DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ERCİYES FAYI'NIN AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ (ORTA ANADOLU FAY SİSTEMİ, TÜRKİYE)

İrem AVCU

Şubat, 2024

İZMİR

ERCİYES FAYI'NIN AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ (ORTA ANADOLU FAY SİSTEMİ, TÜRKİYE)

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Uygulamalı Jeoloji Programı

İrem AVCU

Şubat, 2024

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

İREM AVCU tarafından **PROF.DR. HASAN SÖZBİLİR** yönetiminde hazırlanan **"ERCİYES FAYI'NIN AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ (ORTA ANADOLU FAY SİSTEMİ, TÜRKİYE)"** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

.....

Prof.Dr. Hasan SÖZBİLİR

Danışman

.....	.....
Prof. Dr. Talip GÜNGÖR	Prof. Dr. Çağlar ÖZKAYMAK
Jüri Üyesi	Jüri Üyesi

Prof. Dr. Okan FISTIKOĞLU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

"Erciyes Fayı'nın Aktif Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri (Orta Anadolu Fay Sistemi, Türkiye)" başlıklı yüksek lisans tezi; Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP-2023) kapsamında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) sorumluluğunda yürütülmekte olan 2021-30-14-01 (01-5) özel numaralı "Türkiye Yerkabuğu Özellikleri ve Jeodinamiğinin Araştırılması Projesi" kapsamında desteklenmiştir. Bu çalışmaya olanak sağlayan MTA Genel Müdürlüğüne ve Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Proje çalışmaları dahilinde, tez sahasının seçiminden itibaren çalışmanın her aşamasındaki katkı ve desteklerinden dolayı MTA Proje Başkanı sayın Dr. Akın KÜRÇER'e teşekkürlerimi sunarım. Yoğun arazi ve büro çalışmalarındaki değerli desteklerinden dolayı Kamp Şefi Jeoloji Yüksek Mühendisi Munip Kutsal YILDIRGAN'a, proje de Jeoloji Yüksek Mühendisi olarak görev alan değerli arkadaşlarım Tayfun GÜLER ve Alper Süleyman CAN'a ve proje danışmanımız sayın Prof. Dr. Halil GÜRSOY'a (Cumhuriyet Üniversitesi) teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez çalışmasının konu seçiminden itibaren her aşamasında göstermiş olduğu sabır ve sağlamış olduğu destekten dolayı Tez Danışman'ım sayın Prof. Dr. Hasan SÖZBİLİR'e (Dokuz Eylül Üniversitesi) sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Jeoloji Mühendisi olma yolunda ilk adımı attığım günden itibaren maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen değerli ailem babam Ali AVCU'ya, annem Müşerref VAROL AVCU'ya ve kardeşim Dilay AVