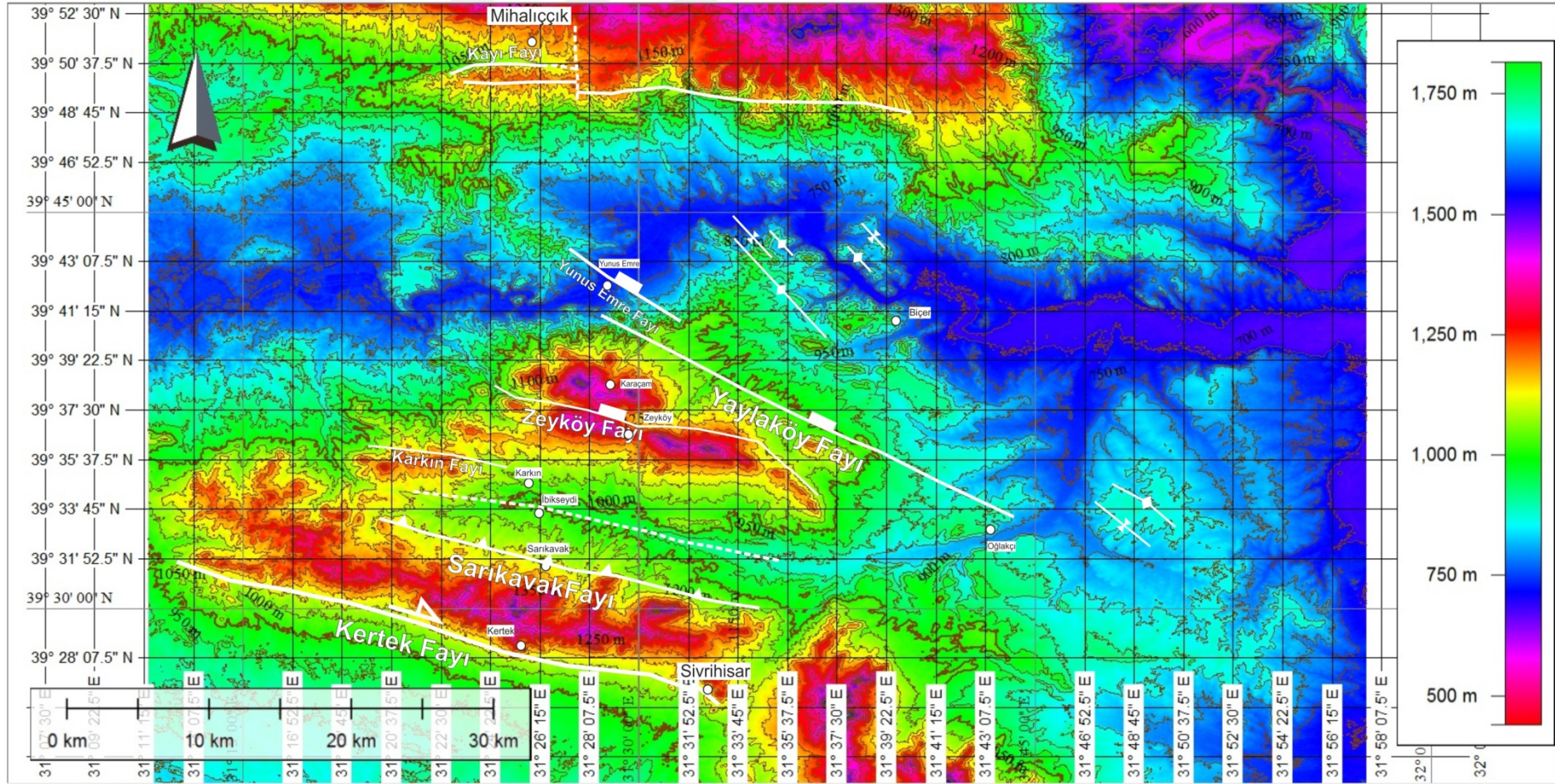
3.1.1. Eğim Atımlı Faylar

Çalışma alanının morfolojisine bakılacak olduğunda kuzey ve güney kesimler engebeli bir görünüm sunarken geri kalan alanlarda düze yakın bir topoğrafya görülmektedir (Şekil 3.4). Morfolojiyle litolojiyi karşılaştırdığımızda engebeli kesimleri temel kayaçların, düze yakın kesimleri ise örtü birimlerinin oluşturduğu söylenebilmektedir.

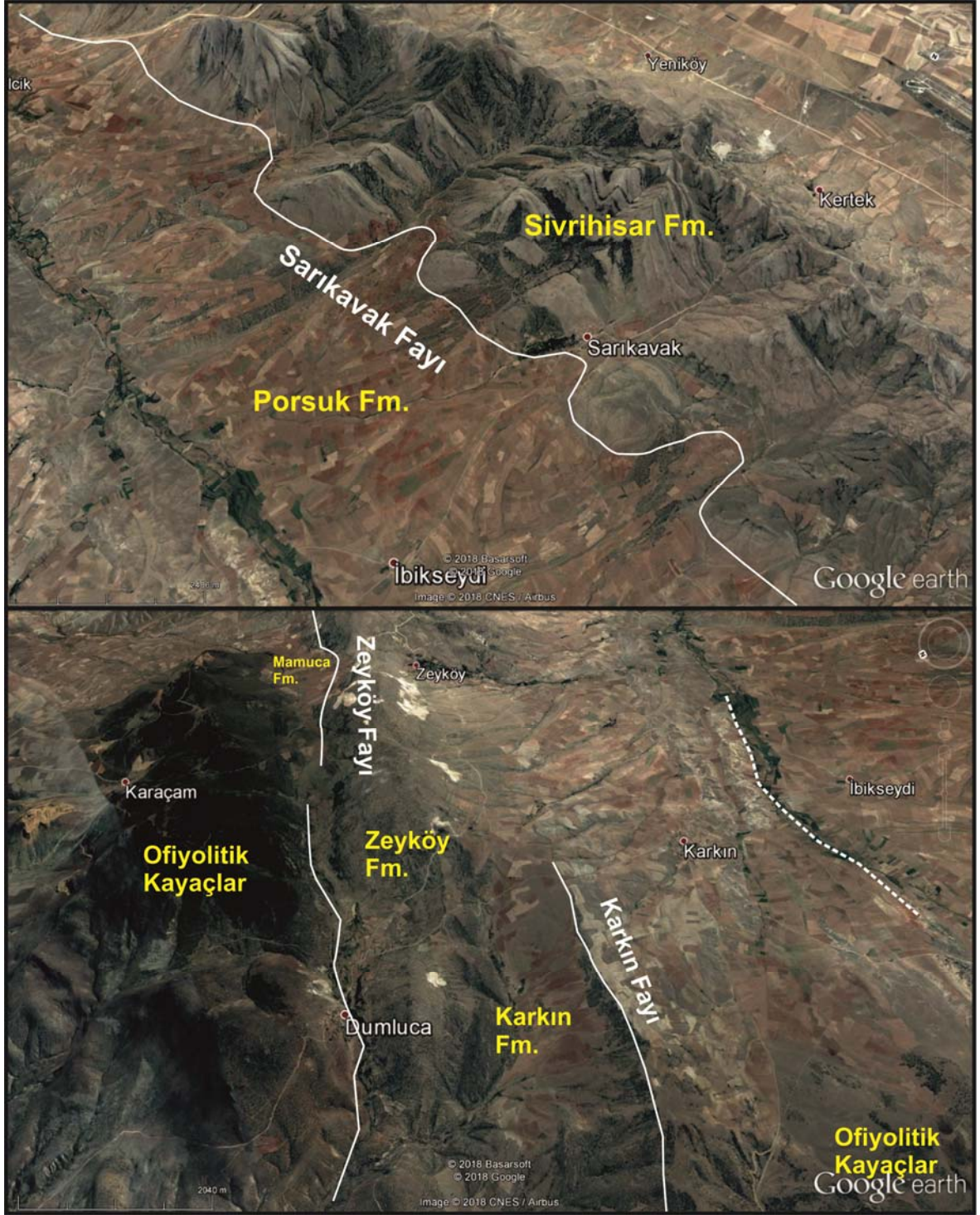
Çalışma alanının güney/güneybatısında yer alan temel kayaçların dokanak ilişkileri ağırlıklı olarak tektonik dokanaktır. Bu dokanaklar birçok çalışmada bindime fayı olarak tanımlanmıştır [5, 45, 46]. Örtü kayaçlarda ise ağırlıklı olarak eğim atımlı normal faylar bulunmaktadır. Sadece bir lokasyonda eğim atımlı ters fay görülmüştür. Normal faylardan Yaylaköy ve Yunus Emre fayları haritalanabilir ölçekte olup diğerleri mostra ölçeğinde tabakaları deforme etmiş olarak gözlenmiştir.

3.1.1.1. Sarıkavak Fayı

Sarıkavak Fayı, KB-GD uzanımlı olup taban bloğunda Tavşanlı Zonu'na ait yüksek metamorfik kayaçlar ve onları kesen granitoidler bulunurken tavan bloğunda Pliyosen yaşlı kumtaşı, çakıltası birimleriyle örtülmüş Geç Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar bulunmaktadır (Bkz. şekil 3.3). Fay, ultramafik ve metamorfik kayaçların biraraya gelmesi sebebiyle tespit edilmiştir ancak örtülü olduğundan bu çalışmada fayın türüne ait bir veri bulunamamıştır.



Şekil 3.4. Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli üzerinde fayların görünümü.



Şekil 3.5. Sarıkavak, Karkın ve Zeyköy faylarının uydu görüntüsünde görünümü (Fm.: Formasyon).

3.1.1.2. Karkın Fayı

Sarıkavak Fayı'na paralel olarak gelişen Karkın Fayı'nın taban bloğunda Geç Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar bulunurken tavan bloğunda Sakarya Zonu'na ait metadetritik kayaçlar (Karkın Formasyonu) yer almaktadır.

3.1.1.3. Zeyköy Fayı

Zeyköy Fayı, Jura-Erken Kretase yaşı Zeyköy Formasyonu'na ait kireçtaşı ile Erken Eosen yaşı çakıtaşı, kumtaşı birimleri (Mamuca Formasyonu) arasında yer almaktadır. Faya ait düzlem görülemese de iki birim arasındaki dokanağın doğrusallığı, tavan bloktaki birimlerin fazla deforme durumda olması ve ana faya paralel normal faylarla kesilmesi fayın varlığını destekler niteliktedir ( ekil 3.6). Zeyköy Fayı, yapısal özellikleri ve kestiğı birimler karşılaştırıldığında Ulukışla civarında bulunan İvriz Sıyrılma Fayı'na benzerlik göstermektedir [74], bu çalışma ışığında fayın sıyrılma fayı olması da ihtimal dahilindedir. Ancak yeniden detaylı incelemelere gerek vardır.

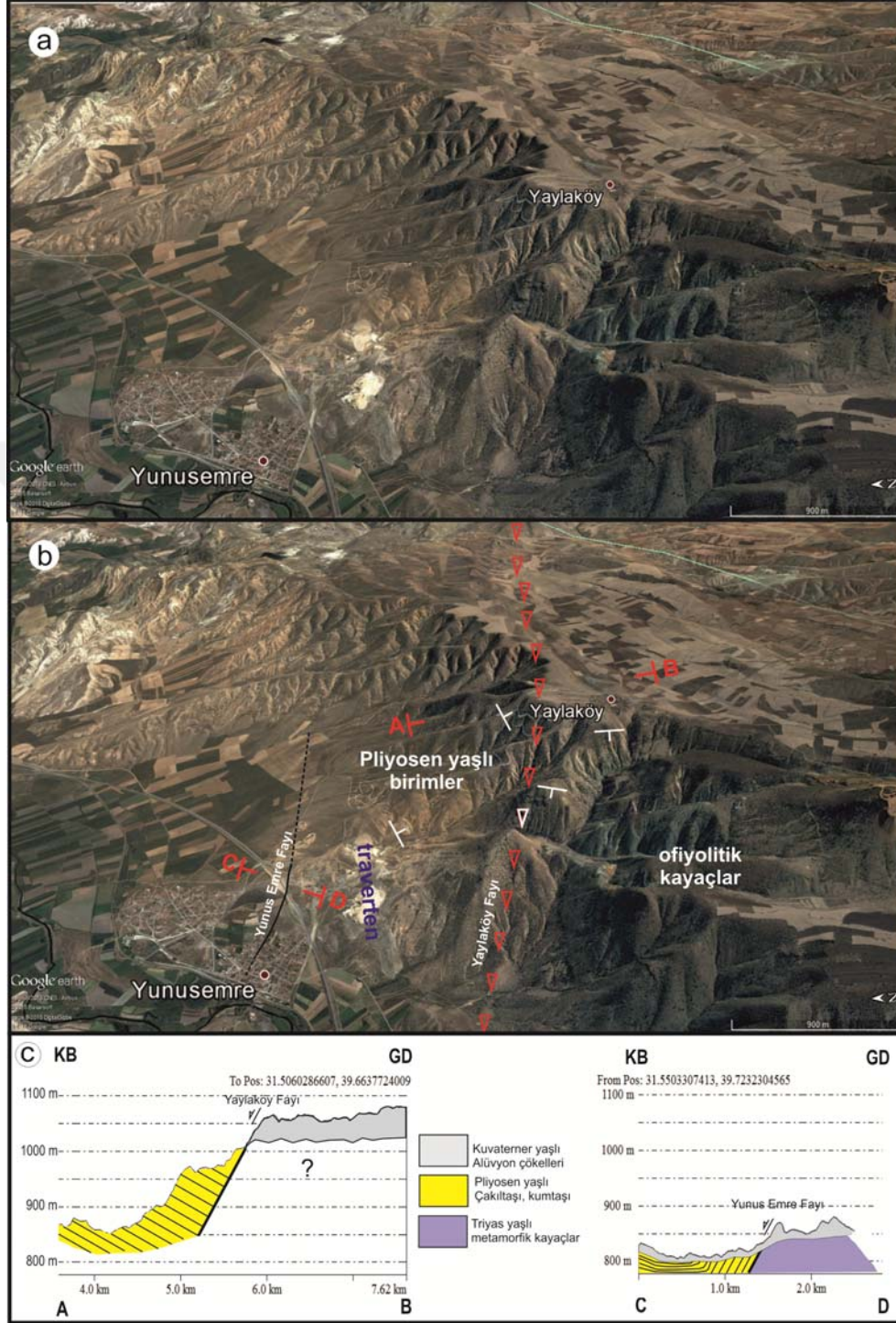


Şekil 3.6. İğdecik Köyü batısında gözlenen Zeyköy Fayı'nın tavan bloğunda yer alan birimler. Birimlerin çok fazla deforme olduğı görülmektedir.

3.1.1.4. Yaylaköy Fayı

Yaylaköy' n güneybatısında belirgin  izgisellikle farkedilmektedir ( ekil 3.7). Fayın tavan bloğunda yer alan Porsuk Formasyonu'na ait Pliyosen yaşı çakıtaşı, kumtaşı birimleri faya doğru (güneye) eğim kazanmıştır ve kırılanmıştır ( ekil

3.8). Fayın geçtiği tahmin edilen hat üzerinde D-B doğrultulu bir çatlak boyunca hidrotermal solüsyonların yüzeylediği görülmüştür (Şekil 3.7, bölüm 3.3.2).



Şekil 3.7. a) Yaylaköy Fayı ve civarının uydu görüntüsü, b) Yapılar ve ilişkileri görülmektedir. Fayın geçtiği hat kırmızı üçgenlerle işaretlenmiştir. Beyaz üçgenle belirtilen nokta, yaklaşık faya paralel bir eklem olduğu yeri işaret etmektedir. Bu eklem boyunca hidrotermal çözeltilerin yüzeye çıktığı gözlenmiştir. c) Yaylaköy ve Yunus Emre faylarının kestiği birimleri ve ilişkileri gösteren jeolojik kesitler (kesit hatları için b'ye bakınız.)



Şekil 3.8. Yaylaköy Fayı'nın tavan bloğunda bulunan Pliyosen yaşlı birimlerin güneye eğimli tabakaları. Yaylaköy ile Yunus Emre Köyü arasındaki yol yarmalarında izlenebilmektedirler. Bu birimler çok sayıda normal ve doğrultu atımlı faylar tarafından kesilmiştir.

Yaylaköy Fayı'nın güneydoğu devamında Miyosen yaşlı dolomitik kireçtaşlarını ötelediği de görülmüştür.



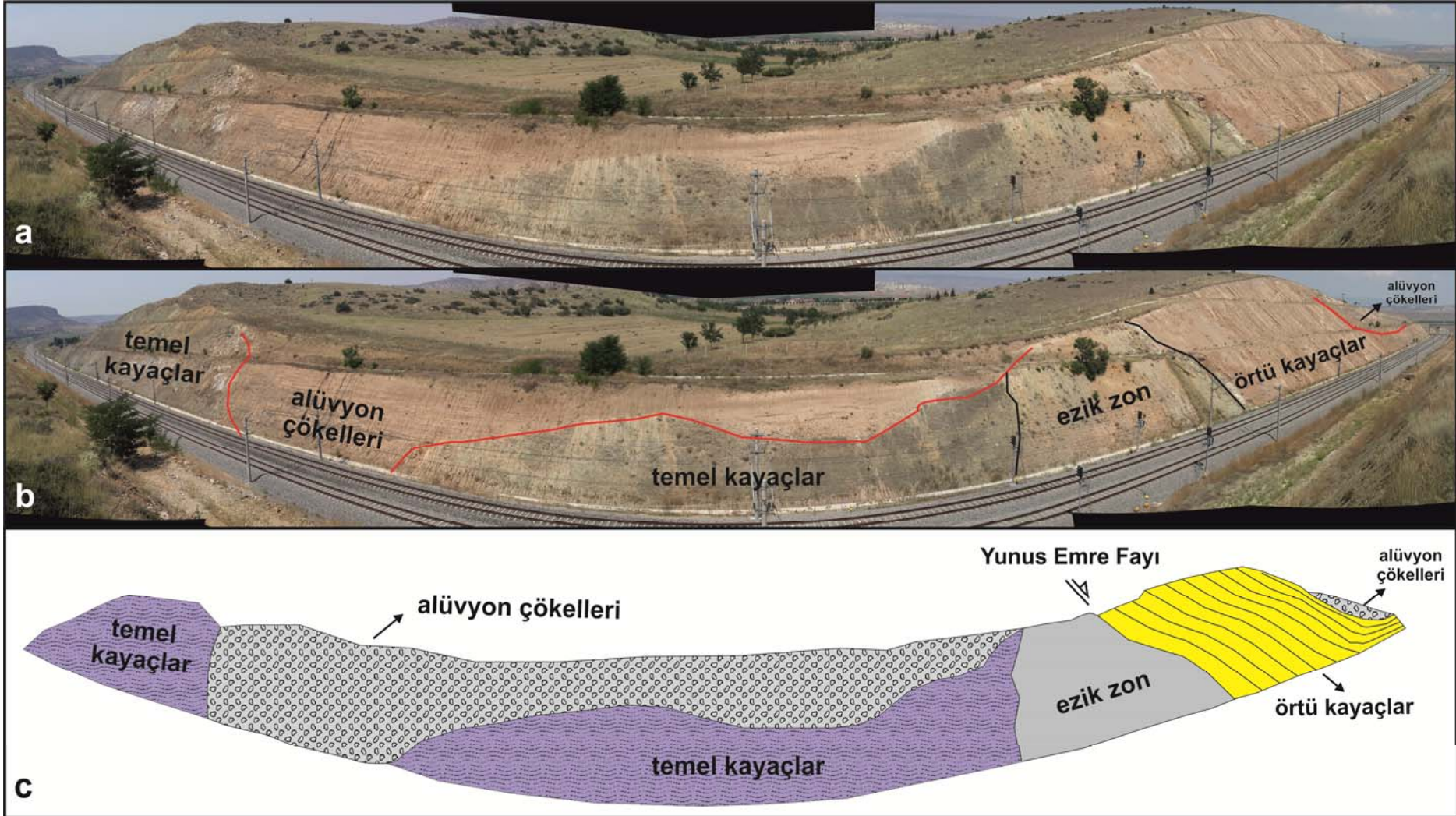
Şekil 3.9. Oğlakçı kuzeydoğusundaki Miyosen yaşlı dolomitik kireçtaşlarında Yaylaköy Fayı boyunca gelişen ötelenme.

3.1.1.5. Yunus Emre Fayı (Lokasyon-1)

Çalışma alanının yaklaşık ortasından, Yunus Emre Köyü'nün güneyinden, TCDD-YHT hattı geçmektedir (Bkz. Şekil 1.1 ve 3.10). YHT hattı için açılan duvarlar çalışma alanında örtülü olarak bulunan birimleri açığa çıkarmıştır. Yapılan arazi çalışmalarında temel kayalar ile Pliyosen yaşlı örtü kayalar arasında yer alan Yunus Emre Fayı (YeF) tespit edilmiştir. Dokanakta KB-GD doğrultulu bir ezik zona rastlanmıştır (Şekil 3.11).

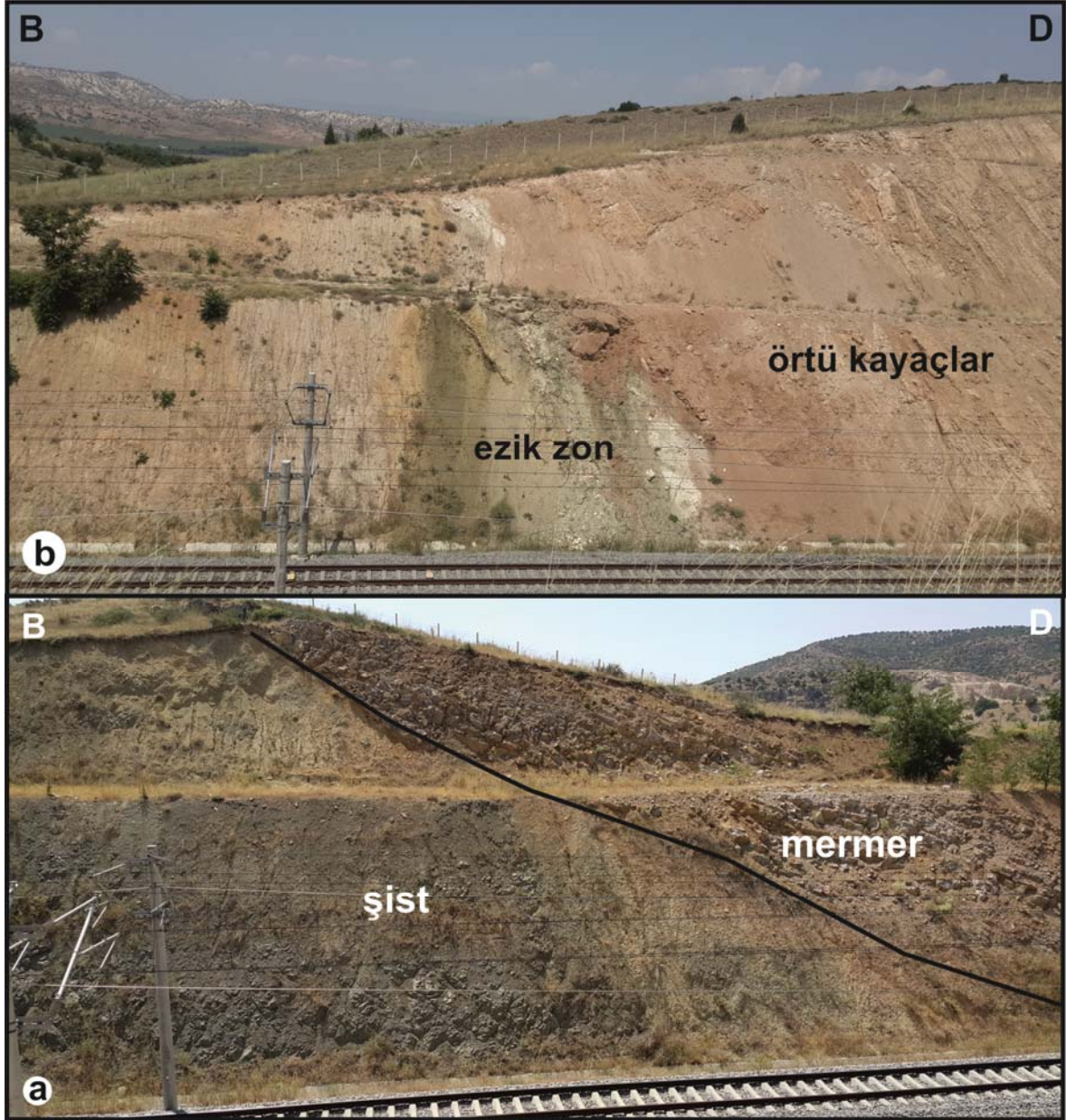


Şekil 3.10. YHT hattının KD-GD gidişi görülmektedir (Yunus Emre Köyü güneydoğusu). Yeşilimsi görülen kısımlar temel kayaçlar, açık renkli kısımlar ise Pliyosen yaşlı örtü birimlerdir. Görüntünün yorumlanmış hali için şekil 3.11'e bakınız.



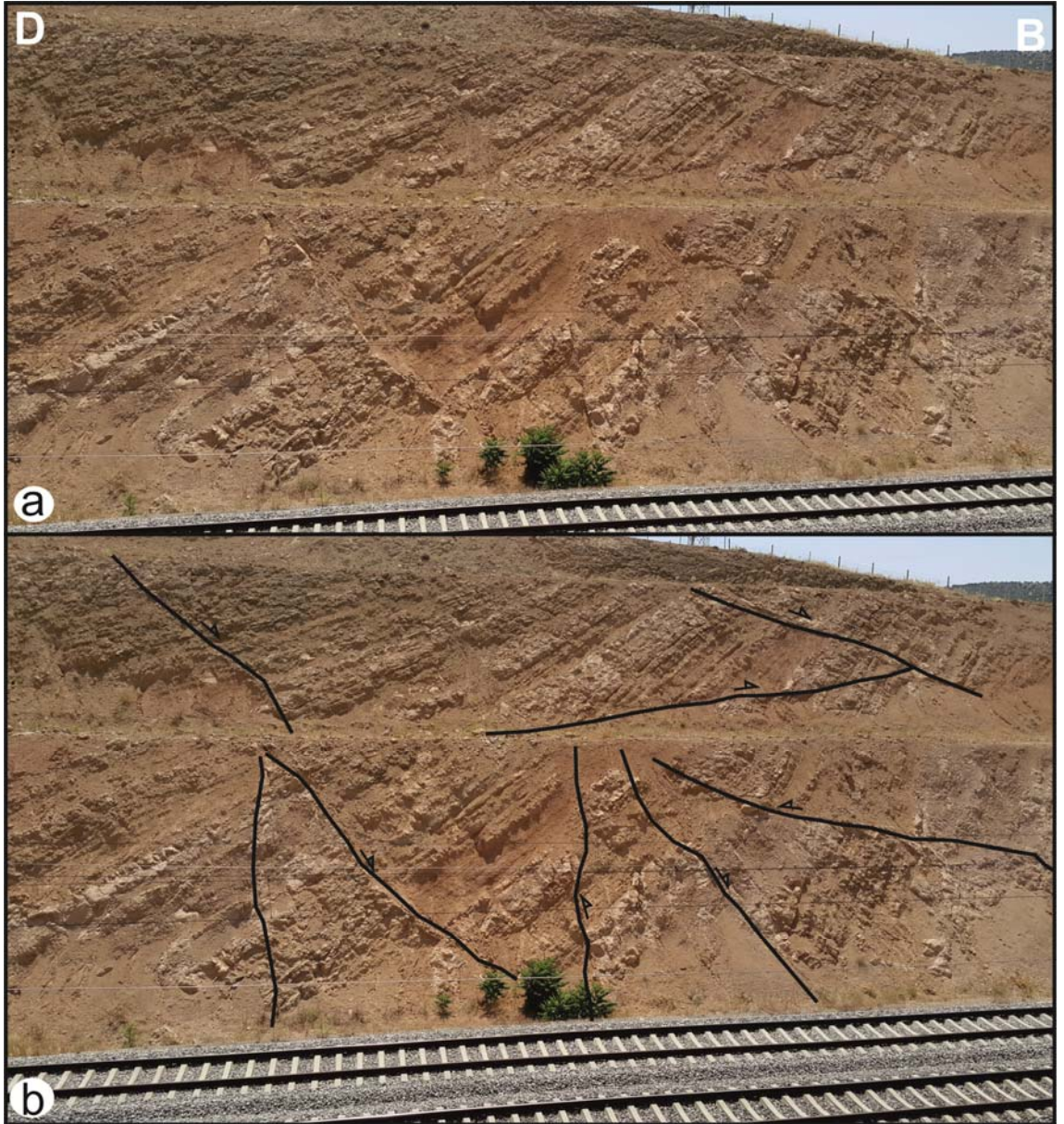
Şekil 3.11. a) Yunus Emre YHT hattı kuzey duvarında görülen birimlerin panoramik görüntüsü, b) görüntünün yorumlanmış hali ve c) mostranın şematik çizimidir. Temel kayalar ve Pliyosen yaşlı örtü birimler arasındaki ezik zon dolayısıyla faylı ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca fayın tavan bloğunda yer alan örtü kayaların faydan uzaklaştıkça yataylandığı görülmektedir (Bakış yönü K).

Yunus Emre lokasyonunda Tavşanlı Zonu metamorfik kayalarından mermer ve şist arasındaki tektonik dokanak ve YeF'nın oluşturduğu deformasyonun izleri görülebilmektedir (Şekil 3.12).

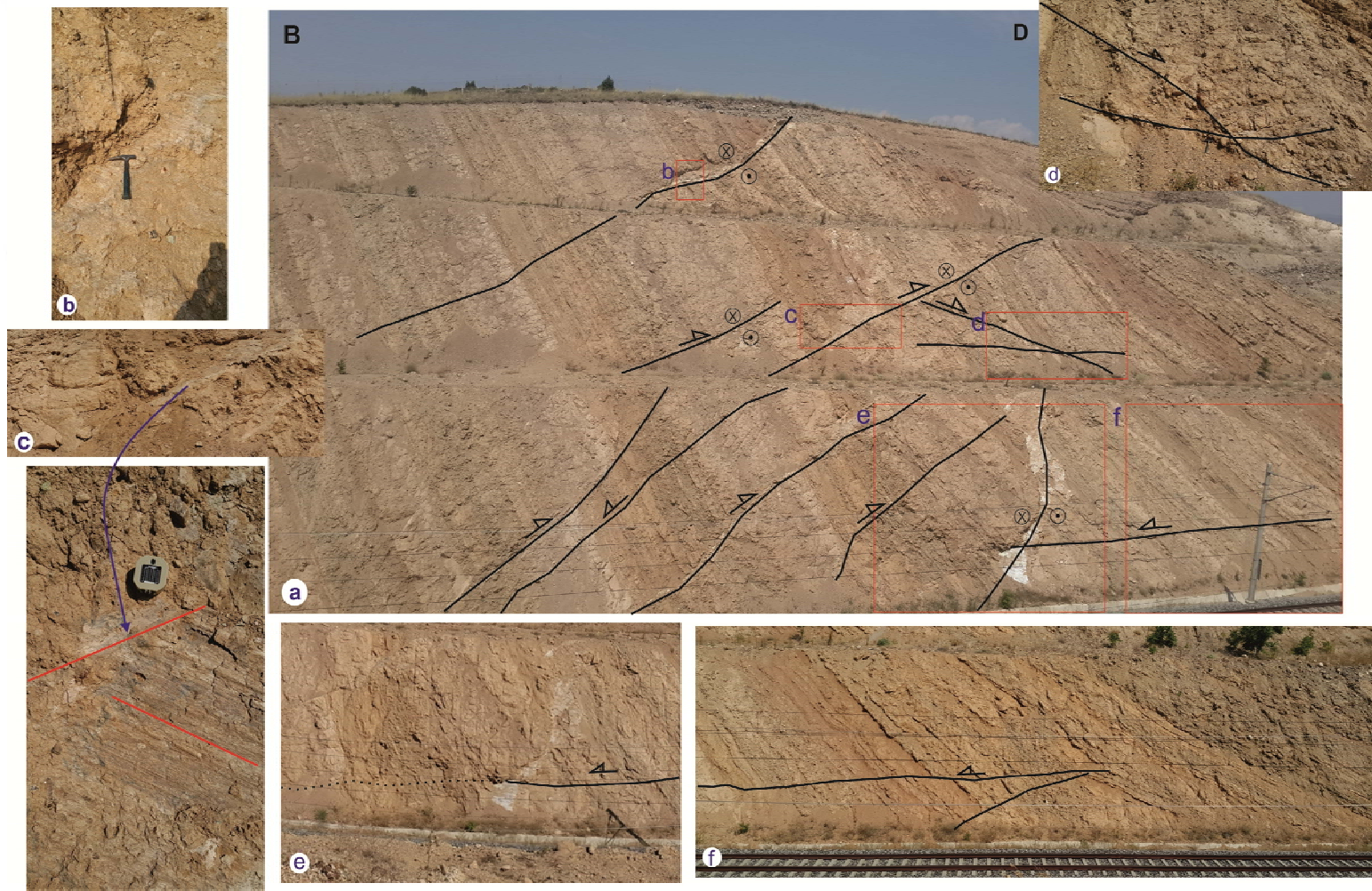


Şekil. 3.12. a) Yunus Emre Fayı'nın taban bloğunda Tavşanlı Zonu metamorfiklerine ait mermer ve şistlerin faylı dokanağı ve b) Yunus Emre Fayı'nın oluşturduğu ezik zon görülmektedir.

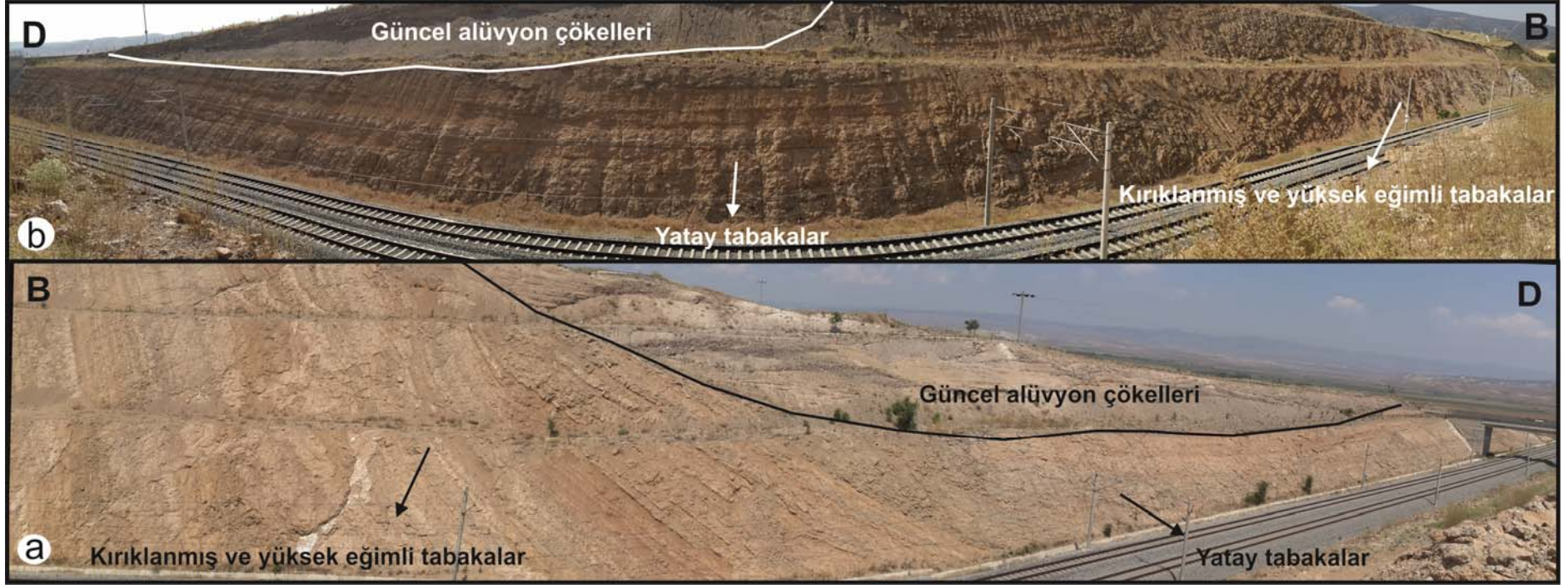
YHT hattının her iki duvarında da, YeF'nın tavan bloğunda Pliyosen yaşlı birimlerin eğimlerinin faya (ezik zona) yaklaştıkça dikleştiği ve kırıklandığı görülürken (Şekil 3.13 ve 14) zondan uzaklaştıkça birimlerin yataylandığı ve daha ilerde diğer yöne eğimlendiği görülmektedir (Şekil 3.15). Faya yakın kısımda tabakaların eğim yönleri doğuya doğru iken faydan uzaklaştıkça eğim yönleri batıya doğrudur ve bir senklinal oluşturmaktadırlar (Şekil 3.15 ve 16).



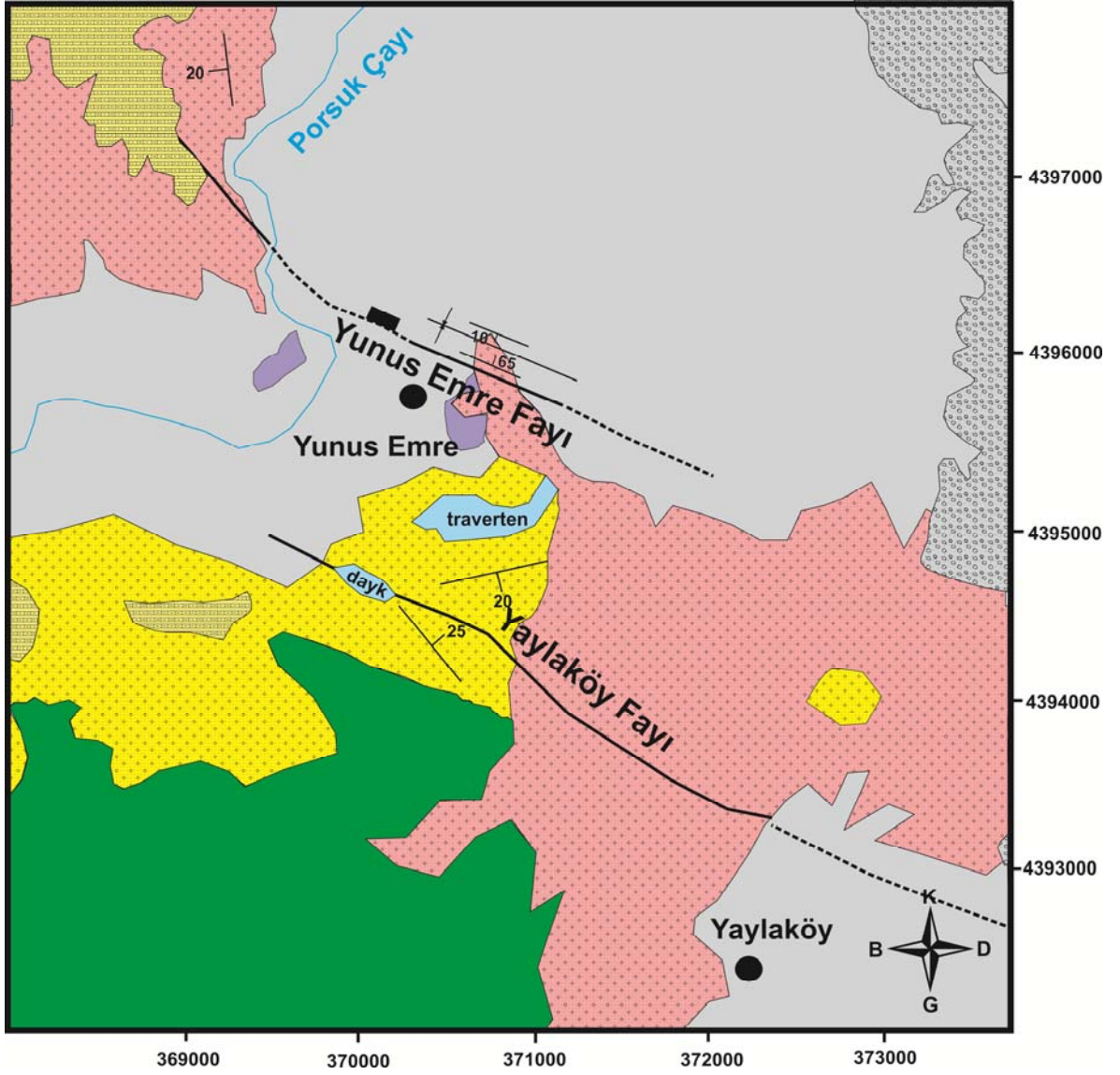
Şekil 3.13. a) Yunus Emre YHT hattı güney duvarında Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda yer alan faylar ve b) görüntünün yorumlanmış halidir (bakış yönü G).



Şekil 3.14. Yunus Emre YHT hattı kuzey duvarında örtü birimlerde görülen kırıkların yorumlanmış hali ve çerçeveli alanlar yakından görünümleridir. D-B paralel çizgiler YHT hattı duvarının basamaklarıdır. Basamakların genişliği yaklaşık 3 m'dir. Birimler, farklı doğrultularda ve türlerde birçok fay tarafından deforme olmuştur.

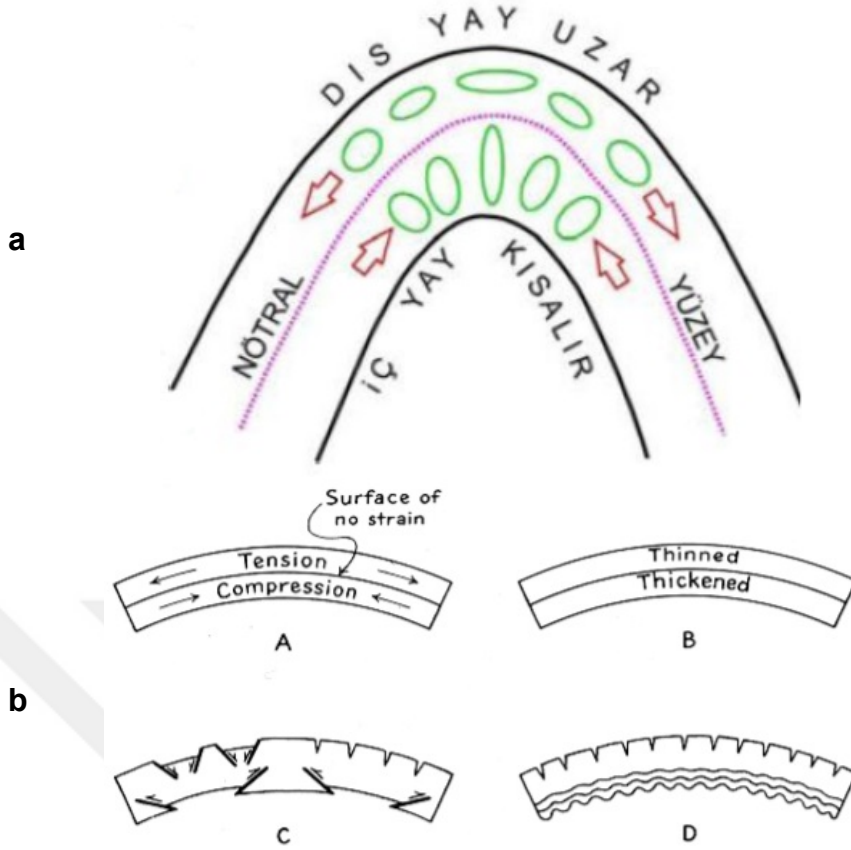


Şekil 3.15. YHT hattı duvarlarında görülen ezik zondan doğuya doğru uzaklaştıkça her iki tarafta da tabakaların yatay olduğu, daha da ilerledikçe birimlerin eğim yönünün batıya doğru olduğu ve bu birimlerin bir senklinalin kanatlarını oluşturduğu görülmektedir, a) kuzey duvarın görünümü b) güney duvarın görünümüdür.



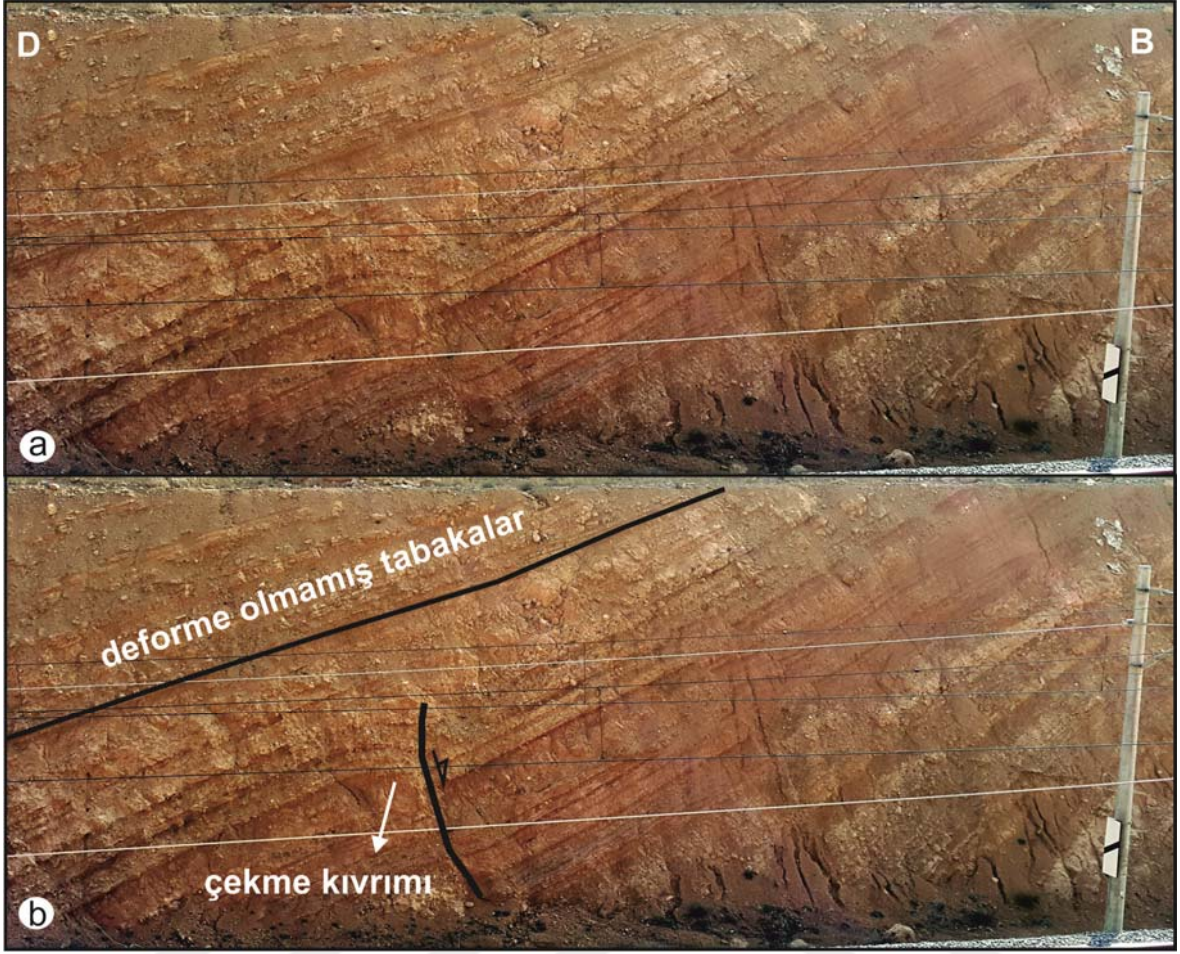
Şekil 3.16. Yaylaköy ve Yunus Emre faylarını ve yakın çevresini gösteren detay harita. Yaylaköy Fayı'nın doğrultusu boyunca hidrotermal solüsyonlar bir dayk gibi yüzeylemiştir. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki Pliyosen yaşlı kumtaşı, çakıltaşı birimlerinde faya bağlı bir senklinal geliştiği görülmektedir. Harita açıklamaları için şekil 3.3'e bakınız.

Bu senklinal YeF'yla oluşmuş bir çekme kıvrımına bağlı olarak gelişmiştir. Bu durumda fayın tavan bloğunda görülen farklı doğrultudaki bu faylar (Bkz. şekil 3.13 ve 14) bir senklinalin içinde gelişmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Kıvrımlanma mekanizması. a) Bir kıvrımın dış yüzeyinde tabakaya paralel uzama görülürken, iç yüzeyinde tabakaya paralel kısalma görülmektedir [75]. b) Bir kıvrımın kısalan iç yüzeyinde ters faylar oluşurken uzayan dış yüzeyinde normal faylar oluşmaktadır [76]. C'de olduğu gibi Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki faylar, çekme kıvrımına bağlı gelişen senklinale bağlı oluşmuş olabilirler.

YeF'nın tavan bloğunda bulunan birimleri kesen bu fayların hepsi üstteki birimleri kesmemektedir (basamaklar kendi içerisinde değerlendirilmiştir) (Bkz. şekil 3.13 ve 14). Bunun yanı sıra doğrultu atımlı fayların eğim açılarının küçük olması, faylarla kestikleri düzlemler arasındaki açılar (cut-off angle) büyük olması, aynı düzlemde iki farklı yönelimli çiziklerin bulunması gibi verilerden dolayı bu fayların çökelmeyle eş yaşı olmuş olabileceği de düşünülmüştür. Güney duvarda gözlenen küçük bir çekme kıvrımı (drag fold) da bu düşüncüyü desteklemektedir (Şekil 3.18). Bu durumda YeF Pliyosen'den genç olmasına rağmen tavan bloktaki küçük faylar YeF'ndan önce oluşmuş olmalıdır.



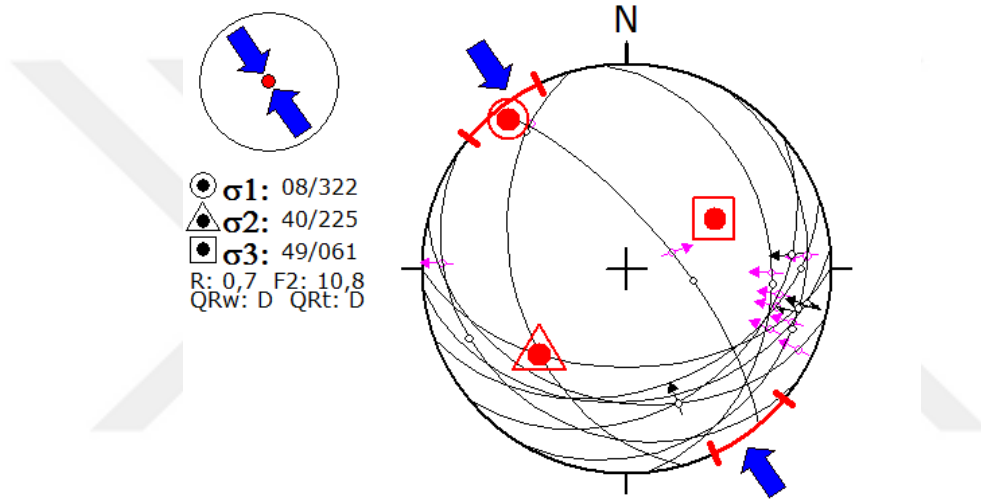
Şekil 3.18. YHT hattı güney duvarında Pliyosen yaşlı örtü kayalarda görülen a) çekme kıvrımı ve tabakalar b)görüntünün yorumlanmış hali. Fayın tüm tabakaları deforme etmediği görülmektedir.

Yunus Emre YHT hattının güney duvarına ait fay düzlemi verisi alınamamıştır. Ancak kuzey duvardaki faylardan (Bkz. şekil 3.14) kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.1). Bu verilerden yararlanılarak paleo-gerilme analizi yapıldığında bu fayların KB-GD doğrultulu bir sıkışma rejimiyle oluşmuş olabileceği görülmüştür (Şekil 3.19).

Çizelge 3.1. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda bulunan ve kuzey duvarda ölçülen fayların kayma verileri (N: normal, D: sağ yanal doğrultu atım, R: ters).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
1	1	84	60G	50B	N
	2	174	30D	80G	
	3	30	15D	80K	

4	90	50G	20D	D
5	84	35G	20D	D
6	90	48G	20D	D
7	50	32G	40D	D
8	104	35G	60D	R
9	124	20G	60B	
10	164	44B	27K	
11	140	72D	70G	
12	070	40G	25D	

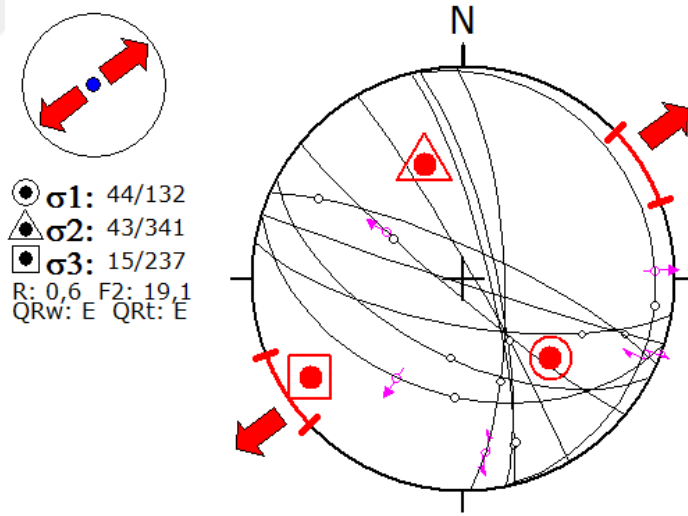


Şekil 3.19. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki faylardan ölçülen kayma verilerinin paleo-gerilme analizi.

Faylar çökelmeyle eş yaşlıysa, yani tabakalar yatayken oluştuysa bu analiz hatalı olur. Bu sebeple tüm veriler stereografik projeksiyon yardımıyla tabakalar yataya döndürülerek tekrar hesaplanmıştır. Faya yakın kesimlerde tabakaların konumu K46B/64KD'dur. Buna göre faylar tabakalar yatayken oluştuysa konumları Çizelge 2'deki gibi olmalıdır. Bu verilerden yararlanılarak paleo-gerilme analizi yapıldığında bu fayların KD-GB doğrultulu bir açılma rejimiyle oluşmuş olabileceği görülmüştür (Şekil 3.20). Ancak faylardan hangilerinin sedimantasyonla eş yaşlı hangilerinin sonradan oluştuğu ve fay türlerinin de o zamanki dönemde nasıl olduğu bilinmediği için bu analiz sonuçları bölgenin yapısal evrimi değerlendirilirken dikkate alınmamıştır.

Çizelge 3.2. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda bulunan fayların tabakalar yatayken (sedimentasyonla eş yaşı) oluşmuş olması durumunda hesaplanan kayma verileri.

Lokasyon	No	Doğrutu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı
1	1	178	74D	50G
	2	108	44G	80D
	3	118	60G	80D
	4	168	77D	20G
	5	108	88G	20D
	6	166	80D	20G
	7	100	72G	40D
	8	150	86D	60G
	9	130	84G	60B
	10	114	78K	24B
	11	168	10D	70G
	12	98	86G	24D

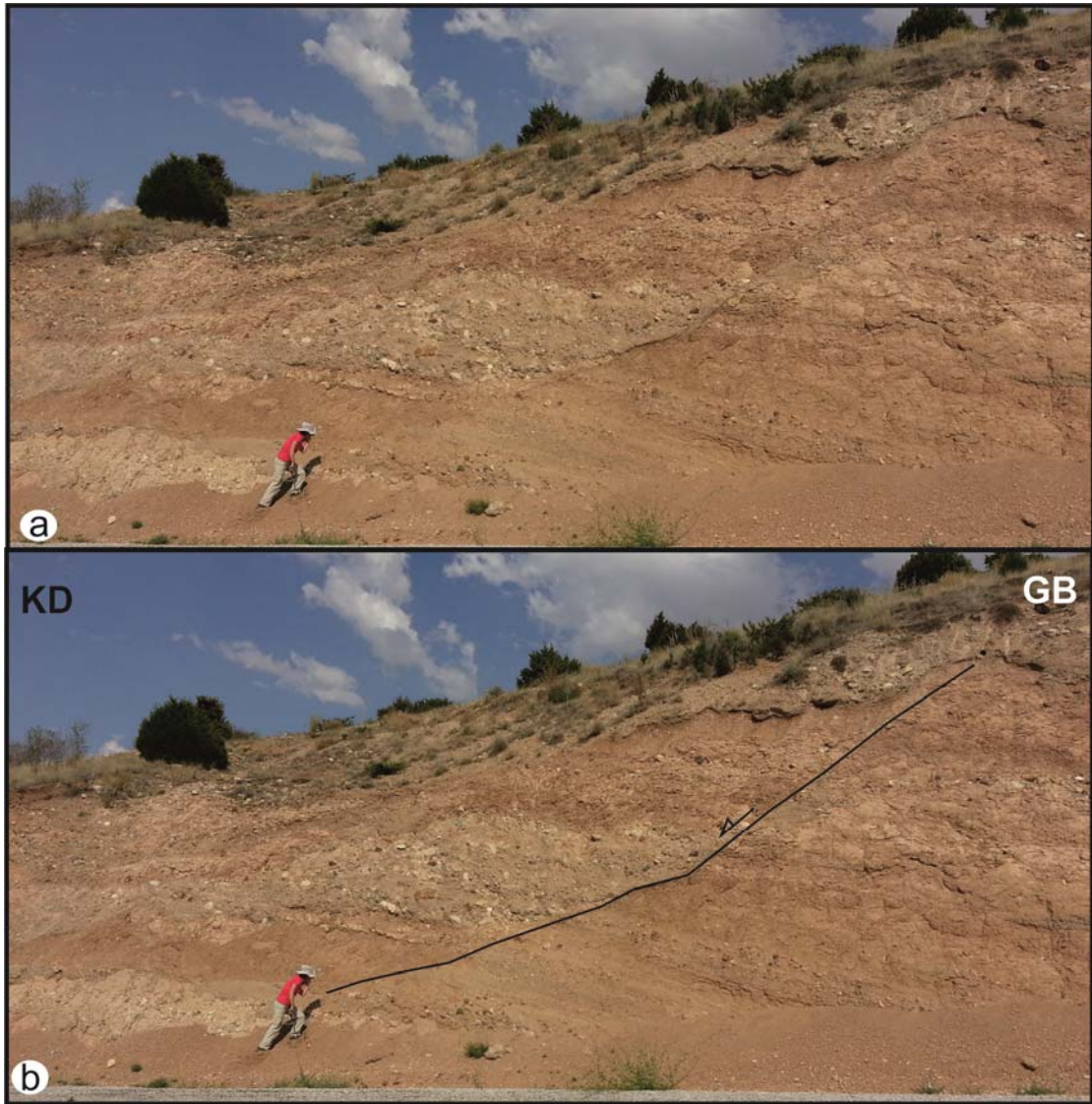


Şekil 3.20. Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğundaki fayların tabakalar yatayken oluşmuş olması durumunda hesaplanan kayma verilerinin paleo-gerilme analizi.

Bu konumdaki fay türleri bilinmediği için programa fay türü belirtilmemiştir. Program veriler birbiriyle uyumlu olacak şekilde fay türlerini kendisi hesaplamıştır.

3.1.1.6. Lokasyon 2

Yaylaköy'ün kuzeyinde yer alan bu lokasyonda Yaylaköy Fayı'nın tavan bloğunda yer alan Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı çökellerini deforme eden normal faylar bulunmaktadır (Şekil 3.21 ve 22). Faylar Yaylaköy Fayı'nın doğrultusuna yaklaşık olarak paraleldir. Bu faylardan kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.3). Verilerin değerlendirilmesiyle bu fayların KB-GD doğrultulu bir açılma rejimiyle oluşmuş olabileceği görülmüştür (Şekil 3.23).



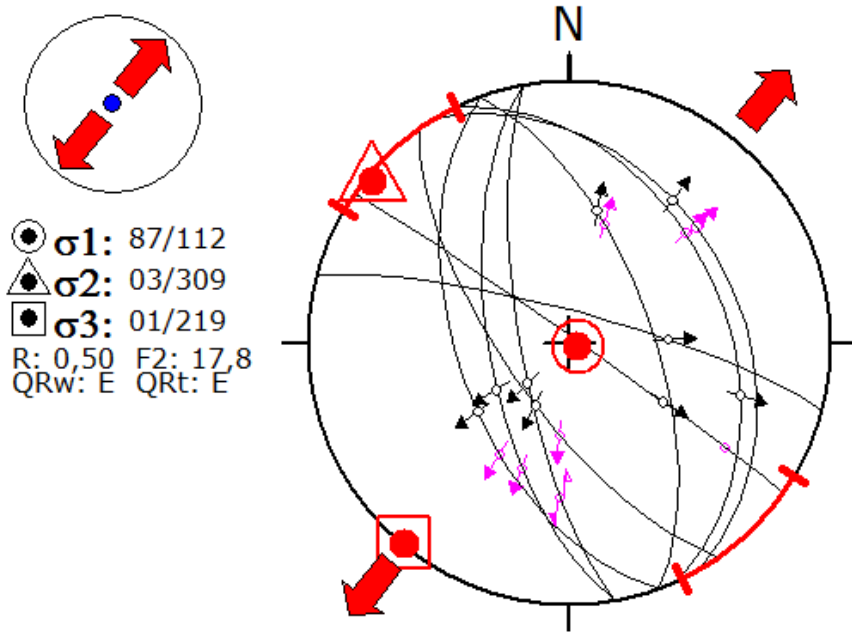
Şekil 3.21. a) Pliyosen yaşlı çakıltası, kumtaşı birimlerinde görülen normal fay, b) görüntünün yorumlanmış hali.



Şekil 3.22. a) Pliyosen yaşlı çakıltaş, kumtaş birimlerinde görülen normal faylar ve birbirleriyle ilişkileri görülmektedir, b) görüntünün yorumlanmış halidir, tabakaların ucu faya yaklaştıkça kıvrılmıştır, kesikli mavi çizgi tabakanın olası devamını gösterir, düz çizgi ise şu anki konumunu temsil etmektedir. c ve d) b’de gösterilen düzlemlerin yakından gösterimidir. Fay çiziklerinin eğime paralel olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.3. Lokasyon 2'den toplanan fay kayma verileri (N: normal).

Lokasyon	No	Doğrutu (°Azimut)	Eğim açısı / yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
2	1	155	40K	55D	N
	2	150	35K	70B	N
	3	170	75B	80G	N
	4	160	55B	80G	N
	5	145	70G	80G	N
	6	170	65B	80G	N
	7	120	75K	20K	N
	8	160	64K	55K	N
	9	105	80K	60D	N
	10	125	88K	55D	N



Şekil 3.23. Lokasyon 2'ye ait gerilme yönleri.

3.1.1.7. Lokasyon-3

Yaylaköy'ün kuzeybatısında travertenin güneyinde yer alan Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerinde normal faylar ölçülmüştür (Şekil 3.24). Fay düzleminden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.4).



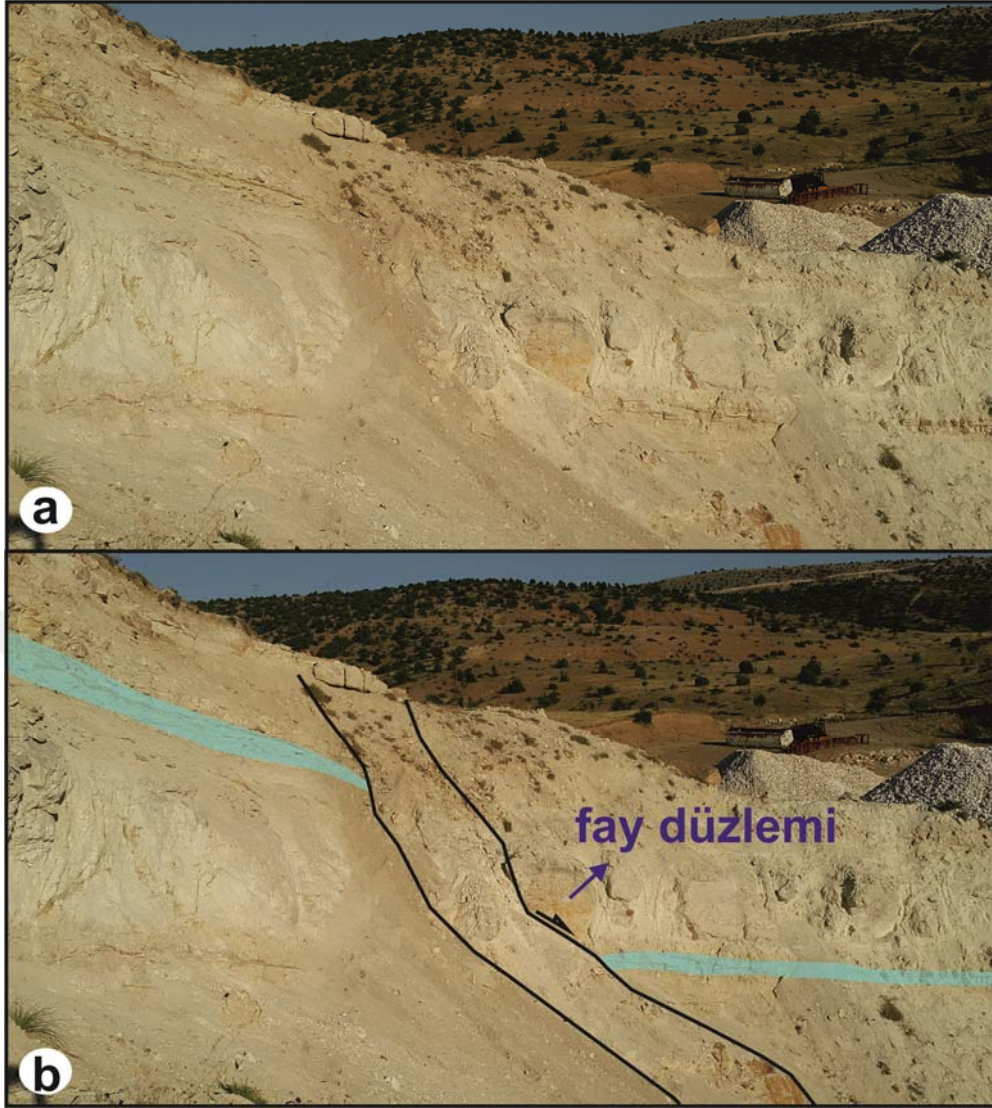
Şekil 3.24. a) Eğim atımlı normal bileşene sahip fayın uzaktan görünümü, siyah çizgiler düzlemin doğrultusunu gösterirken kırmızı çizgiler fay çiziklerine paraleldir. b) Düşeye yakın fay çiziklerinin yakından görünümü.

Çizelge 3.4. Lokasyon 3'ten toplanan fay kayma verileri (N: normal).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
3	1	145	89D	60K	N
	2	150	80G	70K	N
	3	153	67G	70K	N

3.1.1.8. Lokasyon-4

Yaylaköy'ün kuzeybatısında yer alan travertende oluşmuş bir ötelenme ve 95° doğrultulu güneye eğimli bir düzlem ve ezik bir zon gözlenmiştir (Şekil 3.25). Fay düzlemine ait kinematik bir veri elde edilememiştir ancak ötelenmeden faydalanılarak normal fay olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3.25. a) Travertende oluşan ötelenme görülmektedir. b) Görüntünün yorumlanmış halinde traverten bantları mavi olarak gösterilmiştir, ezik zon ise siyah renkle sınırlandırılmıştır.

3.1.1.9. Lokasyon-5

Kayı Köyü güneyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini öteleyen bir normal fay tespit edilmiştir (Şekil 3.26). Fay düzleminden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.5).



Şekil 3.26. a) Fay düzleminin uzaktan, b ve c) yakından görünümü. C’de düşeye yakın fay çizikleri görülebilmektedir.

Çizelge 3.5. Lokasyon 5’ten toplanan fay kayma verileri (N: normal).

Lokasyon	No	Doğrutu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
5	1	160	70B	80G	N

3.1.1.10. Lokasyon-6

Oğlakçı Köyü'nün kuzeydoğusunda yer alan Miyosen yaşlı silisifiye ara katkılı kireçtaşlarını kesen normal faylar gözlenmiştir. Fay çizikleri masif kireçtaşı kesimlerinde belirgin şekilde görülmektedir (Şekil 3.27). Fay düzleminden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.6).



Şekil 3.27. a) Miyosen yaşlı silisifiye ara katkılı kireçtaşlarındaki normal fay görülmektedir. b) Fay düzlemi ve fay çizikleri görülmektedir.

Çizelge 3.6. Lokasyon 6'dan toplanan fay kayma verisi (N: normal).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
6	1	075	85G	80D	N

3.1.1.11. Lokasyon 7

Çalışma alanının güneybatısında Sarıkavak ve Zeyköy faylarına paralel olarak gelişmiştir. Pürtek Deresi fay boyunca doğrusal bir uzanım göstermektedir. Fay, güneye eğimli bir bindirme fayı niteliğinde oluşmuştur (Şekil 3.28 ve 29). Fay Pliyosen yaşlı birimleri ötelemiştir. Fay düzlemlerinden kinematik veri toplanmıştır. Ancak tek bir lokasyonda görüldüğü için analizlerde değerlendirilmemiştir.



Şekil. 3.28. İbikseydi'nin kuzeyinde bir yol yarmasında a) güneye eğimli ters fay düzleminin ötelediği Pliyosen yaşlı birimler, b) fay düzleminin farklı bir açıdan görünümü ve c) düzlemin yakından görünümü. Düzlem üzerinde eğim atımlı çizikler görülmektedir.



Şekil 3.29. a) Şekil 3.28'de verilen düzlemin devamı görülmektedir (yol yarmasının karşısı), b) düzlemin yakından görünümü.

Çizelge 3.7. Lokasyon 7’den toplanan fay kayma verileri (R: ters).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
7	1	115	43G	75D	R
	2	110	40G	80D	R

3.1.2. Doğrultu Atımlı Faylar

Çalışma alanında birçok lokasyonda doğrultu atımlı faylar tespit edilmiştir. Ağırlıklı olarak sağ yanal doğrultu atımlı fay görülmüştür.

3.1.2.1. Lokasyon-8

Yaylaköy’ün kuzeyinde yer alan bu lokasyonda Yaylaköy Fayı’nın tavan bloğunda yer alan Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı çökellerini deforme eden doğrultu atımlı faylara bulunmaktadır (Şekil 30-32). Fay düzlemlerinden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.8). Yapılan analiz sonuçlarına göre birimlerin KB-GD sıkışmaya bağlı KD-GB doğrultulu açılma rejiminin etkisi altında deforme olduğu görülmüştür (Şekil 3.33).



Şekil 3.30. Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı fayın görünümü.



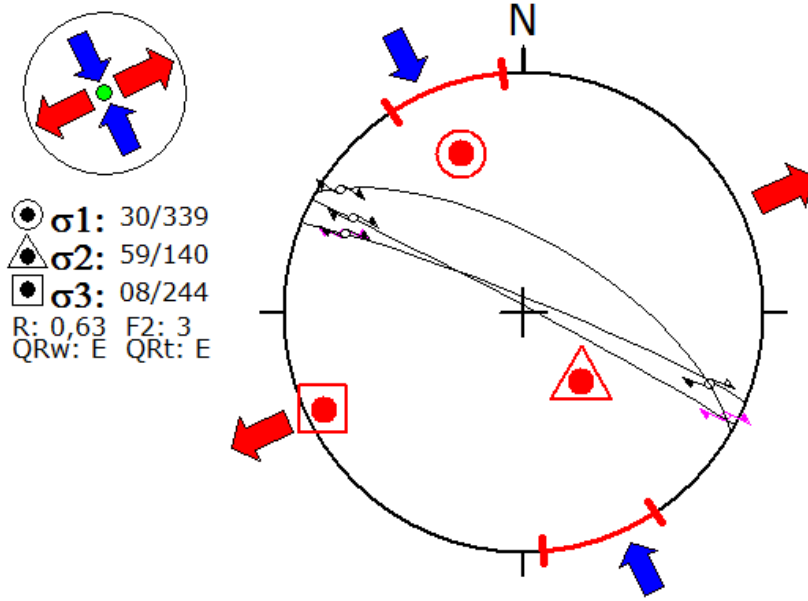
Şekil 3.31. a) Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı fayın görünümü, b) fay düzlemi ve fay çiziklerinin yakından görünümü.



Şekil 3.32. a) Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay görülmektedir. b) Fay düzlemi ve fay çizikleri yakından görülmektedir.

Çizelge 3.8. Lokasyon 8'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
8	1	118	88K	20B	D
	2	112	85K	20B	D
	3	120	65K	20D	D
	4	120	65D	10B	D



Şekil 3.33. Lokasyon 8'e ait verilere göre yapılan analiz sonucu.

3.1.2.2. Lokasyon-9

Yaylaköy'ün kuzeybatısında travertenin güneyinde yer alan Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerinde birbirine paralel doğrultu atımlı faylar ölçülmüştür (Şekil 3.34). Bu faylar da Yaylaköy Fayı'nın tavan bloğundaki birimleri deforme etmiştir. Fay düzleminden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.9). Buna göre birimlerin KB-GD sıkışmaya bağlı KD-GB doğrultulu açılma rejiminin etkisi altında deforme oldukları görülmüştür (Şekil 3.35).

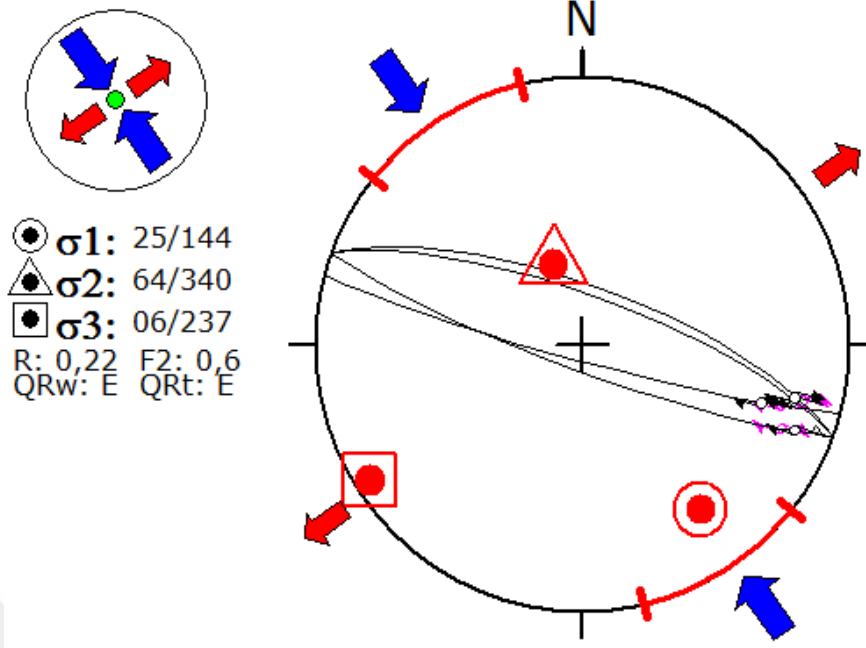
Lokasyon-8'deki faylarla benzerlik göstermektedirler. Farklı olarak bu faylar Miyosen yaşlı birimler üzerinde görülmüştür. Ancak her iki lokasyondaki bu fayların, aynı zamanın ürünleri olduğu düşünülmüştür.



Şekil 3.34. Sağ yanal doğrultu atımlı fayların görünümü, siyah çizgiler düzlemin doğrultusunu gösterirken kırmızı çizgiler fay çiziklerine paraleldir.

Çizelge 3.9. Lokasyon 9'dan toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

Lokasyon	No	Doğrutu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
9	1	110	75K	20D	D
	2	105	85G	30D	D
	3	110	82G	15D	D
	4	110	72K	20D	D



Şekil 3.35. Lokasyon 9'a ait gerilme yönleri.

Lokasyon 3 ve 9'daki faylar aynı birimler içinde görülmüştür (Şekil 3.36). Ancak farklı zamanın ürünleri olduğu düşünüldüğü için birlikte değerlendirilmemiştir.



Şekil 3.36. Çakıltaşlarında görülen normal ve doğrultu atımlı faylar.

3.1.2.3. Lokasyon-10

Yaylaköy'ün kuzeybatısında yer alan traverten kesen kırıklar tespit edilmiştir (Şekil 3.37). Fay düzleminin kinematik verileri toplanmıştır (Çizelge 3.10). Ancak tek bir lokasyonda görüldüğü için paleo-gerilme analizinde kullanılmamıştır.



Şekil 3.37. Traverten kesen fay düzleminin görünümü.

Çizelge 3.10. Lokasyon 10'dan toplanan fay kayma verisi (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
10	1	165	65B	20G	D

3.1.2.4. Lokasyon-11

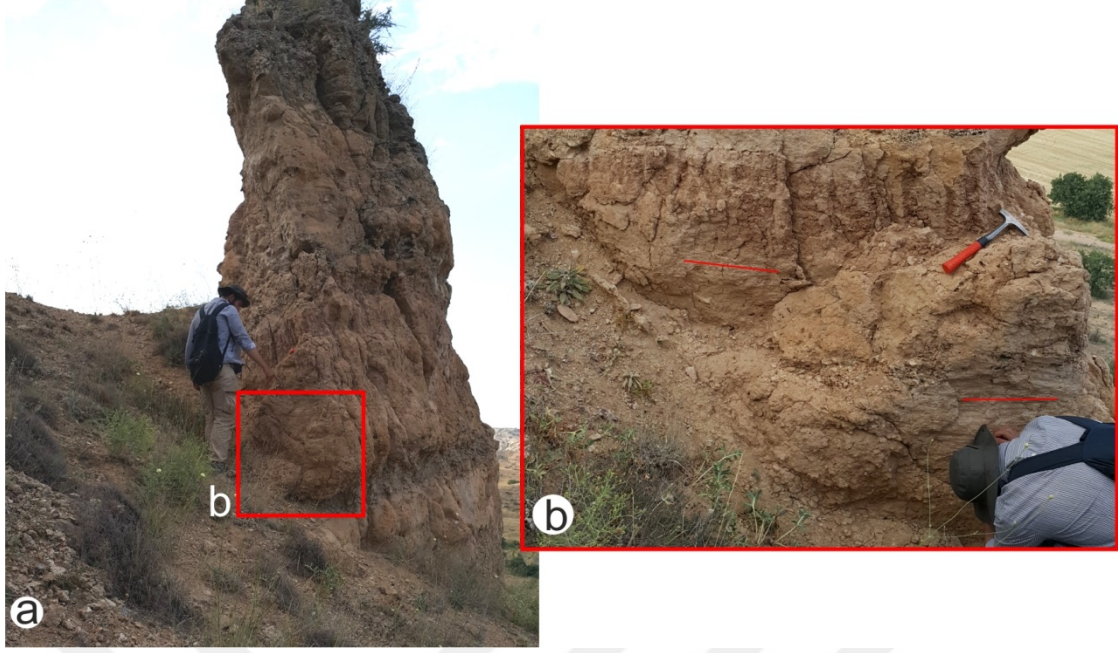
Yunus Emre'nin kuzeybatısında bulunan Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimleri bol kırıklı olarak gözlenmiştir (Şekil 3.38-40). Fay düzleminin kinematik verileri toplanmıştır (Çizelge 3.11). Analiz sonuçlarına göre birimler, KD-GB sıkışmaya bağlı KB-GD açılmalı bir rejimin etkisi altında deforme olmuş olmalıdır (Şekil 3.41).



Şekil 3.38. Çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve yakın görünüm. Çerçeve içindeki fay düzleminin yakından görünümüdür. Çekice paralel fay çizikleri görülmektedir.



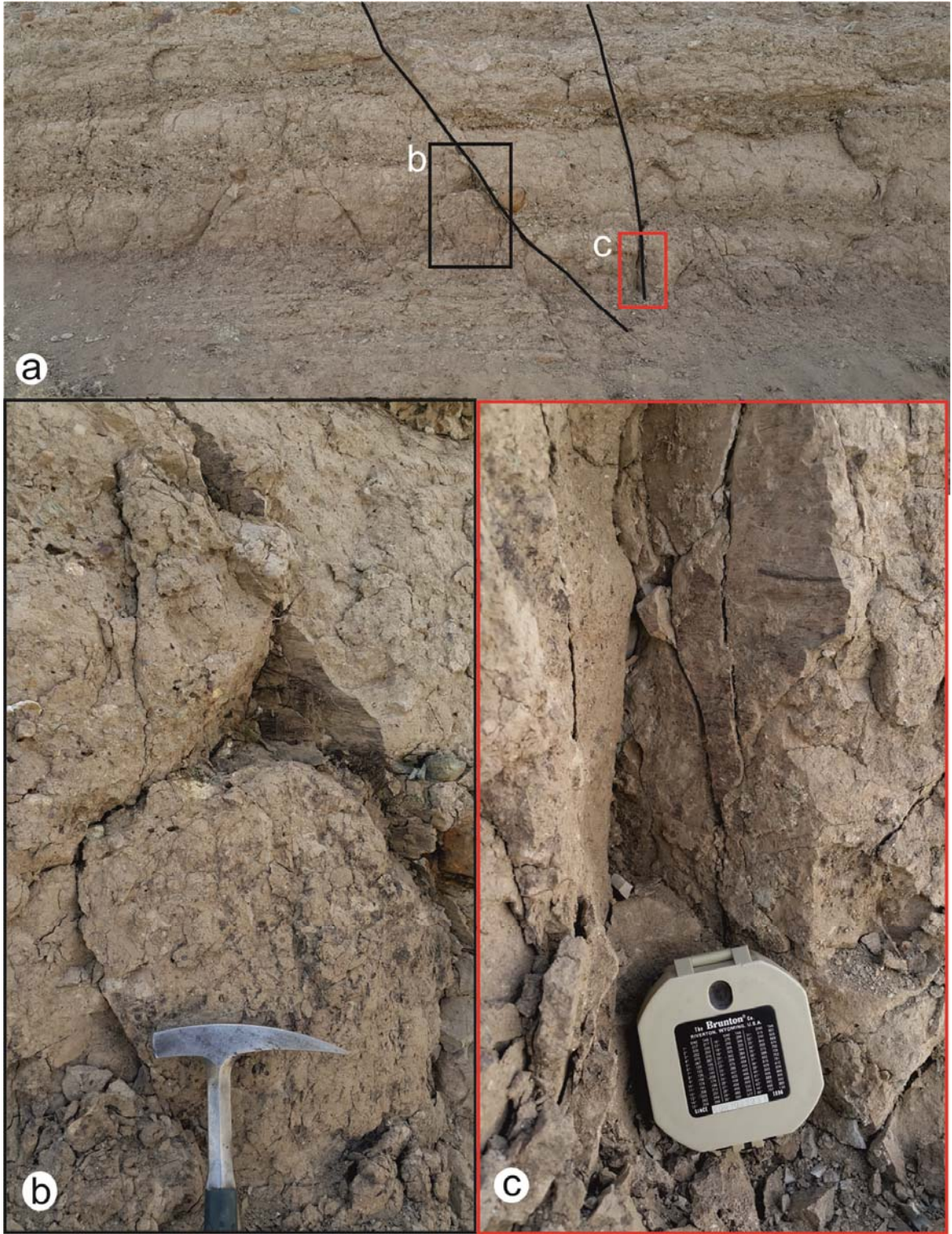
Şekil 3.39. Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve yakın görünüm. Çerçeve içindeki fay düzleminin yakından görünümüdür. Yataya yakın fay çizikleri görülmektedir.



Şekil 3.40. a) Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden faylardan birine ait uzak ve b) yakın görünümü görülmektedir. Düzlem üzerindeki yataya yakın fay çizikleri görülmektedir.

Çizelge 3.11. Lokasyon 11'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

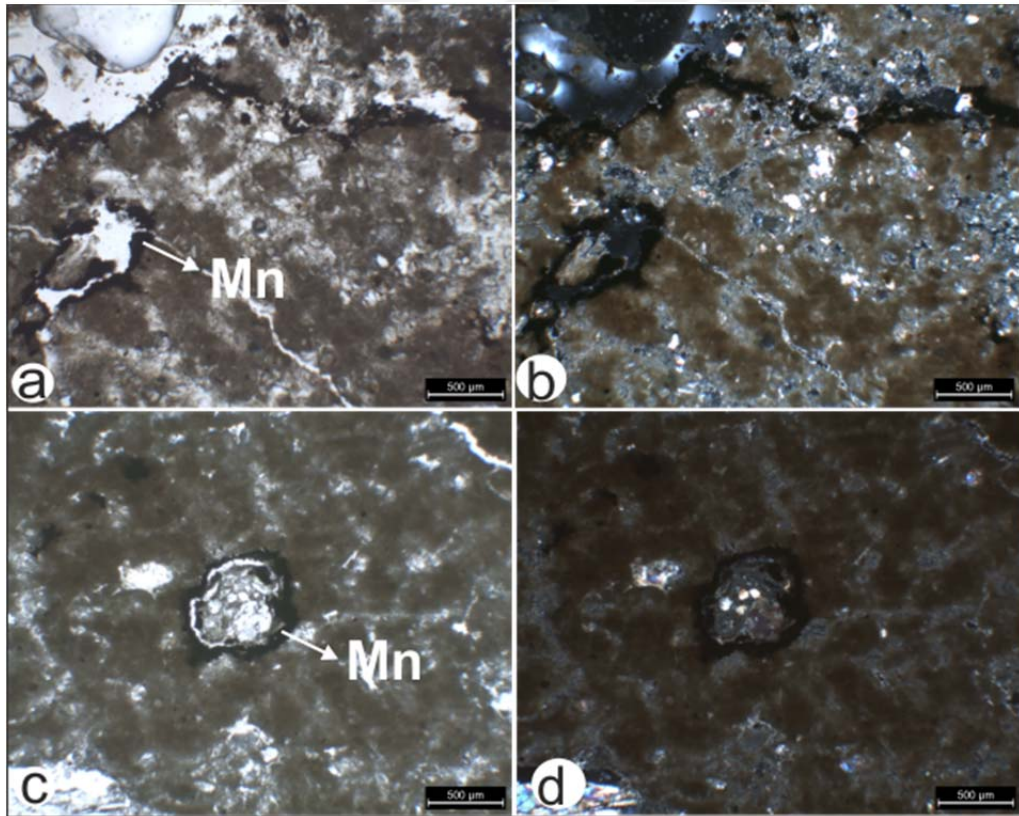
Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
11	1	125	75K	10G	D
	2	177	65D	20G	D
	3	175	70D	20G	D
	4	177	85D	15G	D
	5	110	70D	15G	D
	6	160	77D	30G	D
	7	115	89G	15D	D



Şekil 3.42. Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini deforme eden faylar (a) ve düzlemlerin yakından görünümü (b ve c).



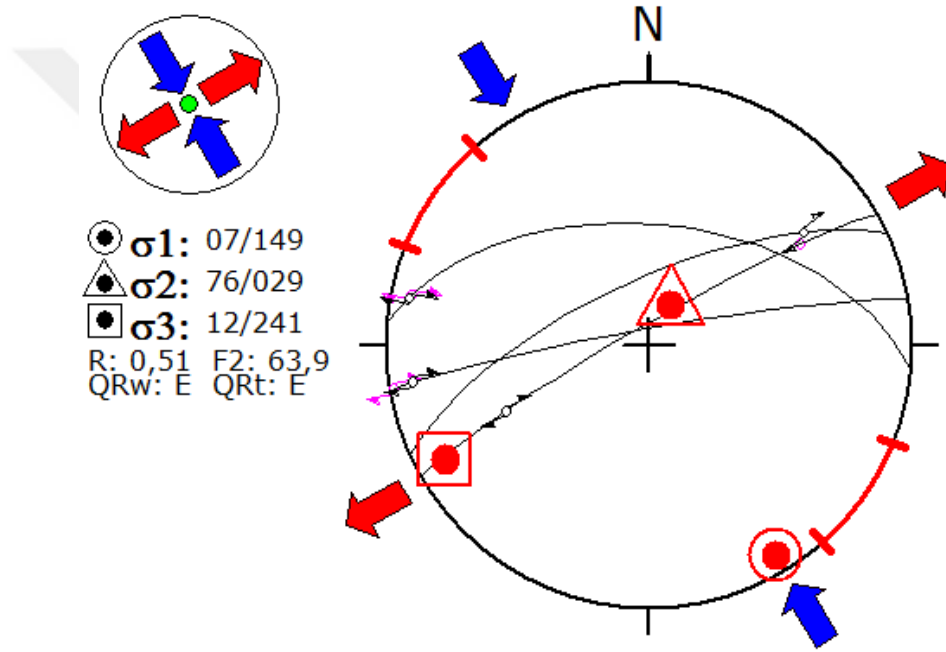
Şekil 3.43. Yan kayaçta faylanmayla ilişkili mangan saçınımları (siyah kısımlar mangan mineralleridir).



Şekil 3.44. Alınan el örneğinden yapılan ince kesitlerde çakılları saran siyah renkli mangan (Mn) mineralleri görülmektedir. (a ve b aynı görüntüye ait sırasıyla 1. ve 2. Nikol görünümüdür, c ve d başka bir görüntünün sırasıyla 1. ve 2. Nikol görünümüdür.)

Çizelge 3.12. Lokasyon 12'den toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

Lokasyon	No	Doğrutu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
12	1	65	70N	30E	D
	2	95	52N	10W	D
	3	80	85N	10W	D
	4	60	84N	40W	D
	5	70	78N	30E	D



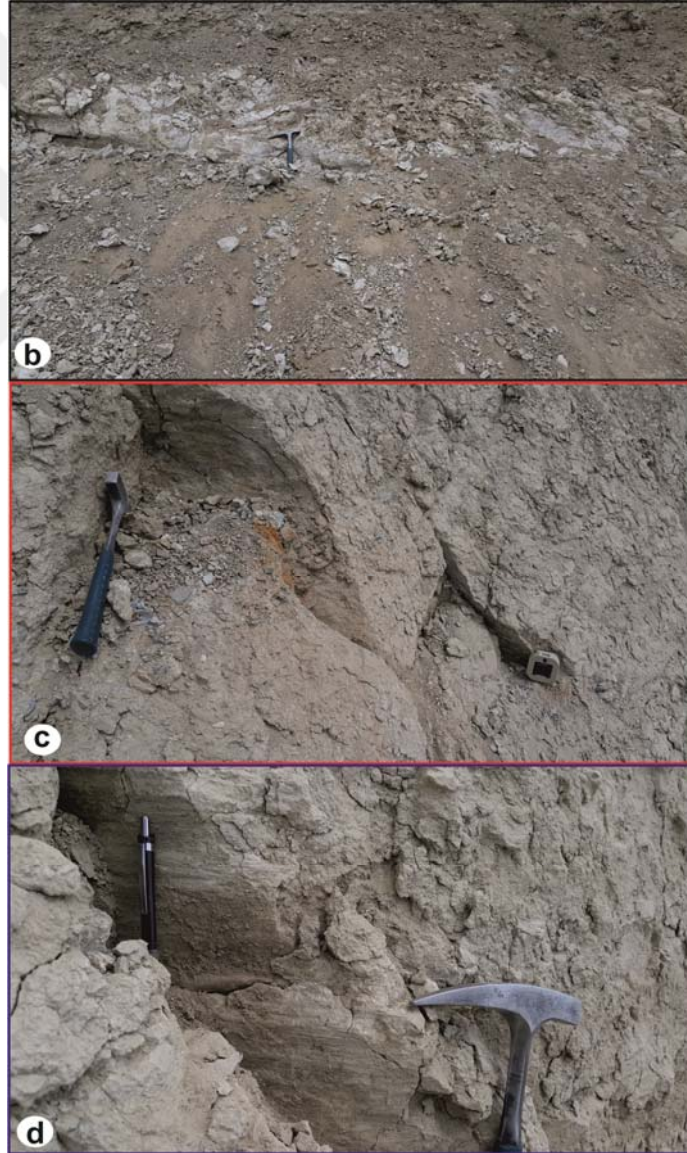
Şekil. 3.45. Lokasyon 12'den alınan ölçümlerin analiz sonucu.

3.1.2.6. Lokasyon-13

Kayı güneyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimleri bol kırıklı olarak gözlenmiştir (Şekil 3.46 ve 47). Fay düzleminde kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.13). Analiz sonuçlarına göre birimler KB-GD sıkışmaya bağlı KD-GB açılmalı bir rejimin etkisi altında deforme olmuş olmalıdırlar (Şekil 3.48).



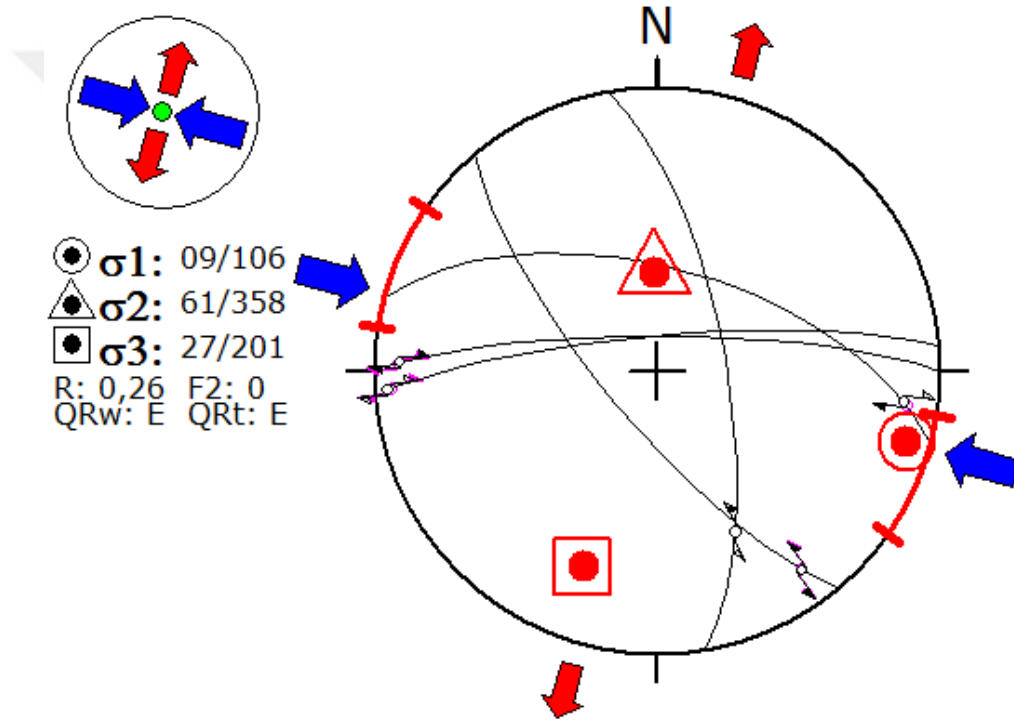
Şekil 3.46. Kayı güneyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerinde gözlenen faylar görülmektedir. Fay düzlemlerinin yakından görünüşleri (b, c ve d) için şekil 3.47'ye bakınız.



Şekil 3.47. Şekil 3.46'daki fayların düzlemlerinin yakından görünümü. Çiziklerin yataya yakın oldukları görülmektedir.

Çizelge 3.13. Lokasyon 13'ten toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı, S: sol yanal doğrultu atım).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
13	1	145	85E	05D	D
	2	140	75W	15G	S
	3	170	70E	40G	S
	4	105	60N	15D	D
	5	90	80N	10B	D
	6	85	80N	05B	D



Şekil 3.48. Lokasyon 13'e ait verilerin analiz sonucu.

3.1.2.7. Lokasyon-14

Diközü Köyü batısında Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimleri doğrultu atımlı faylar tespit edilmiştir (Şekil 3.49). Fay düzleminden kinematik veriler toplanmıştır (Çizelge 3.14).



Şekil 3.49. a) Diközü batısında bulunan doğrultu atımlı fayların görünümü, b) ve c) de düzlemler yakından görülebilmektedir.

Çizelge 3.14. Lokasyon 14'ten toplanan fay kayma verileri (S: sol yanal doğrultu atım).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
14	1	120	72G	10D	S
	2	125	89G	10B	S

3.1.2.9. Lokasyon-15

Akkaya Tepe'de bulunan Pliyosen yaşlı karbonatlı fasiyesini kesen doğrultu atımlı bir fay bulunmaktadır (Şekil 3.50). Faya ait kayma verileri ölçülmüştür (Çizelge 3.15).



Şekil 3.50. Pliyosen yaşlı karbonatlı birimleri kesen faya ait görüntüler, a) düzlemin uzaktan görünümü, b) düzlem yakından görülmektedir, çekiç çiziklere paralel olarak durmaktadır.

Çizelge 3.15. Lokasyon 15'ten toplanan fay kayma verisi (D: sağ yanal doğrultu atımlı).

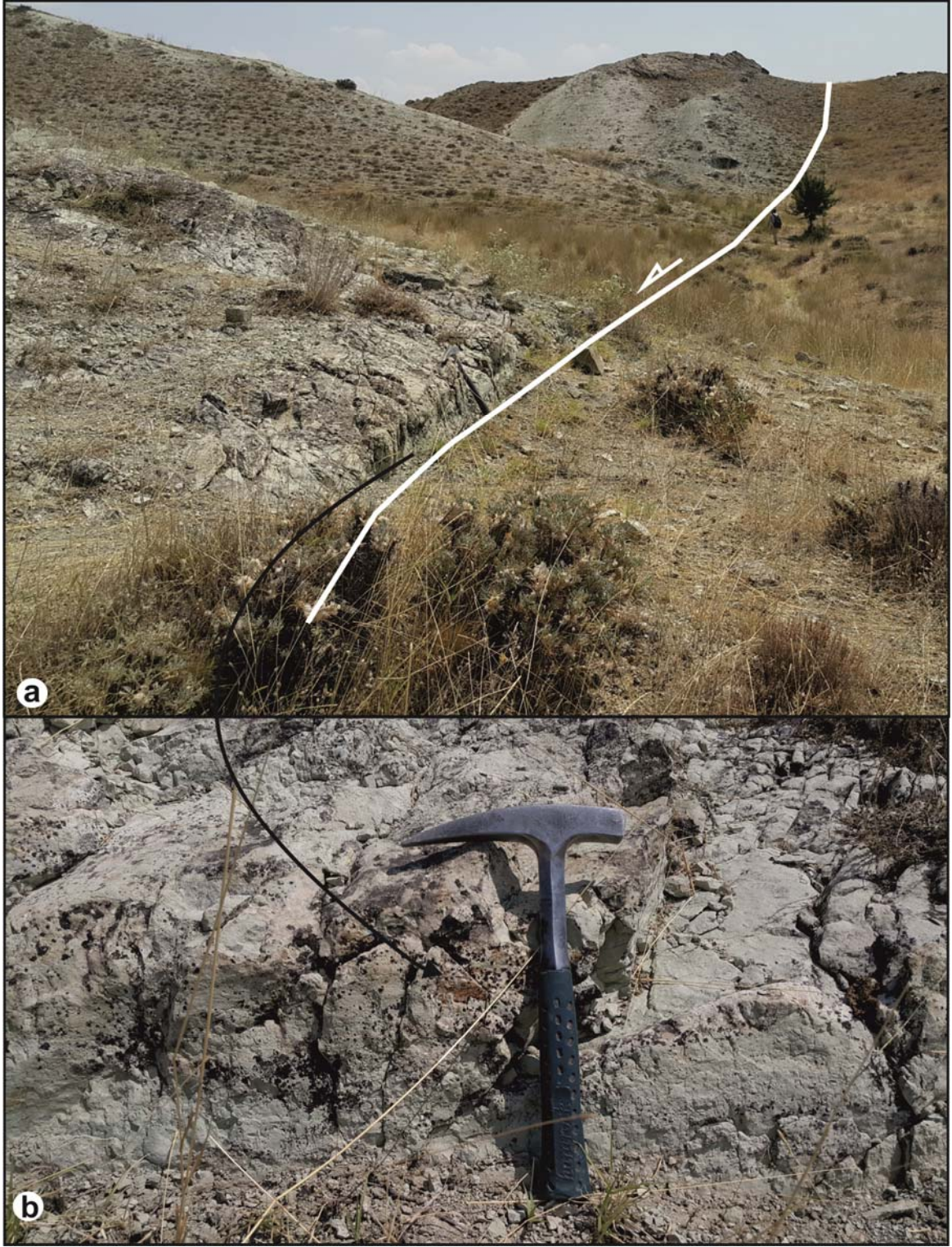
Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
15	1	100	90	5B	D

3.1.2.10. Lokasyon-16

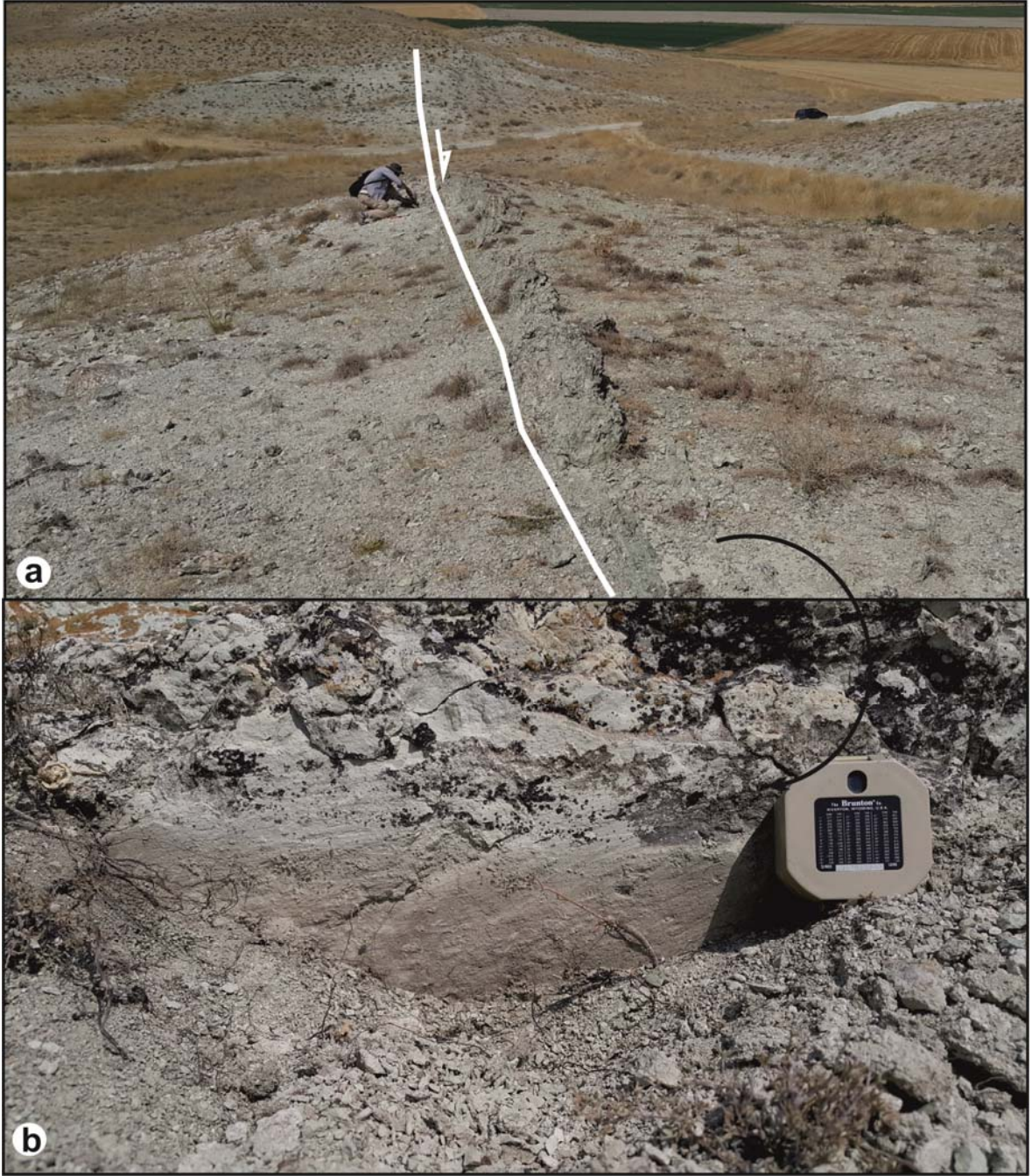
Biçer Köyü kuzeydoğusunda Pliyosen yaşlı jips arakatkılı marn, kilaşı birimlerini öteleyen sağ ve sol yanal doğrultu atımlı faylar bulunmaktadır (Şekil 3.51-53). Yaklaşık 2 km uzunluğundan takip edilebilen bu faylarda atım miktarı yaklaşık 300 m'dir. Faylardan kayma verileri toplanmış ve paleo-gerilme analizleri yapılmıştır (Çizelge 3.16 ve Şekil 3.54).



Şekil 3.51. Biçer kuzeydoğusunda bulunan fayların uydu görünümü. Fayların yaklaşık K-G doğrultulu olduğu ve birbirlerine paralel oldukları görülmektedir.



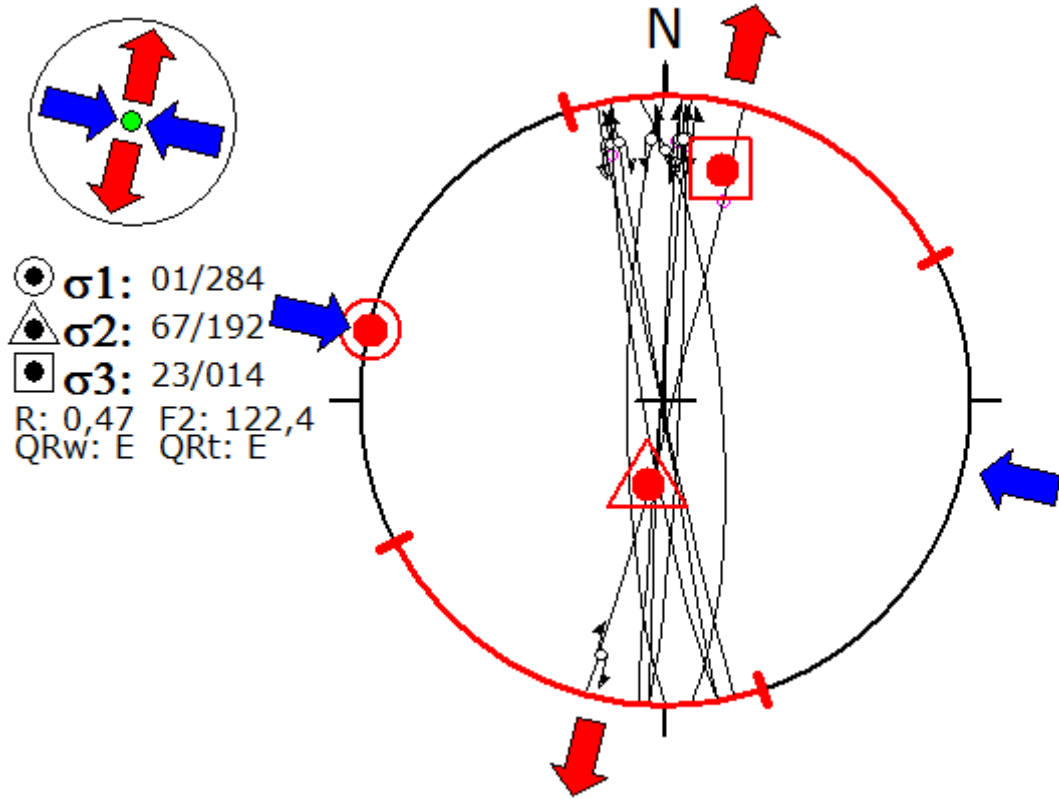
Şekil 3.52. a) Sol yönlü doğrultu atımlı fayın genel gidişi (bakış yönü kuzey) ve b) düzlemin ve üzerinde bulunan fay çiziklerinin yakından görünümü.



Şekil 3.53. a) Sağ yönlü doğrultu atımlı fayın genel gidişi (bakış yönü güney) ve b) düzlemin ve üzerinde bulunan fay çiziklerinin yakından görünümü.

Çizelge 3.16. Lokasyon 16'dan toplanan fay kayma verileri (D: sağ yanal doğrultu atımlı, S: sol yanal doğrultu atım).

Lokasyon	No	Doğrultu(°Azimut)	Eğim açısı/yönü (°)	Sapma açısı	Fay türü
16	1	167	89B	15K	S
	2	180	80B	15K	S
	3	5	89B	15K	S
	4	170	84B	15K	S
	5	3	89B	15K	S
	6	15	88D	15G	D
	7	3	86D	15K	D
	8	175	75D	20K	D
	9	170	89B	15K	D



Şekil 3.54. Lokasyon 16'ya ait verilerin analiz sonucu.

3.1.3. Olası Faylar

Çalışma alanında yapılan arazi çalışmalarıyla fay düzlemi tespit edilemese de topoğrafya da izlenebilen belirgin çizgisellik ve keskin eğim farklılıkları sebebiyle bazı muhtemel faylar tespit edilmiştir.

3.1.3.1. Kertek Fayı

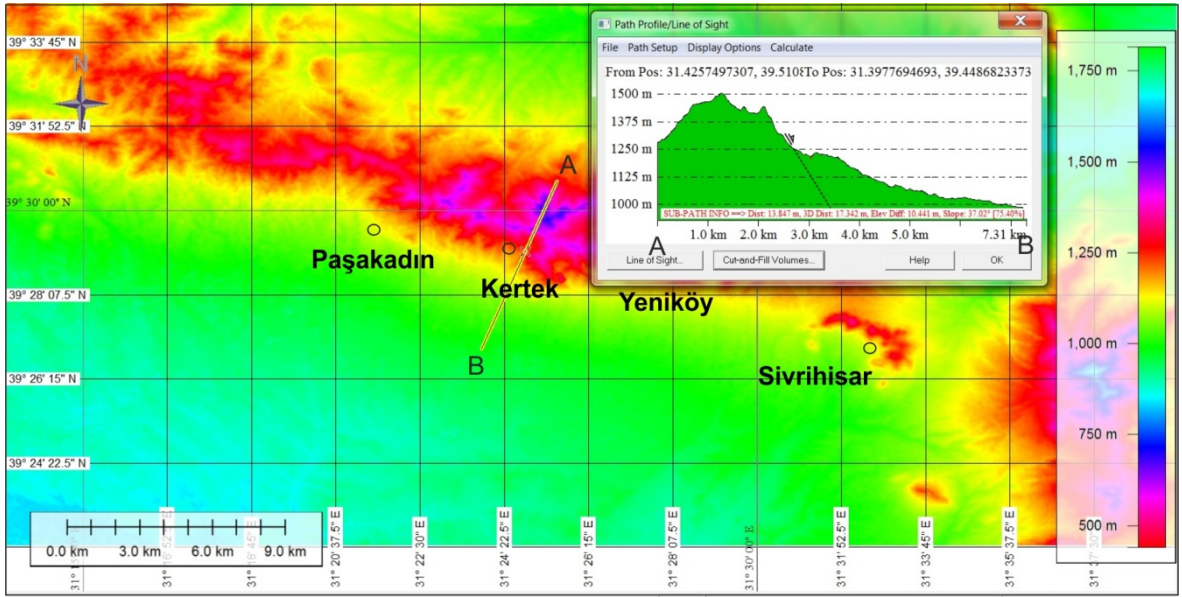
EFZ'nun bir segmenti olan Kertek Fayı, morfolojik olarak belirgin bir çizgisellikle kendini göstermektedir. ~20 km uzunluğundaki bu fay yaklaşık olarak D-B uzanımlıdır (Şekil 3.55). Fay uzanımı boyunca Triyas yaşlı mermerler ve mikaşistler ile Kuvaterner yaşlı güncel çökeller biraraya gelmiştir (Şekil 3.55 ve 56). Arazide faya ait kinematik bir veri toplanamasa da topoğrafyadaki keskin düşme dikkate alındığında eğim bileşeninin varlığı görülmektedir (Şekil 3.57).



Şekil 3.55. Kertek Fayı'nın Sivrihisar'dan doğuya doğru uzanan bir hat boyunca mermerler ve alüvyon çökellerini biraraya getirdiği görülmektedir.

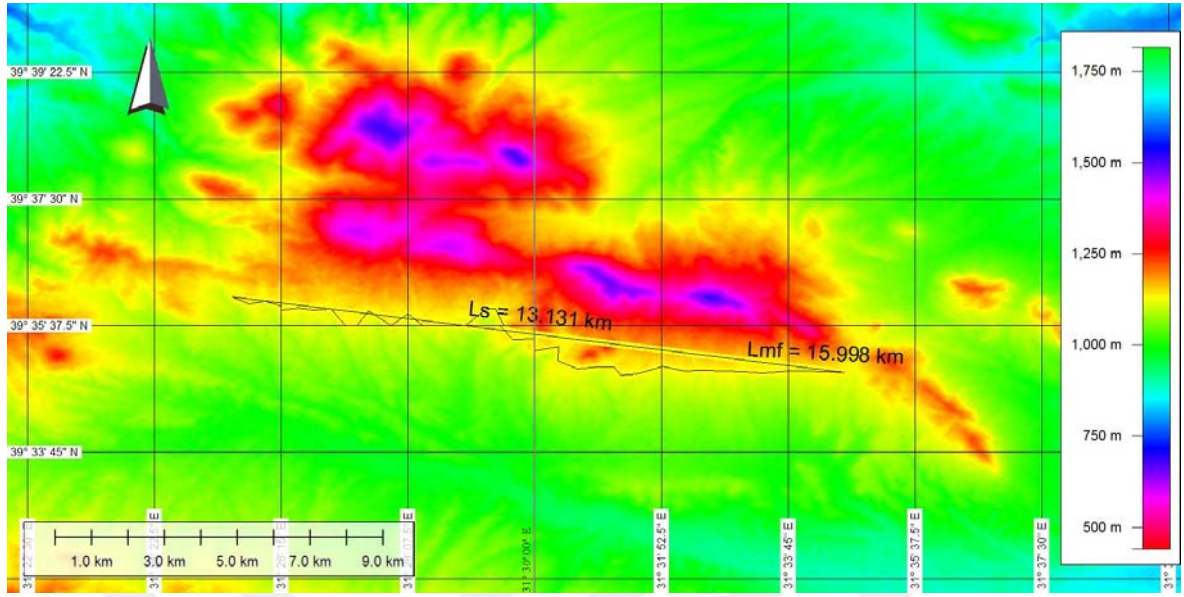


Şekil 3.56. Mermerlerin güneyinde alüvyon çökelleri görülmektedir.



Şekil 3.57. Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinde Kertek Fayı'nın doğrultusuna dik çizilen A-B kesitinde Kertek Fayı'nda gerçekleşen düşey atım görülmektedir.

Çizgiselliği oluşturan Kertek Fayı'nın güncel aktivitesiyle ilgili yorum yapabilmek için jeomorfolojik indislerden dağ önü kıvrımlılığı uygulanmıştır. Dağ önü kıvrımlılığının formülü $S_{mf} = L_{mf}/L_s$ 'dir. Formülde L_{mf} olağan düzlüğe ulaştığı noktadaki uzunluğu, L_s ise bu uzunluğun düz bir hat halindeki uzunluğudur. Bu indis dağı aşındıran erozyonal kuvvetler ile dağın ön tarafını düz bir hat şeklinde tutmaya çalışan tektonizma arasındaki dengeyi ifade eder. Tektonizmanın yoğun olduğu bölgelerde S_{mf} değerleri daha düşük çıkar. Yükselme oranı ve/veya tektonizmanın azalmasıyla erozyon baskın hale geçer ve S_{mf} değerleri yükselir [78]. Burada L_{mf} 15.998 km, L_s 13.131 m ölçülmüştür (Şekil 3.58). Bu durumda S_{mf} değeri 1.21 olarak bulunur. S_{mf} 1,4'ten küçük olduğu için yüksel tektonik aktiviteye sahip olduğu söylenebilmektedir [79].

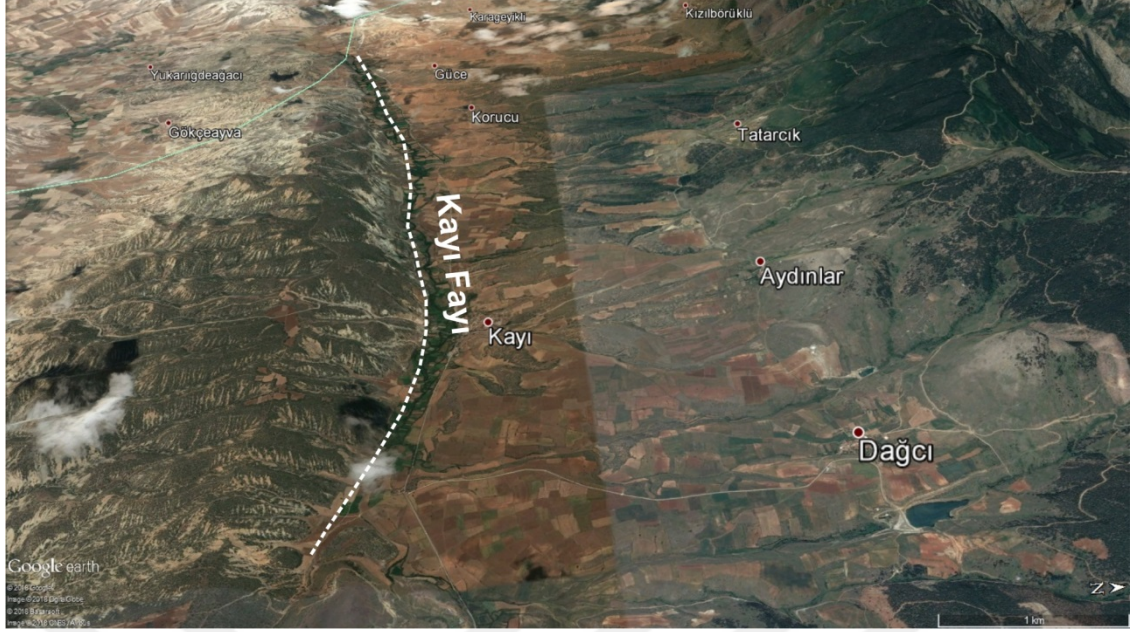


Şekil 3.58. Kertek Fayı'nın oluşturduğu çizgisellik boyunca ölçülen L_{mf} ve L_s değerleri görülmektedir.

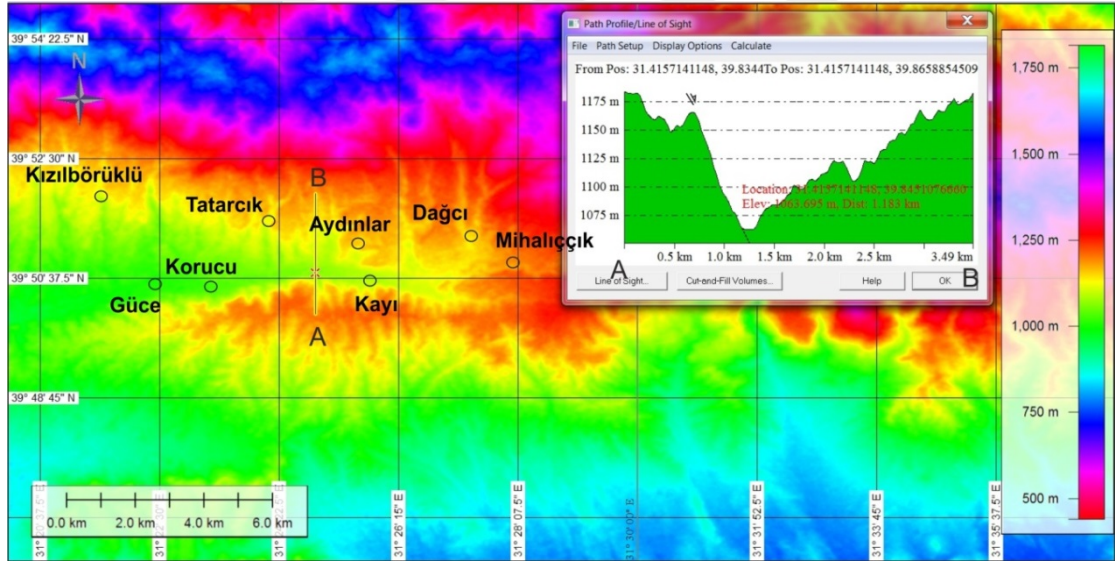
3.1.3.2. Kayı Fayı

Kayı Köyü'nün kuzeyinden geçen Kayı Fayı, yaklaşık 6 km uzunluğundadır. Arazide izine rastlanamamasına rağmen sunduğu belirgin çizgisellik ile tespit edilmiştir. Kayı Fayı yer yer Triyas yaşlı metamorfikler ile Kuvaterner çökellerini yanyana getirirken yer yer Pliyosen yaşlı karbonatlı birimler ile Kuvaterner yaşlı çökelleri biraraya getirmektedir (Şekil 3.59). Morfolojik özelliklerine göre eğim atım bileşene sahip olduğu düşünülmüştür (Şekil 3.60).

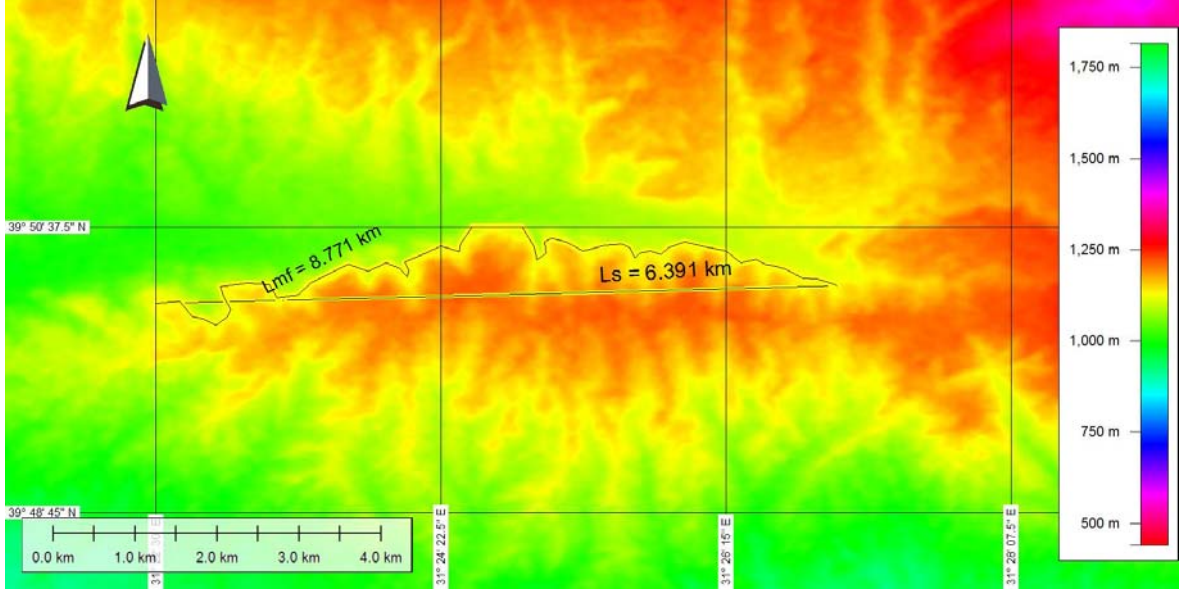
Çizgiselliği oluşturan Kayı Fayı'nın güncel aktivitesiyle ilgili yorum yapabilmek için jeomorfolojik indislerden dağ önü kıvrımlılığı uygulanmıştır. Burada L_{mf} 8.771 km, L_s 6.391 km ölçülmüştür (Şekil 3.61). S_{mf} 1,4'ten küçük olduğu için yüksek tektonik aktiviteye sahip olduğu söylenebilmektedir [79].



Şekil 3.59. Kayı Fayı'nın Güce'nin güneyinden Kayı'nın kuzeyinden geçerek doğuya doğru uzanan bir hat boyunca oluşturduğu çizgisellik görülmektedir.



Şekil 3.60. Bölgeye ait sayısal yükseklik modeli üzerinde Kayı Fayı'nın doğrultusuna dik çizilen A-B kesitinde Kayı Fayı'nda gerçekleşen düşey atım görülmektedir.



Şekil 3.61. Kayı Fayı'nın oluşturduğu çizgisellik boyunca ölçülen L_{mf} ve L_s değerleri görülmektedir.

3.2. Eklemler

Çalışma alanında yüzeyleyen hidrotermal solüsyonlardan yola çıkarak açılma çatlakları belirlenmiştir ve tektonik açıdan yorumlanmıştır.

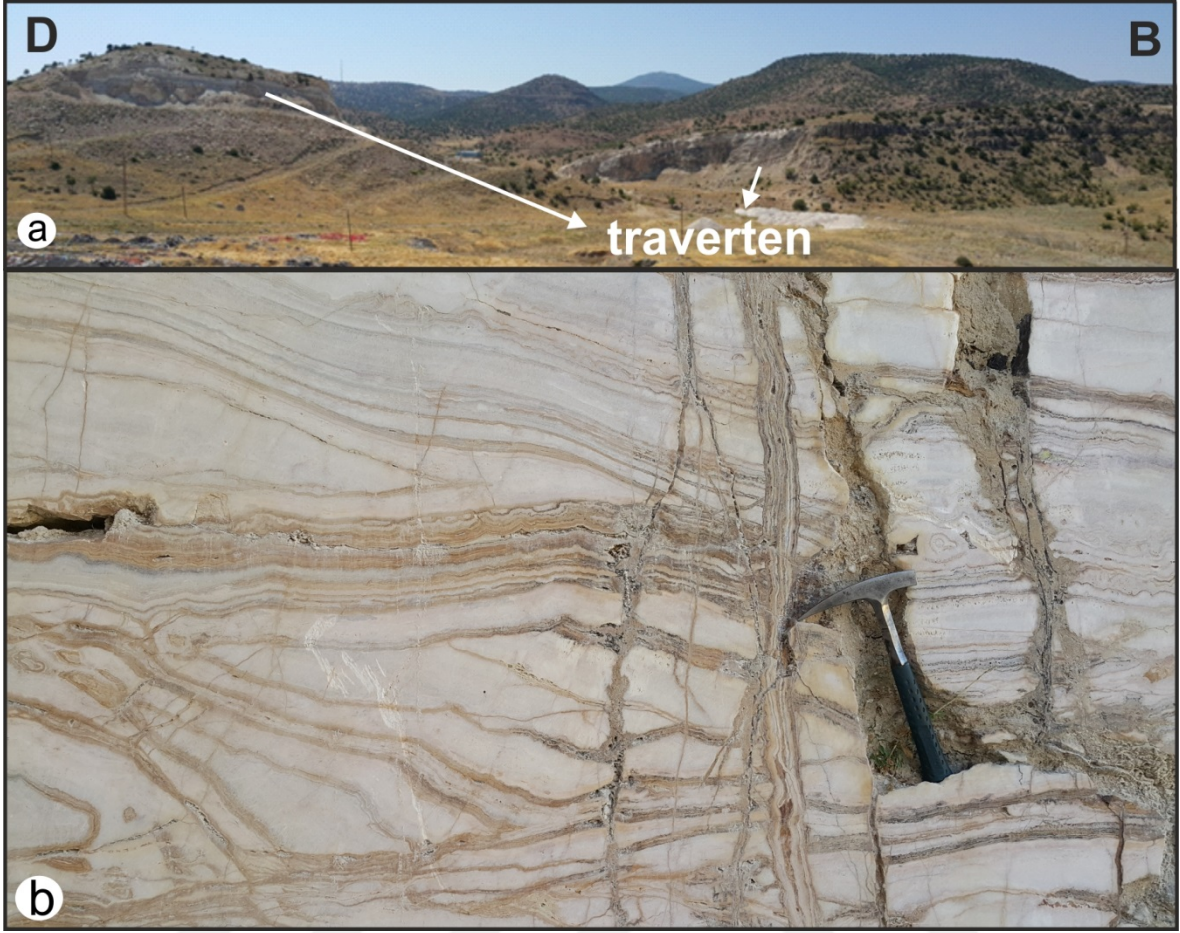
3.2.1. Traverten

Travertenler, basınç altında, bünyesinde erimiş karbondioksit (CO_2) bulunduran yeraltı sularının, suyun aniden basınçsız ortama çıkması ve karbondioksitin uçması ile suda erimiş bulunan kalsiyum karbonatın ($CaCO_3$) çok ince katmanlar halinde kayaçların üzerine çökmesi ile oluşurlar. Travertenler aktif tektonik çalışmalarında önemli işaretçilerdir. Birçok travertenin fay izlerini takip ettiği, açılma çatlaklarına veya normal fayların tavan bloğuna yerleştiği bilinmektedir [80]. Çalışma alanında Yaylaköy'ün kuzeybatısında bulunan bir traverten çökelişi bulunmaktadır (Şekil 3.62 ve 63a).



Şekil 3.62. Günümüzde işletilmiş olan traverten çökelinin işletilmeden önceki tarihte alınan bir uydu görüntüsünde doğrultusunun yaklaşık D-B olduğu görülmektedir.

Traverten çökelinin bantlı bir yapıda olduğu ve ağsı damarların eski bantları kestiği gözlenebilmektedir (Şekil 3.63b ve c). Bu tür damarları dolduran minerallerin oluşturduğu ağlar akışkanın yüksek basınca sahip olduğu yerleri temsil etmektedir [81]. Uysal vd., [82] yaptıkları çalışmada travertenlerdeki damarlar ve breşlerin CO₂'ce zengin akışkanın yüksek basıncı ile temel kayalarda kırılmaya yol açması (hydro-fractures) ile oluştuğunu ve bunun yüzeye doğru geliştiğini göstermektedirler. Araştırmacılar, kurak iklim dönemlerinde jeotermal sular ya da kaynaklar tarafından yüzeye CO₂ salınımının önemli miktarda azaldığı ve bundan dolayı da derindeki rezervuarların o oranda CO₂'ce aşırı doymun olduğu söylemektedirler. Sismik sarsılma sırasında ana kayanın kırılması ve akışkandaki yüksek basınç sonucu, çözünmüş gazların genişlemesi ve aniden salınımı hidrotermal püskürmelere ve travertenlerdeki damar oluşumlarına yol açabilmektedir [82] (Şekil 3.63b ve c). Travertenin doğrultusu 110° olarak ölçülmüştür onun kesen damarlar ise 160° doğrultuludur. [83], Eskişehir Diri Fay Haritası'nda, travertenin bulunduğu hattı olası Kuvaterner Fayı olarak haritalamıştır (EK-3).



Şekil 3.63. a) Traverten çökelinin arazideki görünümü, b) travertenin temiz yüzeyinde gözlenen bantlar ve onu kesen ağsı damarlar, traverten damar ağsı ve basınçlı akışkan (hidrolik kırılmaya uğramış) tarafından dokusu bozulan bol çatlaklı yapıya sahip breş.

Travertenin çıkışını sağlayan açılma çatlığının doğrultusuna bakıldığında, KKD-GGB genişleme rejiminin ürünüdür. raverten çökeli Yaylaköy ve Yunus Emre faylarına yaklaşık paraleldir. Çatlak, faylarla eş yaşı bir tektonik rejimin ürünü olmalıdır.

3.2.2. Klastik Dayk

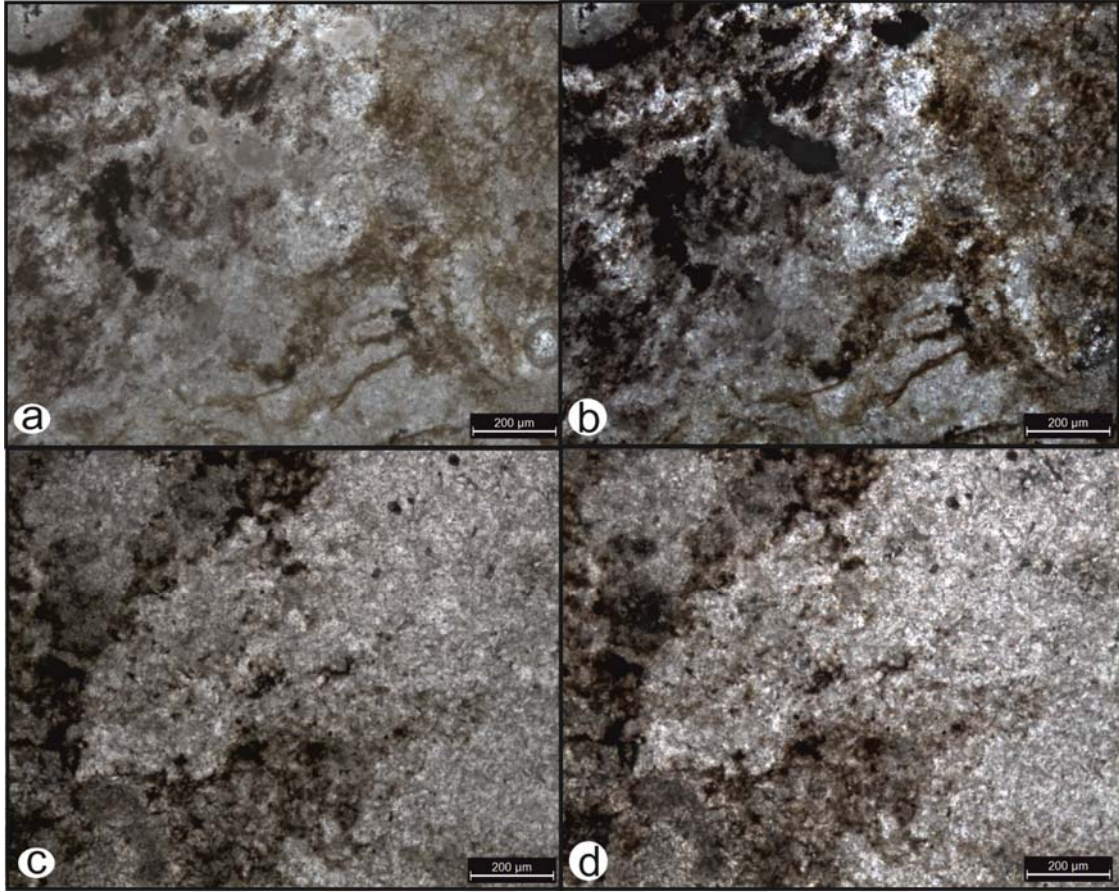
Yaylaköy'ün kuzeybatısında Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimlerini dayk şeklinde yüzeyleyen bir kayaç bulunmaktadır (Şekil 3.64 ve 65). Doğrultusu KB-GD olan kayaçtan yapılan mineralojik incelemelerde hidrotermal alterasyon tespit edilmiştir (Şekil 66).



Şekil 3.64. Çakıltaşı, kumtaşı birimlerini kesen hidrotermal solüsyonların sonucu olarak oluşmuş klastik daykın görünümü.



Şekil 3.65. Çakıltaşı, kumtaşı birimlerini kesen hidrotermal solüsyonların sonucu olarak oluşmuş klastik daykın a ve b) yakından görünümü.

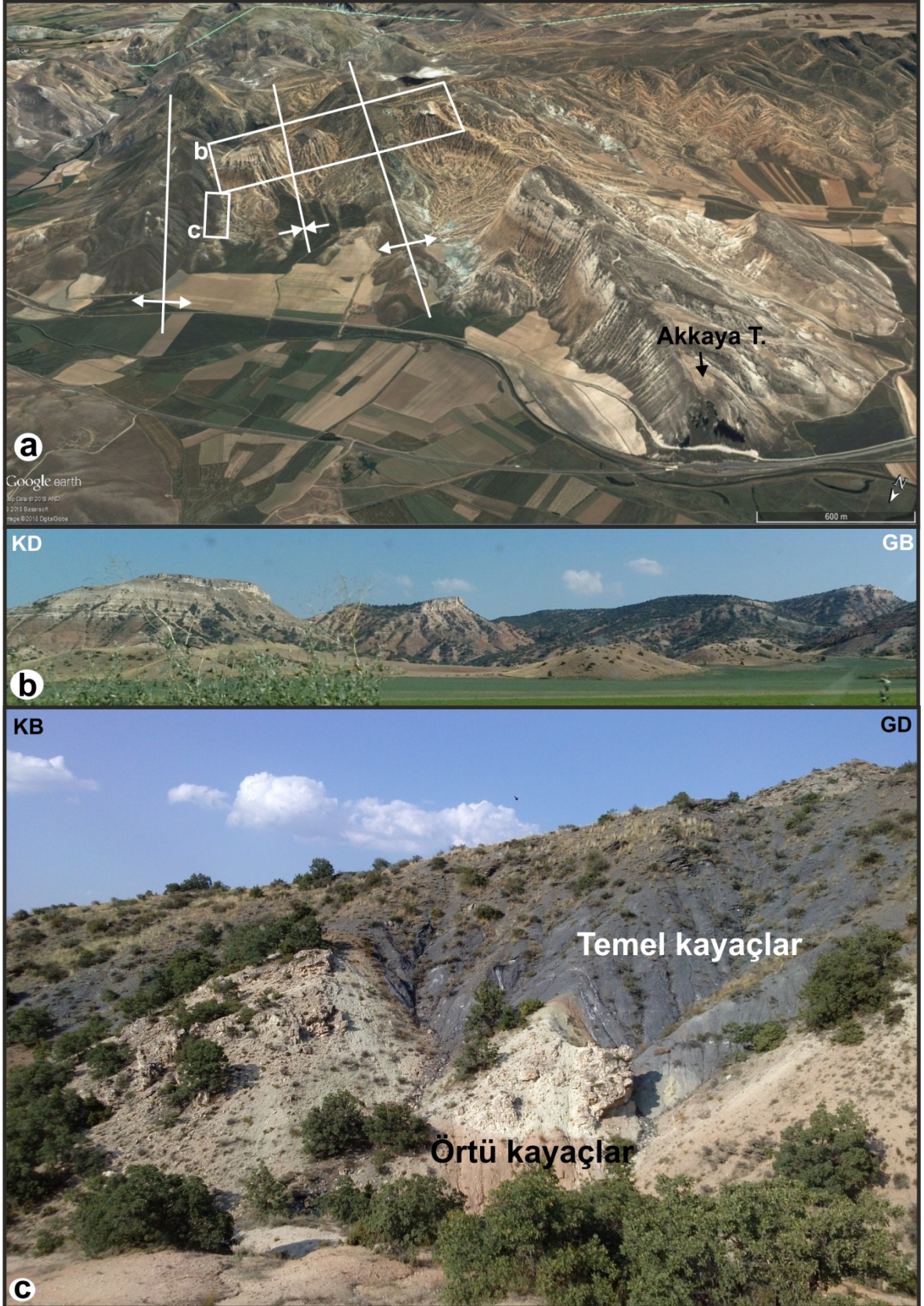


Şekil 3.66. Klastik dayka ait iki ince kesitin görüntüleri görülmektedir (a ve c 1.nikol görüntüleri, b ve d ise 2.nikol görüntüsüdür), kesitte hidrotermal alterasyon görülmektedir.

Klastik dayk, Miyosen yaşlı kayaçları kestiğini göre Miyosen'den genç olmalıdır. Daykın bulunduğu hat, tahmini olarak Yaylaköy Fayı'nın geçtiği hatta denk gelmektedir. Daykın yüzeyi çıkmak için Yaylaköy Fayı'nı veya ona paralel bir açılma çatlakını kullandığı düşünülmüştür. Bu durumda dayk KD-GB genişleme rejiminin bir ürünüdür.

3.3. Kıvrımlar

Çalışma alanında Biçer Köyü'nün kuzeybatısında yer alan Akkaya, Akpınar ve Karacaoğlu Tepe civarında izlenebilen KB-GD eksenli kıvrımlar yer almaktadır (Şekil 3.1 ve 3.67a). Kıvrımların Pliyosen yaşlı birimleri etkilediği görülmüştür (Şekil 3.67b). Kıvrımların çekirdeğinde temel kayaçlar yüzeylemiştir (Şekil 3.67c). Kıvrımın çekirdeğinde Pliyosen yaşlı birimlerin epeyce deforme olduğu gözlenmiştir.

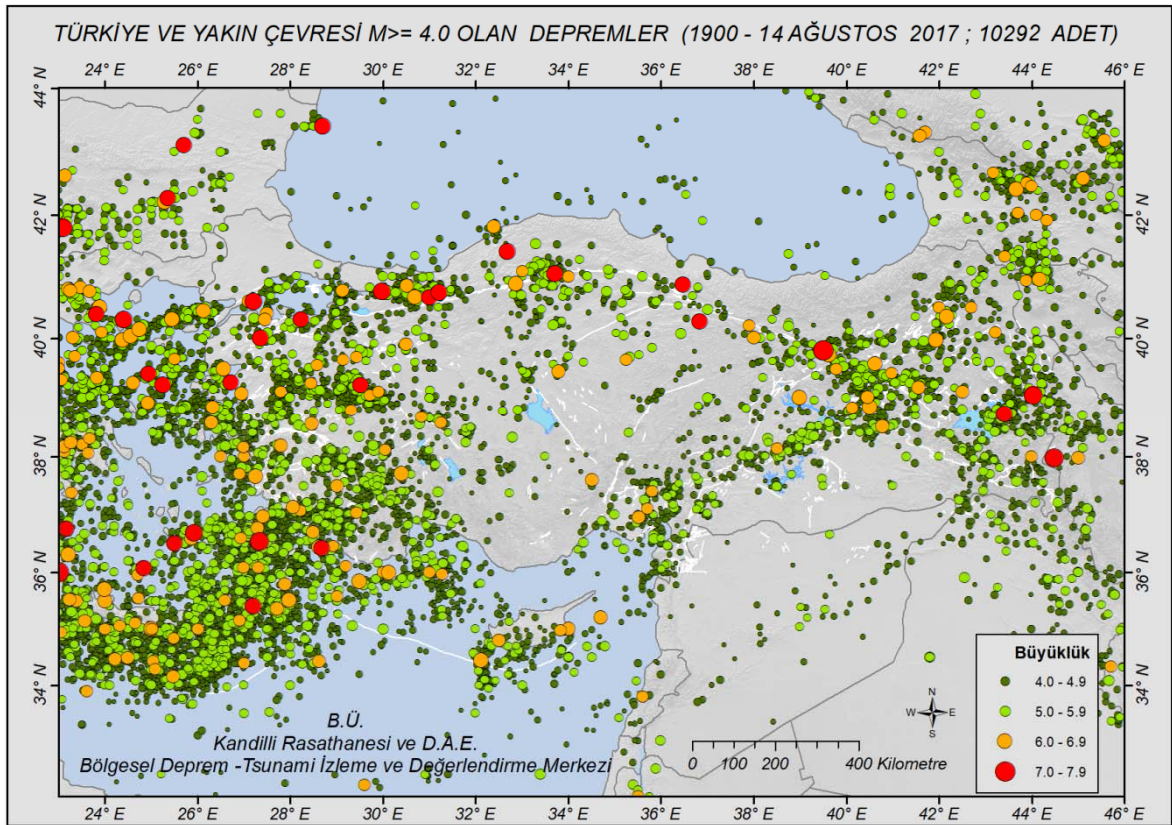


Şekil 3.67. a) Akkaya Tepe civarında görülen kıvrımların uydu görüntüsü. Eksenlerin KB-GD gidişli olduğu görülmektedir. b) Kıvrımların arazide görünümü. c) Antiklinalin çekirdeğinde temel kayalar ve Pliyosen yaşlı birimlerin ilişkisi görülmektedir.

4. BÖLGENİN DEPREMSELLİĞİ

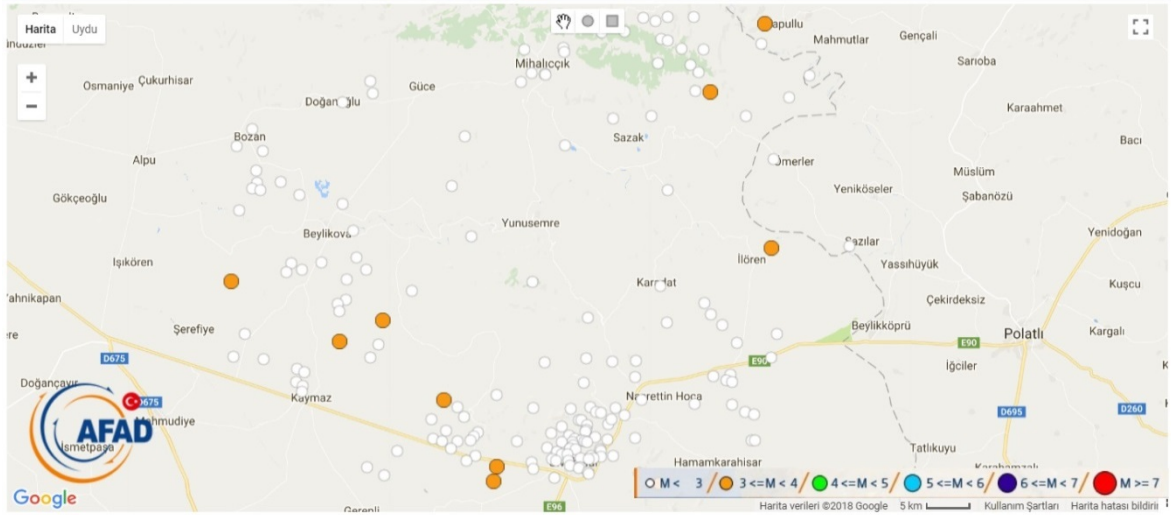
Depremlerin oluşumu ile tektonik hareketlerin doğrudan ilişkili olduğu önceden beri bilinmektedir. Türkiye diri fay haritasına bakıldığında çalışma alanında haritalanmış olası Kuvaterner fayları bulunmaktadır [83, 84] (EK-3).

Günümüzde Orta Anadolu bölgesi düşük hızlı bir deformasyon geçirmekle beraber (<2 mm; [85], 1-2 mm/yıl; [38]), bölge depremsellik açısından diğer bölgelere göre daha sakindir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. 1900'den günümüze kadar Türkiye ve yakın çevresinde meydana gelen $M \geq 4.0$ olan depremlerin dağılımı. Çalışma alanında $M \geq 4.0$ olan deprem görülmemektedir [86].

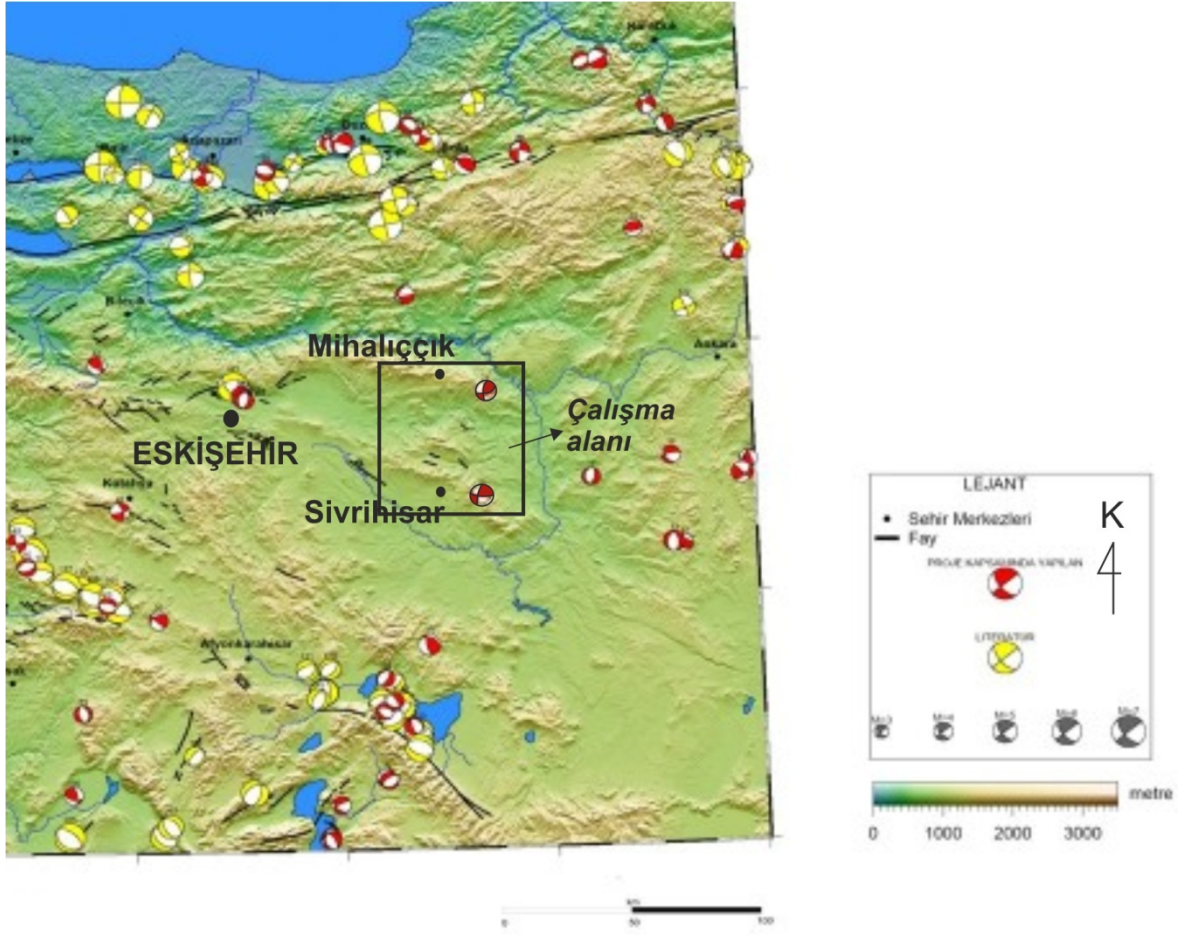
Çalışma alanının içerisinde bulunduğu ilçeler, Türkiye Deprem Bölgeleri içerisinde 3. derece deprem bölgesinde yer alırken Eskişehir İli merkezi 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 4.2).



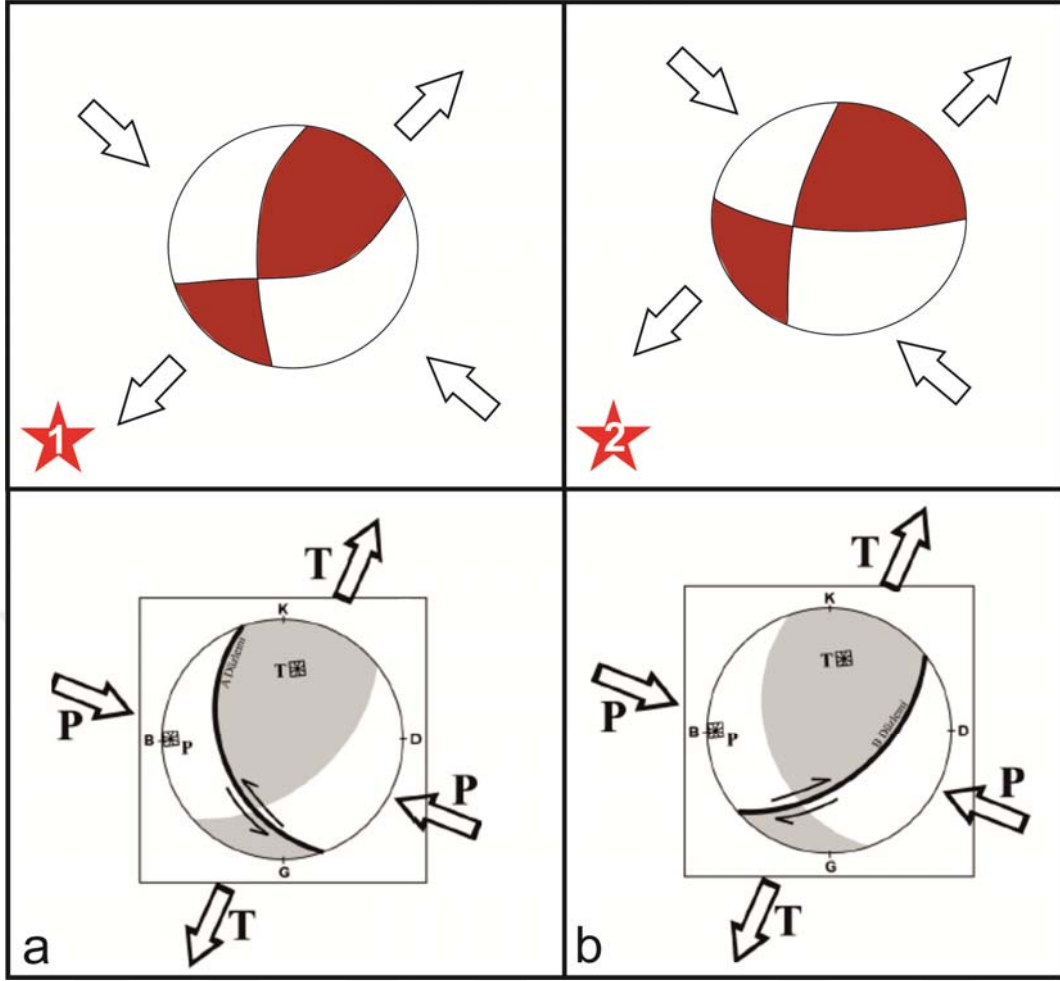
Şekil 4.4. Aletsel dönemde çalışma alanı ve yakın çevresinde olan depremlerin merkez üsleri görünmektedir [87].

AFAD ve Kandilli Rasathanesi tarafından çalışma alanı içerisinde olan depremlerin moment çözümleri yapılmamıştır. Ancak Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün KB Anadolu'yu kapsayan bir çalışmasında, çalışma alanında meydana gelmiş iki depremin çözümü verilmiştir (Şekil 4.5). Deprem moment çözümlerine göre depremler, doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters faylar tarafından üretilmiştir (Şekil 4.6). Esas ve yardımcı fay düzlemlerinden birinin seçilmesine göre doğrultu atım bileşeni sağ veya sol olmaktadır (Şekil 4.6).

Buna göre çalışma alanında bu iki depremi üretecek aktif fayların olabileceği görülmektedir.



Şekil 4.5. Kuzeybatı Anadolu'nun 1:500000 ölçekli sismotektonik haritası (MTA [88]' dan alınmıştır). Çerçeve çalışma alanını temsil etmektedir. Çalışma alanı içerisindeki iki depremin moment çözümü görülmektedir.



Şekil 4.6. Çalışma alanındaki depremlerden elde edilen iki deprem moment çözümüne göre, ele alınan depremlere (1 ve 2) sebep olan fay türü doğrultu atım bileşenine sahip ters faydır. a) Esas düzlem A düzlemi ise sol yönlü doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters faydır, b) B düzlemi ise sağ yönlü doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters faydır.

5. HAVZANIN NEOTEKTONİK GELİŞİMİ

Tavşanlı Zonu, Anatolid-Torid Bloğu'nun okyanus içi dalma batmaya uğramış, YB/DS koşullarında deforme olmuş ve metamorfizma geçirmiş kuzey ucunu temsil etmektedir [2]. Mavişistler, kıta-kıta çarpışması öncesinde tektonik bir dilim olarak yüzeye çıkmıştır ve bunların üzerinde tektonik olarak ofiyolitik kayalar bulunmaktadır [7, 5]. Erken Eosen'de bölgedeki kayaları sığ denizel çökeller uyumsuzlukla örtmüştür [2, 3, 7]. Çalışma alanında kuzey ve güneyde birçok yerde izlenebilen bu birimler bölgenin temel kayalarını oluşturmaktadır (Bkz. şekil 2.1). Bu döneme ait bindirme fayları yaklaşık D-B doğrultulu olarak çalışma alanının kuzey ve güneybatı kesimlerinde görülebilmektedir. Bahsedilen temel kayalar üzerine Miyosen'de flüvyal, flüvyal-gölsel ile volkanik çökeller depolanmıştır [89]. Sakarya Formasyonu'nun en üstünü temsil eden Geç Miyosen yaşlı evaporitleri (Sj) jeokimyasal olarak değerlendiren Güngör-Yeşilova ve Tekin [90], bu birimlerin iklimsel koşullarının, karasal volkanizmanın, depolanmayla eş yaşlı tektonizmanın ve farklı litolojilere (silisiklastik ve karbonatik) sahip depolanma paketlerinin etkin olarak geliştiği playa gölü kompleksinde çökeldiğini belirtmiştir.

Doğuda Arap ve Anadolu levhalarının çarpışmasıyla başlayan neotektonik dönemde, daralan kabuk kalınlaşmış ve devam eden sıkışmayla Anadolu levhası KAFS ve DAFS boyunca batıya doğru kaçmaya başlamıştır [12-14]. Bu kaçışın sonucu Anadolu'da K-G doğrultulu sıkışma rejimi hüküm sürmüştür [11]. Bazı araştırmacılar [91, 92] çarpışma sonrası sıkışmanın Geç Miyosen'den Erken Pliyosen'e kadar devam ettiğini ileri sürerken kimi araştırmacılara [93, 94] göre sıkışma rejimi, Erken Miyosen'de sona ermiş ve yerini kalınlaşan kabuğun çökmesine bağlı açılma rejimine bırakmıştır.

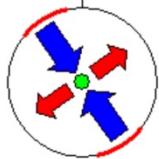
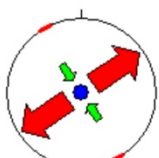
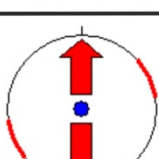
Çalışma alanının kuzeyinde yer alan KAFS, sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay kuşağıdır. Doğuda Karlıova'dan, batıda Ege Denizi'ne kadar yaklaşık 1500 km uzunluğa sahip bu kuşağın orta kesimi kuzeye doğru kavislidir [19]. Bu kavislenme doğuda kalan kesiminin makaslamalı-açılmalı (transtansiyonel) özellikler göstermesine neden olurken, batıda kalan yarısının makaslamalı-daralmalı (transpresyonel) gelişimine neden olmaktadır [95]. Şengör vd. [13] ile Barka [96] KAFS'nin Orta-Geç Miyosen (makaslama zonunun ortaya çıkışı) ve Erken

Pliyosen (ana kırık hattının oluşumu ve yer değiştirmenin başlangıcı) olmak üzere iki evrede oluştuğunu savunmaktadır.

Çalışma alanını güneyden sınırlayan İEFS'nin Sivrihisar batısındaki kesimi birçok araştırmacıya göre normal bileşene sahip doğrultu atımlı faylarla temsil edilirken [38-42] doğuya/güneydoğuya gidildikçe eğim atımlı normal fay karakteri baskınlık kazanmaktadır [91, 97, 34, 35, 98]. İEFS'nin oluşum yaşına ilişkin farklı görüşler mevcuttur. Yaltırak [32], Erken Miyosen-Pliyosen'de etkin olan bu sistemin Trakya'ya kadar devam ettiğini ve KAFS tarafından Marmara Denizi'nde kesilip ötelendiğini belirtmektedir. Özsayın ve Dirik [34], İEFS'nin Pliyo-Kuvaterner'de KKD-GGB doğrultusunda açıldığını göstermektedir. Okay vd. [44], Uludağ Masifi'nde yaptıkları çalışmalarda bu sistemin Oligosen'de çalışmış olduğunu öne sürmektedir. Özsayın ve Dirik [34,35] sistemin doğu kesiminde yaptıkları çalışmalarda bu kuşağın ilk defa Miyosen'de sağ yanal karakterde çalıştığını, Pliyosen ve sonrasında ise normal fay olarak özellikleriyle yeniden hareketlendiğini ortaya koymuşlardır.

Çalışma alanında yapılan arazi gözlemleri ile elde edilen veriler, fay kayma verileri ile yapılan paleo-gerilme analizleri ve deprem çözümlemeleri birlikte değerlendirildiğinde çalışma alanının neotektonik dönemde üç farklı tektonik rejimin etkisi altında kaldığı söylenebilmektedir (Şekil 5.1).

Bölgede hüküm süren ilk neotektonik rejim K-G açılma rejimidir. Bu dönemin en önemli ürünleri, çalışma alanında yaklaşık D-B yayılım gösteren volkanik kayaların kullandığı kırık hatlarıdır. Temel [69], tarafından yapılan bir çalışmada, bu volkanik kayaların alkali karakter taşıdığı ve çarpışma sonrası açılmalı tektonik rejim sonucunda, Okyanus Adası Bazaltları (OIB) benzeri bir magmadan asimilasyon-fraksiyonel kristalleşme süreçlerinin etkileriyle oluştukları ve Miyosen yaşlı oldukları ortaya konmuştur. Çalışma alanında Geç Miyosen yaşlı dolomitik kireçtaşları bu volkanik kayaların üzerine geldiğinden volkanizmanın Geç Miyosen'den yaşlı olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre Geç Miyosen'den önce çalışma alanında açılmalı bir rejimin etkili olduğu çarpışmaya bağlı sıkışma rejiminin bu dönemin öncesinde bitmiş olması gerektiği söylenebilmektedir.

	Tektonik Rejim	İlişkili Yapılar	Yaş
3. faz	Transpresyonel		Deprem çözümleri
2. faz	Transtansiyonel		KB-GD doğrultulu normal faylar Eklemeler KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar
1. faz	Genişleme		Volkanizma
			Açısal uyumsuzluk
			Miyosen

Şekil 5.1.Çalışma alanını etkileyen neotektonik rejimler, bu rejimlerle meydana gelmiş olabilecek yapılar ve olası yaşları görülmektedir.

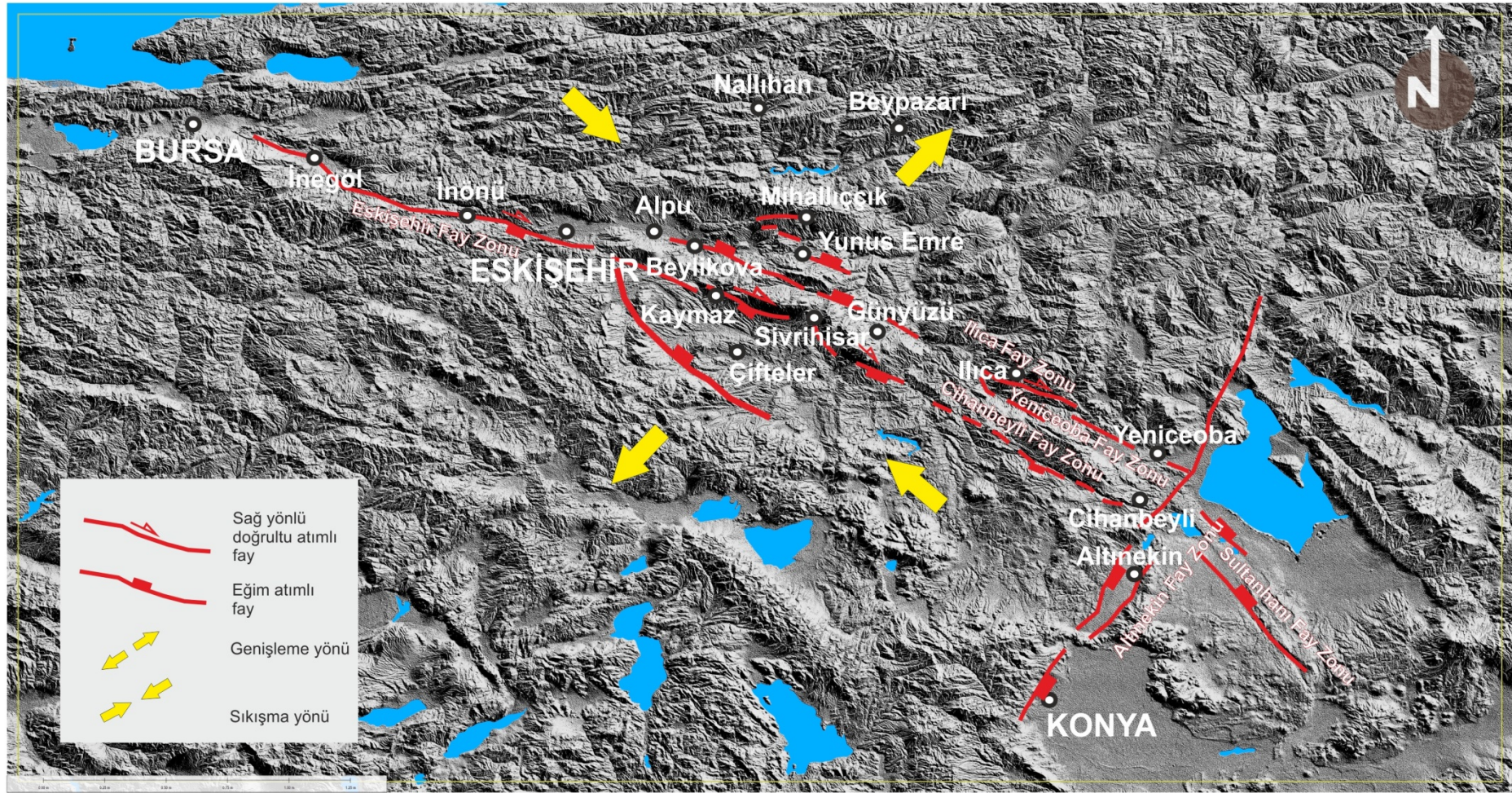
Çalışma alanında Pliyosen yaşlı birimlerde görülen KB-GD/K-G doğrultudaki doğrultulu atımlı fayların ve yaklaşık D-B/KB-GD doğrultulu normal fayların varlığı görülmektedir. Paleo-gerilme analizi sonuçlarına bakıldığında bu yapıların KB-GD sıkışmaya bağlı KD-GB açılmalı bir rejimin (transtansiyonel) etkisi altında oluştuğu görülmektedir. Bu da bölgeyi etkileyen ikinci tektonik rejim olarak tanımlanmıştır. Bölgede KB-GD doğrultulu normal faylar vardır. Pliyosen yaşlı birimleri etkiledikleri görüldüğünden aktivitelerinin Pliyosen döneminde devam ettiği söylenebilmektedir. İEFS, Sivrihisar civarında sağa doğru büküm yaparak çalışma alanında KD-GB açılma rejimi olarak izlenen yerel bir gerilme anomalisi oluşturmuştur. (Şekil 5.2). Pliyosen birimlerini etkileyen bu deformasyonlar hem Miyosen hem Pliyosen yaşlı çökellerde izlebilmiştir.

Miyosen ve Pliyosen'de görülen deformasyonları yaşlandırabilecek herhangi bir kesme-kesilme ilişkisi bulunamamıştır. Buna rağmen arazide Miyosen ve Pliyosen çökelleri arasında açısal uyumsuzluk olması ve bu uyumsuzluğun komşu havzalarda (örneğin Beypazarı ve Alpu havzaları) da tanımlanmış olması dolayısıyla bölgesel ölçekte bir rejim değişikliği olduğu düşünülmüştür ve bu sebeple iki ayrı rejim olarak değerlendirilmiştir.

Güncel deprem çözümlerine bakıldığında ise çalışma alanında gerçekleşmiş depremlerin kaynağının doğrultu atım bileşenine sahip eğim atımlı ters fayların olduğu görülmektedir. Bu da çalışma alanında güncel olarak hakim olan tektonik rejimin transpresyonel rejim olduğunu düşündürmektedir.

Çalışma alanında yer alan ve Pliyosen birimlerini deforme etmiş olarak gözlenen KB-GD doğrultu kıvrımlar ise Yaylaköy ve Yunus Emre fayları gibi KB-GD doğrultulu büyük ölçekteki normal fayların tavan bloğunda gelişmiş kıvrımlar olmalıdırlar. Fayların ve kıvrımların doğrultularının paralel oluşu ve Yunus Emre Fayı'nın tavan bloğunda gözlenen deformasyonlar (lokasyon 1) buna işaret etmektedir. Kıvrımların doğrultularının güncel rejimle uyumlu olmaması bu fikri desteklemektedir.





Şekil 5.2. İEFS'nin sayısal yükseklik modeli üzerinde görünümü. Sivrihisar civarında İEFS'nin sağa büküm yaptığı görülmektedir. Bu da çalışma alanında transtansiyonel bir rejime yol açmıştır.

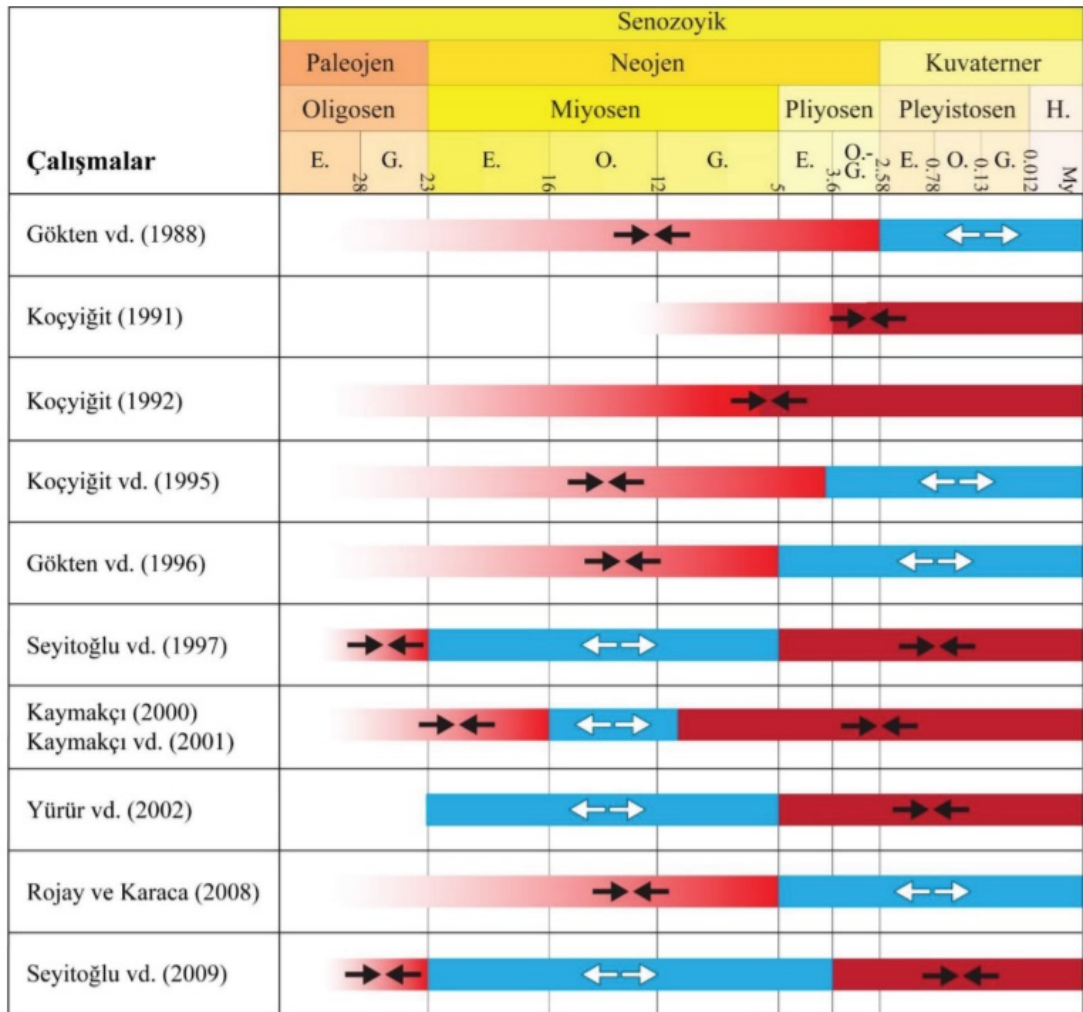
6. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Çalışma alanında yapılan arazi gözlemleri ve önceki çalışmaların ışığında bölgede yüzeyleyen birimler, temel kayalar ve örtü kayalar olmak üzere iki grupta incelenmiştir. Bölge, Tavşanlı Zonu'na ait Mesozoyik yaşlı temel kayalar ile bunların üzerine uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı gölge ağırlıklı sedimanter birimlerle temsil edilmektedir. Neojen yaşlı birimler Geç Miyosen yaşlı Sakarya Formasyonu ve Pliyosen (?Geç Pliyosen) yaşlı Porsuk Formasyonu'dur. Sakarya ve Porsuk formasyonlarında 3 adet ÖSK çalışması yapılmıştır. ÖSK'lardan alınan örneklerle yapılan paleontolojik çalışmalar sonucunda Sakarya Formasyonu'nun üst seviyelerinde fosile rastlanmamıştır ancak alt seviyelerinde bulunan Gastropod fosili ile havzadaki en genç örtü birimlerin yaşının Geç Miyosen'de başladığı tespit edilmiştir. Porsuk Formasyonu'nda faunal olarak ostrakod, gastropod, floral olarak da charophyta bulgularına ulaşılmıştır. Ostrakodlar, denizelden karasala kadar değişen çok çeşitli ortam şartları altında yaşayabilmekte olduklarından eski ortam belirleyici olarak büyük potansiyele sahiptir. Ostrakodlar fasiyes ayırtlamalarında kullanılmalarının yanı sıra paleocoğrafyanın ve biyoprovensin tanımlanmasında da son derece yararlı bir fosil grubudur [96]. Sazak ÖSK'sında rastlanan *Zonocypris* ve *Cyprideis* Ostrakod cinsleri Türkiye'deki Geç Miyosen-Erken Pliyosen istiflerinde sıklıkla rastlanan formlardır. Bu iki cinse ait formlar ortamda tuzluluk artışının göstergesi olup tatlı sudan acı suya geçildiğini işaret etmektedir. Neojen birimlerinin depolanma süreçleri boyunca, iklimsel değişimler ile birlikte tektonizmanın da etkisi ile klastik, karbonat ve evaporit ağırlıklı birimlerin tekrarlı ve zaman zaman da birbirleriyle geçişli olarak depolanmasına neden olmuştur.

Havzada yer alan Neojen çökellerinde izlenen deformasyonlarla tanımlanan önemli neotektonik yapılar, yaklaşık KB-GD doğrultulu normal faylar ve KB-GD ve K-G doğrultulu doğrultu atımlı faylardır. Bunların dışında çizgiselliklerden, travertenin yerleşiminden ve hidrotermal akışkanların çatlakları kullanarak yüzeye çıkmasıyla tespit edilen yapıların doğrultularından faydalanılmıştır. Genç birimler genellikle çakıtaşı, kumtaşı ve kilaşından ibaret olduklarından, doğrultu atımlı fayların izlerini takip etmek oldukça zordur. Kırıklanan kayaların litolojik özelliklerinden dolayı bazı fay düzlemlerinde çizikler oluşmamış veya

korunmamıştır. Bu düzlemler paleo-gerilme analizlerinde kullanılamamıştır ancak doğrultuları verileri destekler şekildedir. Tüm veriler ışığında, çalışma alanı neotektonik dönemde 3 farklı tektonik fazın etkisi altında şekillenmiş olmalıdır (Bkz. şekil 5.1).

Literatürde KB Orta Anadolu'daki etkin tektonik rejimle ilgili farklı görüşler yer almaktadır. Önceki araştırmacıların, KAFS'nin güneyinde KB Orta Anadolu'yu etkileyen neotektonik rejimin niteliğiyle ilgili Ankara çevresindeki gözlemlerine dayanarak vardıkları birbirini destekleyen ya da çelişen görüşlerin Esat vd. [23] tarafından çıkarılan bir özeti şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Geç Senozoyik döneminde KB Orta Anadolu'yu etkileyen neotektonik rejimin niteliğiyle ilgili görüşler. Kırmızı daralmalı, mavi ise genişlemeli tektonik rejimin etkin olduğu zaman aralığını gösterir ([23]'den alınmıştır).

Seyitoğlu vd. [93], KB Anadolu'da çarpışma sonrası sıkışmalı tektonik rejimin Erken Miyosen'de sona ererek, yerini Erken Miyosen-Pliyosen aralığında orojenik çökmeye bağlı genişlemeli bir tektonik rejime bıraktığını ve Pliyosen'den günümüze de Kuzey Anadolu Fayı'nın etkisiyle bölgede transpresyonel ya da transtansiyonel bir tektonik rejimin etkili olduğu görüşündedir [93]. Çalışma alanını etkileyen K-G genişleme rejiminin bu şekilde oluştuğu düşünülmektedir. Benzer şekilde Yürür vd. [94], Galatya Volkanik Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, Miyosen'de volkanizmayla eş yaşlı olan faylanmalar sebebiyle bölgede KAFS'nin etkisinden önce hüküm süren bir genişleme rejimini olduğunu ortaya koymuşlardır.

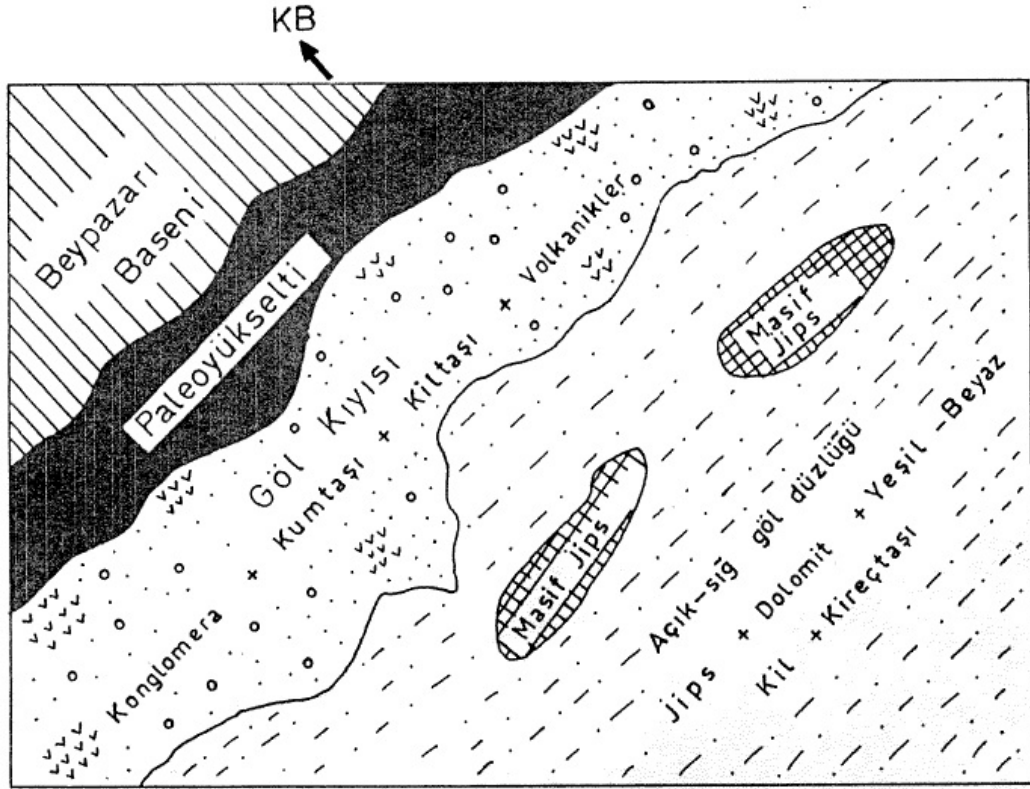
Çalışma alanını etkileyen ikinci tektonik rejimin kaynağı sağ yanal doğrultu atım bileşene sahip İEFS'nin çalışma alanının güneyinde sağa büküm yapması olarak düşünülmüştür (Bkz. şekil 5.2). Bu sayede bölgede transtansiyonel rejim gelişmiştir. Benzer yapılar güneyde Mahmudiye-Çifteler Havzası'nda da izlenmektedir [40].

Güncel tektonik rejimin sebebi ise, çalışma alanının KAFS, EFZ ve Kırıkkale-Erbaa Fay Zonu arasında tanımlanan KB Orta Anadolu Daralma Bölgesi içerisinde yer alması olmalıdır [21-23]. KB-GD daralmayla ilişkili bu bölgede paleotektonik dönem yapılarını kullanarak yeniden hareketlenmiş gömülü faylar olabileceğini ve bu fayların depremlere yol açmış olabileceği de düşünülmüştür.

Transpresyonel karakterdeki Kuzey Anadolu Bölgesi ile transtansiyonel karakterdeki Orta Anadolu Bölgesi arasındaki kinematik geçişi yorumlayabilmek adına çalışma alanının kuzeyinde yer alan Beypazarı-Çayırhan Havzası'nda yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bölgede ekonomik değeri sebebiyle yapılmış birçok çalışma vardır. Havzada yapılan ilk çalışmalarda önce Beypazarı fleksürü [100-102] sonra Beypazarı monoklinali [103-104] ve daha sonra Beypazarı fay ilerleme kıvrımı [105] olarak adlandırılan ekseni KD-GB doğrultulu olan bir sıkışma yapısı vardır. Bu ve benzeri diğer kıvrımların yanı sıra bölgedeki deprem çözümlerinden de yola çıkarak bölgenin KB-GD sıkışma rejimi altında olduğu bilinmektedir [105].

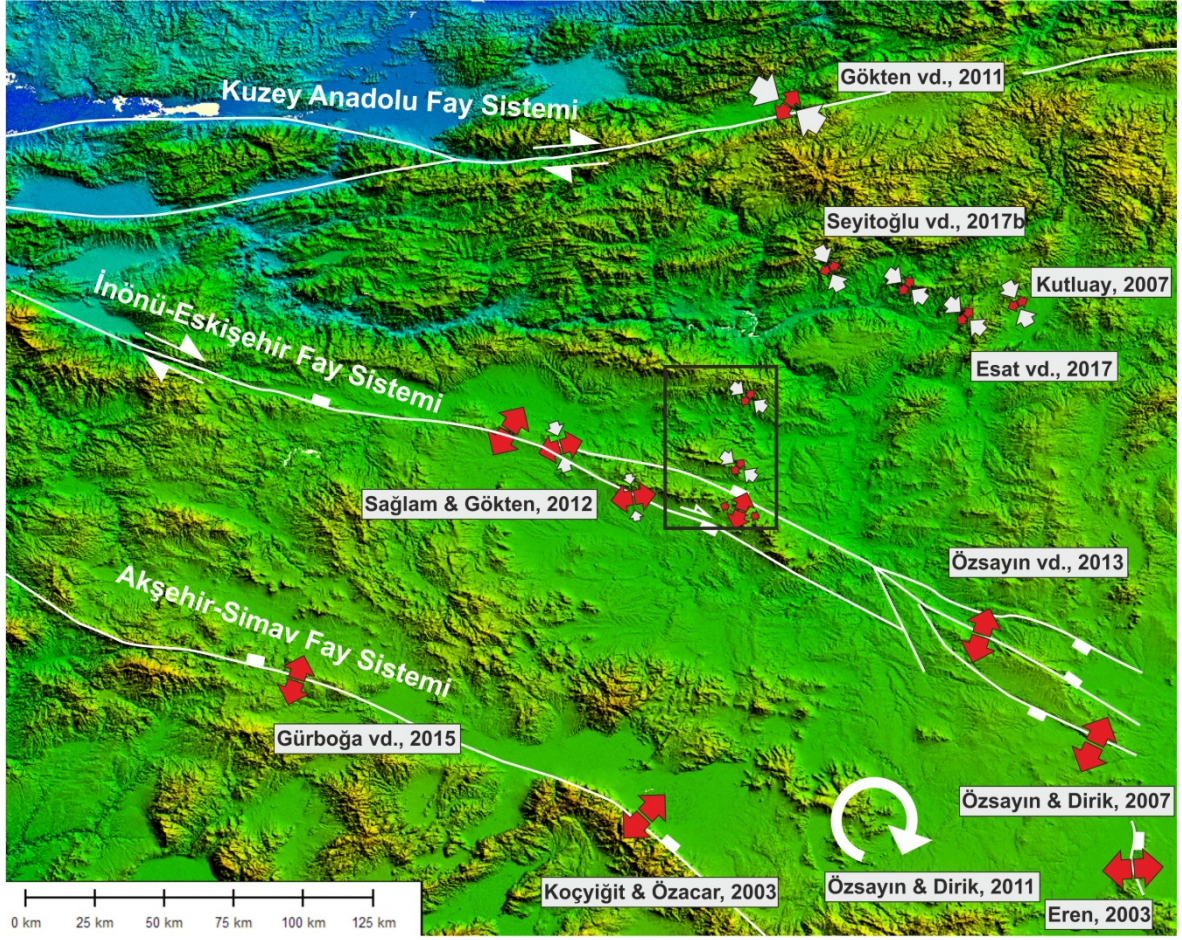
Ayrıca Beypazarı Havzası ile çalışma alanındaki Neojen yaşlı çökeller karşılaştırıldığında Miyosen döneminde Beypazarı'nda da tanımlanan playa göllerindeki yoğun evaporit istiflerin çalışma alanındaki istiflere litoloji ve fasiyes

gelişimi açısından farklılık gösterdiği belirtilmiştir [66]. Karakaş [66], bundan yola çıkarak Sivrihisar ve Beypazarı havzalarının ayrı olarak meydana geldiğini ve bunun sebebini de o dönemde iki havza arasında bir paleoyükselimin var olması olarak açıklamıştır (Şekil 6.2). Bunun yanı sıra Beypazarı'nda Erken-Orta Miyosen yaşlı birimler içerisinde bulunan ve işletilen kömür zonlarının varlığı bilinmektedir [103]. Çalışma alanının yakın kuzeyinde Koyunağılı'da da (İAKK kuzeyinde) işletilen kömür sahaları vardır. Ancak İAKK'nun güneyine bakıldığında çalışma alanında Erken Miyosen çökellerinin bulunmadığı görülmektedir. Bu da Miyosen döneminde çalışma alanının Beypazarı'na göre daha yüksekte olduğu şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 6.2. Miyosen döneminde Beypazarı ve Sivrihisar havzaları arasında yorumlanan paleoyükselimi (Karakaş [66]'dan alınmıştır).

Beypazarı Havzası ve çalışma alanındaki sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde KAFS ile İEFS arasındaki tektonik rejimlerin kuzeyden güneye doğru Bolu'da, Beypazarı'nda ve çalışma alanında transpresyonel olduğu göz önünde bulundurulduğunda kinematik geçişin İEFS boyunca olduğu düşünülmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3.Çalışma alanı ve çevresindeki çalışmalar görülmektedir. Siyah çerçeveli alan çalışma alanını temsil etmektedir. Çalışma KAFS ve İEFS arasındaki kinematik verilerin aynı olduğu görülebilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Göncüoğlu, M.C., Türkiye Jeolojisine giriş: Alpin ve Alpin öncesi tektonik birliklerin jeodinamik evrimi, *MTA Monografi Serisi*, No:5, Ankara, **2010**.
- [2] Okay, A.I., Distribution and characteristics of the northwest Turkish blueschists. In: The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean (ed. J.E. Dixon & A.H.F. Robertson), *Geological Society Special Publication*, 17, 455-466, **1984**.
- [3] Okay, A.I., Paragonite eclogites from Dabie Shan, China: Reequilibration during exhumation?, *Journal of Metamorphic Geology*, 13, 449-460. **1995**.
- [4] Okay, A.I., Tüysüz, O., Tethyan sutures of northern Turkey. In "The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine orogen" (eds. B. Durand, L. Jolivet, F. Horváth and M. Séranne), Geological Society, London, Special Publication, 156, 475-515, **1999**.
- [5] Okay, A.I., Tavşanlı Zonu: Anatolide-Torid Bloku'nun Dalma-Batmaya Uğramış Kuzey ucu, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 142, 195-226, **2011**.
- [6] Okay, A.I., Metamorphic belts in northwest Anatolia (in Turkish). In: Ketin Symposium Book, *Publication of the Geological Society of Turkey*, Ankara, 83-92, **1985**.
- [7] Okay, A.I., Harris, N.B.W. & Kelley, S.P., Exhumation of blueschists along a Tethyan suture in northwest Turkey. *Tectonophysics*, 285, 275-299, **1998**.
- [8] Özcan, A., Göncüoğlu, M.C., Turan, N., Uysal, Ş., Şentürk, K., Işık, A., Late Paleozoic Evolution of the Kütahya-Bolkardağ Belt, *METU Journal of Pure and Applied Sciences*, 21 (1-3), 211-220, **1988**.
- [9] Göncüoğlu, M. C., Distribution of Lower Palaeozoic Units in the Alpine Terranes of Turkey: paleogeographic constraints. In: Göncüoğlu, M.C. and Derman, A.S.(Eds), Lower Palaeozoic Evolution in northwest Gondwana, *Turkish Association of Petroleum Geologists Special Publication*, 3, 13-24, Ankara, **1997**.
- [10] Şengör, A.M.C., The North Anatolian Transform Fault: its age, offset and tectonic significance, *Journal of Geological Society*, London, 136, 269-282, **1979**.
- [11] Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241, **1981**.
- [12] McKenzie, D., Active tectonics of the Mediterranean Region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185, **1972**.
- [13] Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a key study. In: Biddle, K.T., Christie-Blick, N. (Eds.): Strike-slip Faulting and Basin Formation, *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Special Publications, 37, 227-264, **1985**.

- [14] Dewey, J.F., Hempton, M.R.S., 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: M.P. Coward and A.C. Ries, (Editors), Collision Tectonics. *Geological Society Special Publication*, 19, 3-36, **1986**.
- [15] Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., Geophysical and tectonic features of the Aegean arc, *Journal of Geophysical Research*, 76, 8517-8533, **1971**.
- [16] McKenzie, D., Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean Sea and surrounding regions, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 55, 217-254, **1978**.
- [17] Meulenkaamp J.E., Wortel W.J.R., Van Wamel, W.A., Spakman, W., and Hoogerduyn Strating, E., On the Hellenic subduction zone and geodynamic evolution of Crete in the late middle Miocene, *Tectonophysics*, 146, 203-215, **1988**.
- [18] Mart, Y., Woodside, J., Preface: Tectonics of the Eastern Mediterranean, *Tectonophysics*, 234, 1-3, **1994**.
- [19] Bozkurt, E., Neotectonics of Turkey – A synthesis, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30, **2001**.
- [20] Koçyiğit, A., Biga Yarımadası'nın yeni tektoniği: Biga fay sistemi, KB [Türkiye Neotectonics of Biga Peninsula: Biga fault system, NW Turkey], 62. *Türkiye Jeoloji kurultayı*, Ankara, Bildiri özleri kitabı, s. 42, **2009**.
- [21] Esat, K., Seyitoğlu, G., Neotectonics of North Central Anatolia: a strike-slip induced compressional regime, *Tectonic Crossroads: Evolving Orogens of Eurasia-Africa Arabia*, Middle East Technical University, Ankara, Abstracts, 38, **2010**.
- [22] Esat, K., *Ankara çevresinde Orta Anadolu'nun neotektoniği ve depremselliği*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2011**.
- [23] Esat K., Seyitoğlu G., Ecevitoglu B., Kaypak B., Abdüsselam Kıstırılmış Tektonik Kaması: KB Orta Anadolu'da daralma rejimiyle ilişkili bir Geç Senozoyik yapısı. *Yerbilimleri*, 38 (1), 33-56, **2017**.
- [24] Tunoğlu, C., Temel A., Gençoğlu H., Pliocene Ostracoda association and environmental characteristics of Sivrihisar (Eskişehir) area, Central Anatolia, Turkey, *12th International Ostracoda Symp., Ostracoda and Biostratigraphy (Ed. Riha, J.)*, 265-275, Belkama/Rotterdam, **1995**.
- [25] Gözler, M. Z., Cevher, F., Ergül, E., Asutay, H. J., *Orta Sakarya ve Güneyinin Jeolojisi*, MTA Rapor No. 9973, Ankara, **1996**.
- [26] Boyraz, S., *Mülk-Demirci yöresi (Eskişehir-Sivrihisar) Neojen (Üst Miyosen-Pliyosen) birimlerinin kil mineralojisi*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2004**.
- [27] Varol, B., Tekin, E., Ayyıldız, T., Karakaş, Z., Polatlı-Sivrihisar Neojen Baseni Gölsele Evaporitlerinin Sedimentolojisi, 58. *Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı*, 113-117, **2005**.
- [28] Karakaş, Ö., *Sivrihisar – Biçer civarı Neojen (Üst Miyosen – Pliyosen) Basenindeki Kil Parajenezlerinin Ortamsal Yorumu*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **2006**.

- [29] Karakaş, Z., Varol, B., Boyraz, S., Sivrihisar Kuzey Doğusundaki (Mülk-Demirci) Neojen yaşlı volkaniklerde kil mineralleşmesi, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 134, 1-16, **2007**.
- [30] Zeybek, B., *Porsuk Formasyonu (Pliyosen) Evaporitlerinin Jeokimyasal İncelemesi, Orta Sakarya Bölgesi, İç Anadolu*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **2007**.
- [31] Kırtıl, M., *Sazak ve Biçer Köyleri (GD Mihallıççık) civarı Neojen yaşlı evaporitik birimlerin sedimentolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, **2008**.
- [32] Yaltırak, C., Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings, *Marine Geology*, 190, 493-529, **2002**.
- [33] Ocakoğlu, F., A re-evaluation of the Eskişehir fault zone as a recent extensional structure in NW, Turkey, *Journal of Asian Earth Science*, 31, 2, 91-103, **2007**.
- [34] Özsayın, E., Dirik, K., Quaternary activity of the Cihanbeyli and Yeniceoba fault zones: İnönü-Eskişehir Fault System, Central Anatolia. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16, 471-492, **2007**.
- [35] Özsayın, E., Dirik, K., The role of oroclinal bending in the structural evolution of the Central Anatolian Plateau: Evidence from a regional changeover from shortening to extension, *Geologica Carpathica*, 62 (4), 345-359, **2011**.
- [36] Dirik, K., Erol O., Tuzgölü ve civarının tektonomorfolojik evrimi, Orta Anadolu-Türkiye. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği*, Özel Sayı 5, 27-46, **2003**.
- [37] Koçyiğit, A., The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill, structure, deformational mode, throw amount and episodic evolutionary history, SW Turkey. *Geodinamica Acta*, 18 (3-4), 167-208, **2005**.
- [38] Altunel, E., Barka, A., Neotectonic activity of Eskişehir fault zone between İnönü and Sultandere, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 41, 41-52, **1998**.
- [39] Şaroğlu, F., Emre, Ç., Doğa, A., Yıldırım, C., 2005. Eskişehir Fay Zonu ve Deprem Potansiyeli, *Eskişehir Fay Zonu ve İlişkili Sistemlerin Depremselliği Çalıştayı*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Bildiriler Kitabı, s. 11, **2005**.
- [40] Sağlam-Selçuk, A., Gökten Y.E., Neotectonic Characteristics of the İnönü-Eskişehir Fault System in the Kaymaz (Eskişehir) Region: Influence on the Development of the Mahmudiye-Çifteler-Emirdağ Basin, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 21, 521-545, **2012**.
- [41] Seyitoğlu, G., Ecevitoğlu, B., Kaypak, B., Güney, Y., Tün, M., Esat, K., Avdan, U., Temel, A., Çabuk, A., Telsiz, S., Uyar Aldaş, G., Determining the main strand of the Eskişehir strike-slip fault zone using subsidiary structures and seismicity: a hypothesis tested by seismic reflection studies, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 24, 1-20, **2015**.
- [42] Özden, S., Gündoğdu, E., Bekler, T., Interactions between Eurasian/African and Arabian plates: Eskişehir Fault, NW Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, 111, 349-362, **2015**.

- [43] Esat, K., Kaypak, B., Işık, V., Ecevitoğlu, B., Seyitoğlu, G., Eskişehir Fay Zonu'nun güneydoğu bölümünü oluşturan Ilıca kolu: Orta Anadolu'da sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir yapı. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 152, Ankara, **2016**.
- [44] Okay, A.I., Satır, M., Zattın, M., Cavazza, W., Topuz, G., An Oligocene ductile strike-slip shear zone: The Uludağ massif, northwest Turkey—Implications for the westward translation of Anatolia, *Geological Society of America Bulletin*, 120 (7/8), 893-911, **2008**.
- [45] Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. ve diğerleri, Türkiye Jeoloji Haritası, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını*, Ankara, Türkiye.
- [46] Whitney, D. L., Teyssier, C., Seaton, N. C. A., Fornash, K. F., Petrofabrics of high-pressure rocks exhumed at the slab-mantle interface from the “point of no return” in a subduction zone (Sivrihisar, Turkey), *Tectonics*, 33, 2315-2341, **2014**.
- [47] Altınlı, E., Geology of the northern portion of the Middle Sakarya River, *İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecmuası Serie B*, 41, 35-56, **1976**.
- [48] Altinel, D., Koçyiğit, A., Farinacci, A., Nicosia, U., Conti, M.A., Jurassic–Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of the southern part of north-western Anatolia, *Geologica Romana*, 28, 13-80, **1991**.
- [49] Kulaksız, S., Sivrihisar kuzeybatı yöresinin jeolojisi, *Yerbilimleri*, 8, 103-124, **1981**.
- [50] Gautier, Y., *Deformations et métamorphisme associés à la suture téthysienne en Anatolie Centrale (Région de Sivrihisar, Turquie)*, PhD Thesis, Paris-Sud Orsay, **1984**.
- [51] Monod O., Andrieux J., Gautier Y., Kienast, J.R., Pontides Turides relationships in the region of Eskişehir (NW Turkey), *Bulletin of the Technical University of İstanbul*, 44, 257-277, **1991**.
- [52] Kulaksız, S., Sivrihisar kuzeybatı yöresi eklojitleri, *Yerbilimleri*, 4, 89-94, **1978**.
- [53] Davis, P. B., Whitney, D. L., Petrogenesis of lawsonite and epidote eclogite and blueschist, Sivrihisar Massif, Turkey, *Journal of Metamorphic Geology*, 24 (9), 823-849, **2006**.
- [54] Davis, P. B., Whitney, D. L., Petrogenesis and structural petrology of high-pressure metabasalt pods, Sivrihisar, Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 156 (2), 217-241, **2008**.
- [55] Whitney, D. L., Davis, P. B., Why is lawsonite eclogite so rare? Metamorphism and preservation of lawsonite eclogite, Sivrihisar, Turkey, *Geology*, 34 (6), 473-476, **2006**.

- [56] Çetinkaplan, M., Candan, O., Oberhänsli, R., Bousquet, R., Pressure-temperature evolution of lawsonite eclogite in Sivrihisar; Tavsanlı Zone-Turkey, *Lithos*, 104 (1-4), 12-32, **2008**.
- [57] Okay, A.I., Whitney, L. D., Blueschists, Eclogites, Ophiolites and Suture Zones in Northwest Turkey: A Review and A Field Excursion Guide, *Ophioliti*, 35 (2), 131-172, **2010**.
- [58] Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, Ş., Yalınız, M.K., A geotraverse across Northwestern Turkey: tectonic units of the Central Sakarya region and their tectonic evolution, Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area (eds Bozkurt, E., Winchester, J. A., Piper, J. D. A.), *Geological Society of London*, Special Publications, 173, 139-162, **2000**.
- [59] Buisson, G., Leblanc M., Gold-bearing listwaenites (carbonatized ultramafic rocks) from ophiolite complexes; Centre Geologique Et Geophysique, *Université Des Sciences Et Techniques Du Languedoc*, Montpellier, France, **1985**.
- [60] Okay, A.I., Satır, M., Geochronology of Eocene plutonism and metamorphism in northeast Turkey: evidence for a possible magmatic arc, *Geodinamica Acta*, 19 (5), 251-266, **2006**.
- [61] Harris, N.B.W., Kelley, S.P. Okay, A.I., Postcollision magmatism and tectonics in northwest Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 117, 241-252, **1994**.
- [62] Altunkaynak, Ş., Collision-driven slab breakoff magmatism in northwestern Anatolia, Turkey, *Journal of Geology*, 115, 63-82, **2007**.
- [63] Karacık, Z., Yılmaz, Y., Pearce, J.A., Ece, Ö.I., Petrochemistry of the south Marmara granitoids, northwest Anatolia, Turkey, *International Journal of Earth Sciences*, 97 (6), 1181-1200, **2008**.
- [64] Sherlock, S., Kelley, S.P., Inger, S., Harris, N., Okay, A.I., ^{40}Ar - ^{39}Ar and Rb-Sr geochronology of high-pressure metamorphism and exhumation history of the Tavsanlı Zone, NW Turkey, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 137, 46-58, **1999**.
- [65] Akkiraz, M. S., Nazik, A., Özgen-Erdem, N., Üçbaş-Durak, S. D., Eosen Yaşlı Linyitli Dümrek Havzası'nın (Sivrihisar, Eskişehir) Mikropaleontolojik Özellikleri, *70. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özleri*, 10-14 Nisan 2017, Ankara, **2017**.
- [66] Karakaş, Z., *Ballıhisar-İlyaspasa (Sivrihisar-Eskişehir güneyi) yöresinin jeolojik, petrografik ve mineralojik incelenmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1992**.
- [67] Gençoğlu, H., İrkeç, T., *Ankara-Polatlı-Türktaciri sahasının maden jeolojisi*, MTA Rapor No. 9487, Ankara, **1994**.
- [68] Gençoğlu, H., *Eskişehir-Sivrihisar-Oglakçı Köyü sepiyolit sahasının ait maden jeolojisi*, MTA Rapor No. 9858, Ankara, **1996**.
- [69] Temel, A., Post-collisional Miocene alkaline volcanism in the Oglakçı region, Turkey. Petrology and geochemistry, *International Geology Review*, 43, 640-660, **2001**.

- [70] Müller, G.W., Die ostracoden des Golfes von neapel und angrenzenden Meeresabschnitte, Naples. Sta. Zool. Fauna Flora Golfes Neapel, Monographie, 31, 1-404, **1894**.
- [71] Koch, C.L., Deutschlands Crustaceen, *Myriapoden und Arachniden*, Ein Beitrag zur Deutschen Fauna, Heft 11, Regensburg, **1837**.
- [72] Jones, T.R., *Description of the Entomostraca of the Pleistocene beds of Newbury, Copford, Clacton, and Grays*, Ann Mag Nat Hist, ser 2, 6 : 25-28, **1850**.
- [73] Delvaux, D., Moeys, R., Stapel, G., Petit, C., Levi, K., Miroshnichenko, A., Ruzhich, V. and Sankov, V., Paleostress reconstructions and geodynamics of the Baikal region, Central Asia. Part II: Cenozoic rifting. In: Cloetingh, S., Fernandez, M., Munoz, J.A., Sassi, W., and Horvath, F. (Editors), Structural controls on sedimentary basin formation, *Tectonophysics*, 282, 1-38, **1997**.
- [74] Seyitoğlu, G., Işık, V., Gürbüz, E., Gürbüz, A., The discovery of a low-angle normal fault in the Taurus Mountains: the İvriz detachment and implications concerning the Cenozoic geology of southern Turkey, *Turkish Journal of Earth Science*, 26, 189-205, **2017a**.
- [75] Davis, G.H., Reynolds, S.J., Structural Geology of Rocks and Regions, Wiley, New York, **1996**.
- [76] Billings, M. P., Structural Geology, Prentice-Hall Geology Series, 606 s., **1972**.
- [77] Chan, M. A., Parry, W. T., Peterson, E U., Hall, C. M., $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and chemistry of manganese mineralization in the Moab and Lisbon fault systems, southeastern Utah, *Geology*, 29, 331-334, **2001**.
- [78] Keller, E. A., Pinter, N., Active tectonics: Earthquakes, uplift, and landscape. New Jersey, USA NJ: Prentice Hall, **2002**.
- [79] Bull, W. D., McFadden, L., Tectonic geomorphology North and South of the Garlock fault, California. In: Dohering DO, editor. Geomorphology in Arid Regions, *Geomorphology*, State University of New York, Binghamton, 115-138, **1977**.
- [80] Hancock, P.L., Chalmes, R.M.L., Alunel. E., Çakır Z., Travitronics: using travertines in active fault studies, *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916, **1999**.
- [81] Gudmundsson, J.T., Notes on the electron excitation rate coefficients for argon and oxygen discharge, Department of Electrical and computer engineering, University of Iceland, **2002**.
- [82] Uysal, I.T., Mutlu, H., Altunel, E., Karabacak, V., Golding, S.D., Clay mineralogical and isotopic (K-Ar, $\delta^{18}\text{O}$, δD) constraints on the evolution of the North Anatolian Fault Zone, Turkey, *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 181-194, **2006**.
- [83] Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Eskişehir (NJ 36-1) Paftası, Seri No:15, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, Türkiye, **2011a**.

- [84] Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., 1:250000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları Serisi, Ankara (NJ 36-2) Paftası, Seri No:20, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara, Türkiye, **2011b**.
- [85] Reilinger, R.E., McClusky, S.C., Oral, M.B., King, R.W., Toksöz, M.N., Barka, A.A., Kınık, I., Lenk, O., Şanlı, I., Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, *Journal of Geophysical Research Solid Earth*, 102 (B5), 9983-9999, **1997**.
- [86] Kandilli Rasathanesi, B.Ü. Kandilli Rasathanesi Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, Deprem Sorgulama Sistemi, <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/>, (Eylül, **2017**).
- [87] AFAD, Afet İşleri daire Başkanlığı, Deprem Dairesi, <https://deprem.afad.gov.tr/>, (Eylül, **2017**).
- [88] MTA, Kuzey Batı Anadolu'nun Kabuk Yapısının Jeofizik Yöntemlerle Araştırılması, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlığı, TÜBİTAK Projesi haritaları, <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/105G145-tubitak-haritalari> (Ocak, **2018**).
- [89] Karakaş, Z., Varol, B., *Babadat-Mülk Yöresi (Eskişehir-Sivrihisar) Civarı Neojen Birimlerindeki Kil Mineralleşmesi ve Bunların Mineralojik ve Jeokimyasal İncelenmesi*, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Raporu, Ankara, **2005**.
- [90] Güngör-Yeşilova, P., Tekin, E., Polatlı-Sivrihisar Neojen Havzası Üst Miyosen Evaporitlerinin Jeokimyasal ve Jeostatistiksel İncelenmesi (Demirci Köyü, KD Sivrihisar-İç Anadolu), *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 50, 2, **2007**.
- [91] Koçyiğit, A., An example of an accretionary forearc basin from northern Central Anatolia and its implications for the history of subduction of Neo-Tethys in Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 103, 22-36, **1991**.
- [92] Koçyiğit, A., Türkmenoglu A., Beyhan A., Kaymakçı N. and Akyol, E., Postcollisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankiri segment of İzmir-Ankara- Erzinçan suture zone (IAESZ): Ankara orogenic phase, *TPJD Bülteni*, 6 (1), 69-86, **1995**.
- [93] Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karakus, K., Fodor, L., Araz, H., Karadenizli, L., Does continuous compressive tectonic regime exist during Late Paleogene to Late Neogene in NW central Anatolia, Turkey? Preliminary observations, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 6, 77-83., **1997**.
- [94] Yürür M.T., Temel A., Köse O., Evidences of extensional tectonics at the southern boundary of the Galatean Volcanic Province, NW central Anatolia, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 45 (1), 85-98, **2002**.
- [95] Gökten, E., Demirtaş, R., Özaksoy, V., Herece, E., Varol, B., Temiz, U., Faulting and Stress Distribution in the Bolu Pull-apart Basin (North Anatolian Fault Zone, Turkey): The Significance of New Dates Obtained from the Basin Fill, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 1-26, **2011**.

- [96] Barka, A., The North Anatolian fault, *Anneles Tectonicae*, 6, 164-195, **1992**.
- [97] Dirik, K., Akıl, B., ve Özsayın, E., Eskişehir-Sultanhanı Fay Sistemi'nin Sivrihisar-Cihanbeyli Kesimi'nin Özellikleri, Orta Anadolu-Türkiye, *Eskişehir Fay Zonu ve ilişkili Sistemlerin Depremsellliği Çalıştayı*, 28-30 Nisan 2005, Eskişehir, **2005**.
- [98] Akıl, B., *İnönü-Eskişehir Fay Sistemi'nin Günyüzü (Eskişehir) – Yeniceoba (Konya-Türkiye) Arasındaki Bölümünün Yapısal Evrimi*, Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Doktora Tezi, 126 s, **2008**.
- [99] Tuncer, A., *Kuşadası-Söke-Davutlar Bölgesi (Batı Anadolu) Neojen ve Kuvaterner Yaşlı Birimlerinin Ostrakod Biyostratigrafisi, Kronostratigrafisi ve Eskiortam Analizi*, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, **2013**.
- [100] Randot, J., *1/100.000 lik 39/2 (Güney kısmı) ve 39/4 nolu paftaların jeolojisi. Seben-Nallıhan-Beypazarı ilçeleri*, MTA Rapor no. 2517, Ankara, **1956**.
- [101] Kalafatçioğlu, A., Uysallı, H., Beypazarı-Nallıhan Seben civarının jeolojisi. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 62, 1-11, **1964**.
- [102] Kavuşan, G., Beypazarı-Çayırhan kömür havzası linyitlerinin yataklanmasında tektonizmanın önemi, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 2, 135-145, **1993**.
- [103] Yağmurlu, F., Helvacı, C., İnci, U., Geological setting and geometric features of the Beypazarı lignite deposits, Central Anatolia, Turkey, *International Journal of Coal Geology*, 10, 337-360, **1988**.
- [104] Demirci, C.Y., *Structural Analysis in Beypazarı-Ayaş-Kazan-Peçenek Area, NW of Ankara (Turkey)*. PhD thesis, Middle East Technical University, **2000**.
- [105] Seyitoğlu, G., Esat, K., Kaypak, B., One of the main neotectonic structures in the NW central Anatolia: Beypazarı Blind Thrust Zone and related fault-propagation folds [KB İç Anadolu'daki ana neotektonik yapılardan biri: Beypazarı Kör Bindirme Zonu ve ilişkili fay-ilerleme kıvrımları], *Bulletin of the Mineral Research and Exploration*, 154, 1-14, **2017b**.
- [106] Sibson, R. H., Fluid involvement in normal faulting, *Journal of Geodynamics*, 29, 469-499, **2000**.
- [107] Lawrence, S.R., Conford, C., Basin Geofluids, *Basin Research*, 7 (1), 1-7, **1995**.
- [108] Gutzmer, J., Beukes, J., Fault-Controlled Metasomatic Alteration of Early proterozoic Sedimentary Manganese Field, South Africa, *Economic Geology*, 90, 823-844, **1995**.
- [109] Henocque, O., Ruffet, G., Colin, F., Feraud, G., $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ dating of West African lateritic crytomelanes, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 62, 16, 2739-2756, **1998**.
- [110] Jordan D.B., Burges R., A Miocene Fault in South-East Ireland Revealed By ^{40}Ar - ^{39}Ar Dating of Hydrothermal Crytomelane, *Irish Journal of Earth Sciences*, 25, 55-61, **2007**.

- [111] Li, J.W. Vasconcelos, P., Zhang, W., Deng, X.D., Duzgoren-Aydin N., Yan D.R., Zhang J.Q, Hu M.A., Timing and duration of supergene mineralization at the Xinrong manganese deposit, western Guangdong Province, South China: cryptomelane $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, *Mineralium Deposita*, 42, 361-383, **2007**.



EKLER

EK-1: Fay Düzlemlerinde Oluşan Hidrotermal Killerin Yaşlandırma Çalışmaları

Killer, faylanma sırasında fay zonu içerisinde sirküle olan sıvıların var olan malzemeleri çözüp yeniden kristalleştirmesi veya killerin bu sıvıdan doğrudan çökmesiyle oluşur [82]. Bu killer illit türü olduğunda tabakalarının arasında bulundurduğu potasyum (K) sayesinde ^{87}Rb - ^{86}Sr , $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ veya $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ yaş tayinleri yapılarak akışkanların yaşı belirlenebilmektedir.

Fay boyunca meydana gelen fay hareketleri üzerine bir yaş tahmini elde edebilmek amacıyla faylanmayla ilişkili olarak gelişen killerinden örnek alınmıştır. Çalışma alanındaki faylardan 12 adet kil örneği alınmıştır.

Alınan örneklerin öncelikle illit miktarları belirlenmek üzere bazı işlemler uygulanmıştır. Alınan tane örnekler toz haline getirilmeden ezilmiştir. Ezilen örnekler saf suya konularak ultrasonik havuza yerleştirilmiştir (Şekil 1). Su içinde dağılan killer bekletilerek çökme yöntemi (Stock yasası) ile veya hızlı santrifüj ile $>2\ \mu\text{m}$ boyutundaki malzemelerden ayrılmıştır (Şekil 2). Süspansiyonda kalan kil malzemeleri cam lamelin üzerine dökülerek tabakalı killer çöktürülmüştür ve X-ışınlarından geçirilmiştir (Şekil 3).

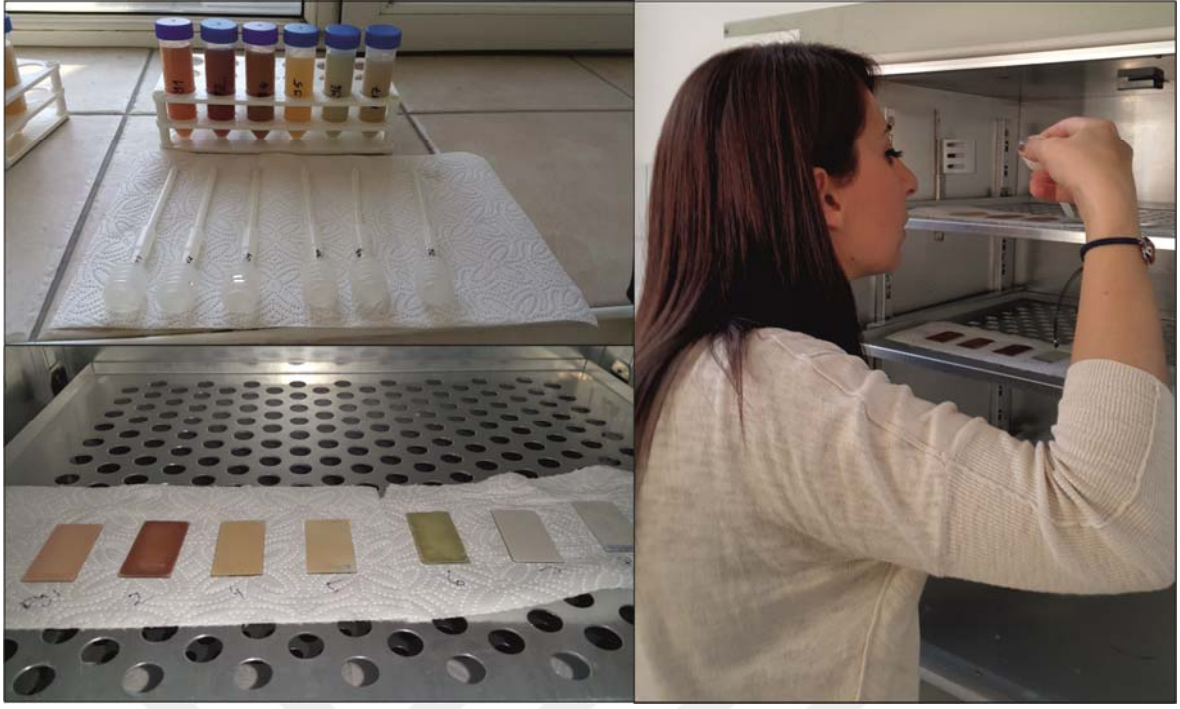
Yapılan XRD analizleri sonucuna göre illit miktarı fazla olan 9 adet örnekteki illit mineralleri 2-1, 1-0.5, 0.5-0.2, $<2\ \mu\text{m}$ olmak üzere farklı boyutlarda zenginleştirilmek istenmiştir. Ancak bazı örneklerdeki illit miktarı tarihlendirme çalışmaları için yeterli bulunmazken bazı örneklerde illitle birlikte bulunan simektit, tuz, sülfat, mika gibi mineraller illiti tutarak süsyansiyona geçmesine izin vermemiştir. Uzun süren laboratuvar çalışmalarıyla sadece iki örnek zenginleştirilebilmiştir. Sağlıklı yorum yapılamayacağı düşüncesiyle analizlere devam edilmemiştir.



Şekil 1. Ezilen örnekler saf suya konularak ultrasonik havuza yerleştirilir. Birbirine yapışan minerallerin titreşimle ayrılması sağlanır.



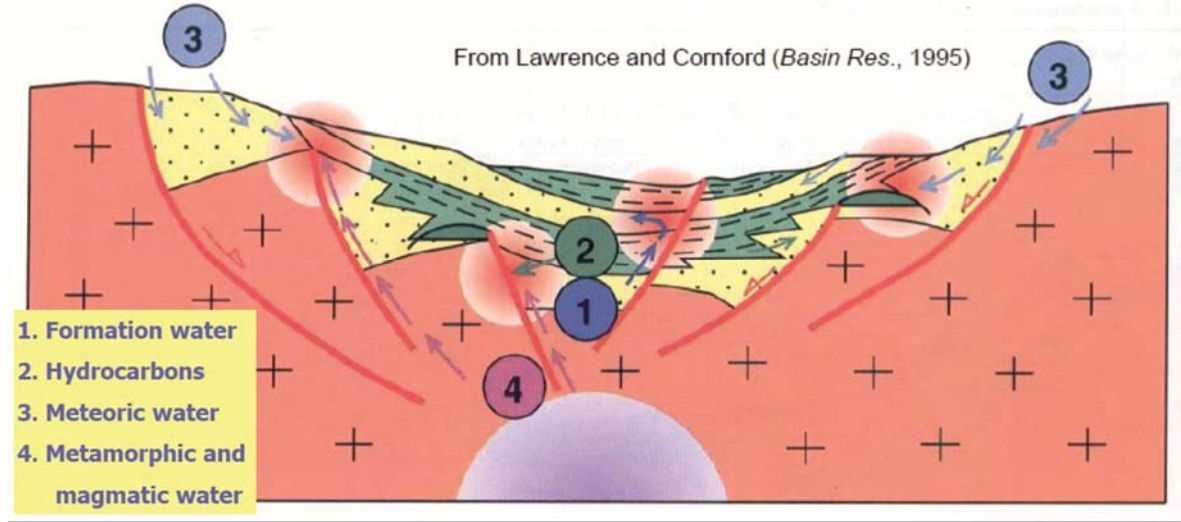
Şekil 2. Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında bulunan santrifüj.



Şekil 3. Süspansiyonda kalan kil malzemeleri cam lamelin üzerine dökülerek tabakalı killer çökeltilmiştir ve XRD analizlerine hazır hale getirilmiştir.

EK-2: Fay Düzlemlerinde Gelişen Mangan Mineralizasyonu İle İlgili Laboratuvar Çalışmaları

Derin çatlak sistemlerinde biriken sıvılar sismik hareketlerle hızla fay zonları boyunca dışarı atılır [106] (Şekil 4).



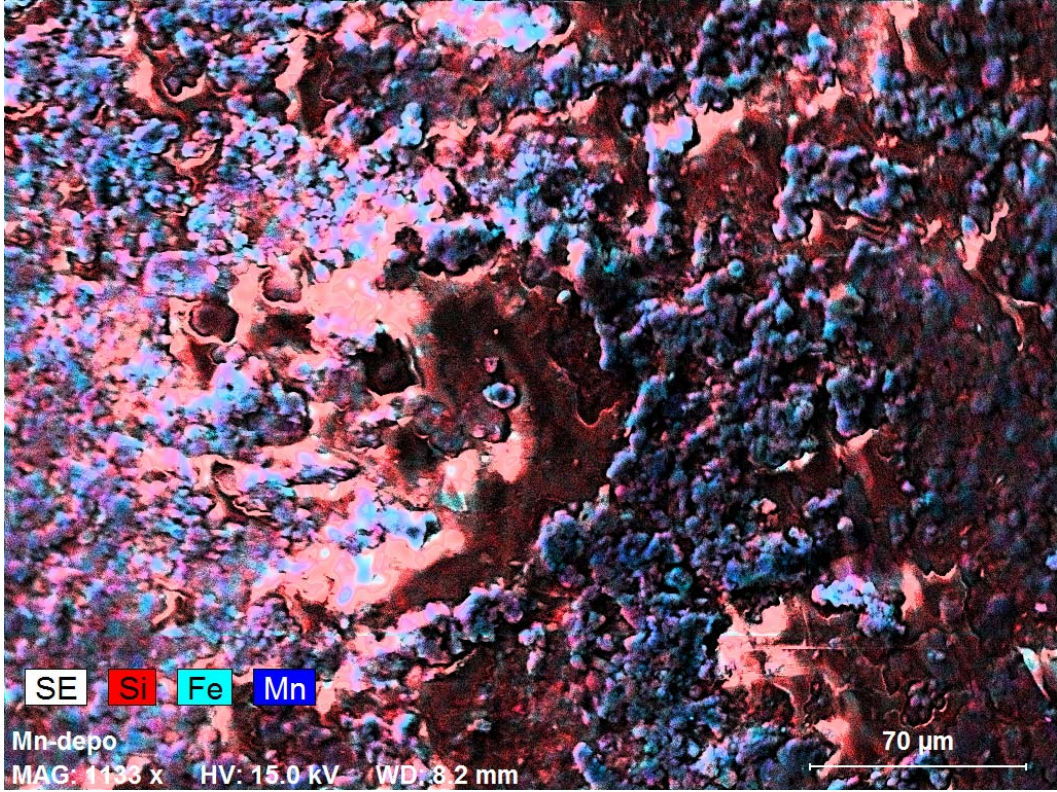
Şekil 4. Fay zonları boyunca gelişen sıvı sirkülasyonları ([107]'den alınmıştır.)

Bazı araştırmacılar hidrotermal Kriptomelan ($K(Mn^{+2}, Mn^{+4})_8O_{16}$)'ın içerisinde bulunan potasyum (K) sayesinde $^{87}Rb-^{86}Sr$, $^{39}Ar/^{40}Ar$ veya $^{40}K/^{40}Ar$ türü radyometrik yaş tayinleriyle yaşlandırılabilirliğini göstermişlerdir [108, 109, 77, 110, 111]. Faylanmayla eş yaşlı bu aktivitenin yaşlandırılması faylanmanın zamanını söyleyebilmesi açısından çok önemlidir.

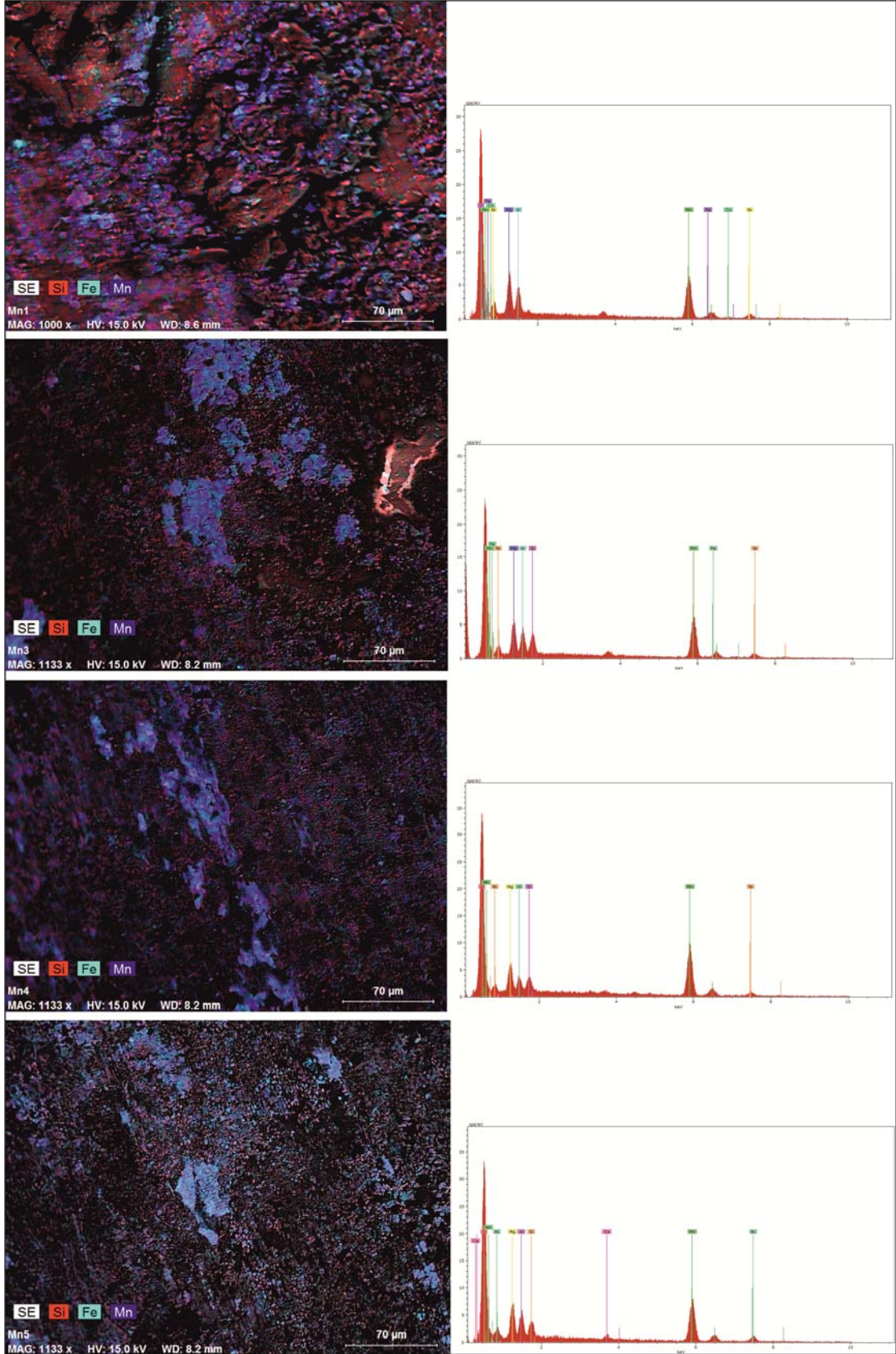
Çalışma alanında Mihaliçcik ve Diközü civarında yaygın olarak görülen mangan mineralizasyonundan daha önce bahsedilmişti (Bkz. bölüm 3.1.2.5). Fay düzlemlerinde sıvama olarak ve yan kayaçlarında da saçılım olarak görülen mangan mineralizasyonunun geliştiği düzlemlerden detaylı inceleme yapmak amaçlı örnekler alınmıştır (Şekil 5). Örnekler manganın türünü tespit edebilmek amacıyla taramalı elektron mikroskopunda (SEM) incelenmiştir (Şekil 6). Yapılan element analizi (EDS) ile örneklerin K içermediği yani Kriptomelan olmadığı görülmüştür (Şekil 6). Bu sebeple çalışmalara devam edilememiştir.



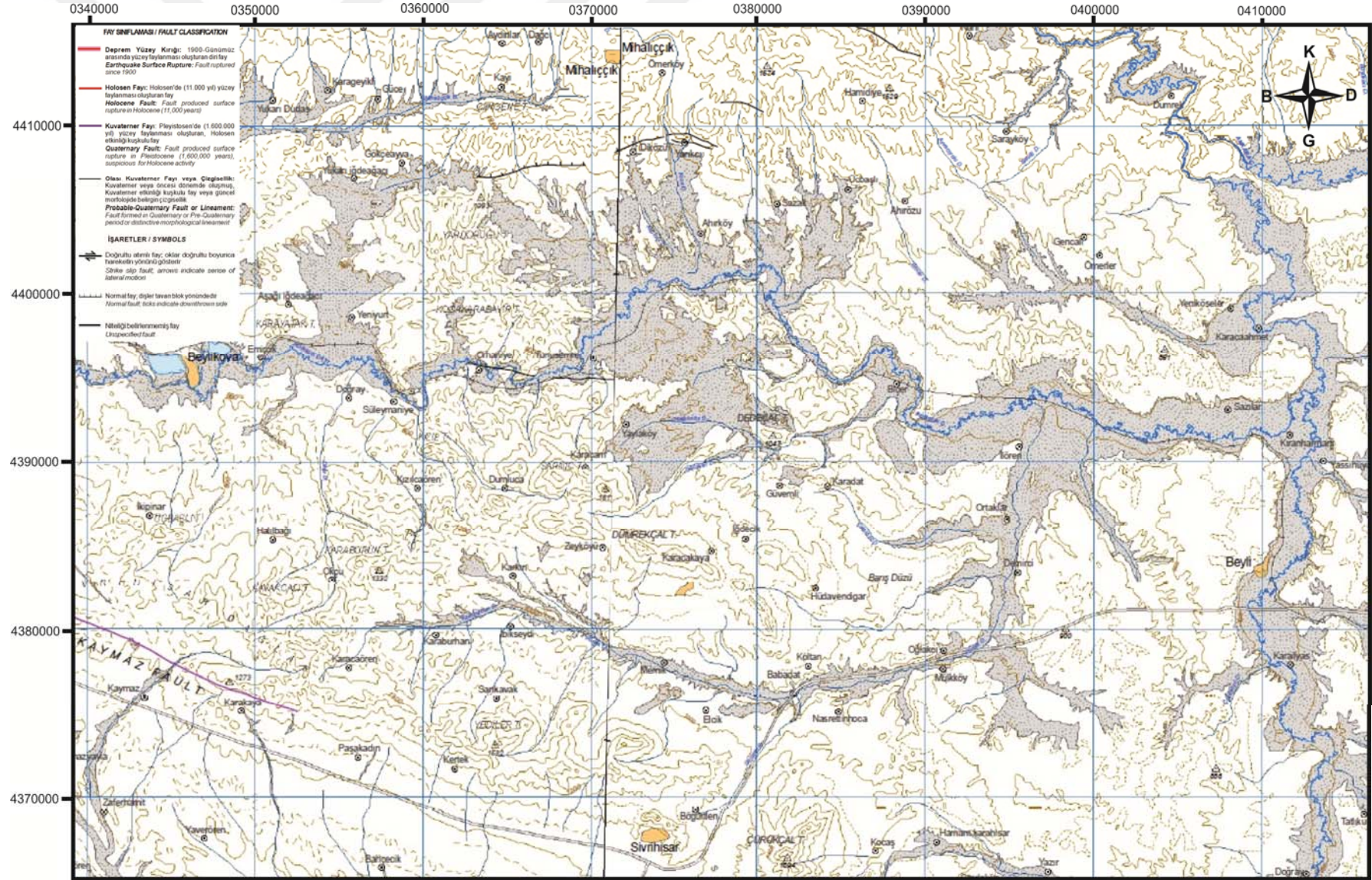
Şekil 5. Mangan sıvımalı fay düzlemlerine bir örnek.



Şekil 6. Mangan minerallerinin (mavi kısımlar) ana kayaç üzerinde depolandığını gösteren görüntü.



Şekil 8. Manganlı örneklerde yapılan element haritalama çalışmasında mavi renkli kısımlar Mn minerallerini göstermektedir. Her görüntünün sağındaki analizler o görüntüdeki Mn'lı kısımların içerdiği elementleri göstermektedir.



EK-3. Çalışma alanının diri fay haritası ([83, 84]'den alınmıştır.)

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Burcu Kahraman

Doğum Yeri : Ankara

Medeni Hali : Bekar

E-posta : bkahraman@hacettepe.edu.tr

Adresi : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beytepe kampüsü, 06800 Çankaya/Ankara

Eğitim

Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2003-2008)

Yüksek Lisans : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2008-2011)

Doktora : Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü (2011- 2018)

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce: İleri Seviye

İş Deneyimi

Hacettepe Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Araştırma Görevlisi (2008-)

Deneyim Alanları

Yapısal Jeoloji, Neotektonik

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

- Kuzey Anadolu ve İnönü-Eskişehir Fay Sistemleri İle Sınırlı Bölgenin Yapısal Geçiş Zonu Özellikleri, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi Destek Projesi, 19,793.00 TL

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

- Özsayın E., Kahraman B., and Tuncer A., 2015. Post-miocene Kinematic Transition in Western Central Anatolia: Preliminary Results. The World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium (WMESS 2015), Prague, Czech Republic. Abstract Collection Book, p. 14.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih:14/03/2018

Tez Başlığı: Mihalicçık ve Sivrihisar (Eskişehir, Türkiye) Arasında Kalan Bölgenin Neojen Yapısal Evrimi

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 110 sayfalık kısmına ilişkin, 14/03/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç ☒
- 3- 5 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

14/03/2018

Adı Soyadı: Burcu Kahraman
Öğrenci No: N10245771
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Doktora
Statüsü: ☐ Y.Lisans ☒ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

(Prof. Dr. R. Kadir Dirik)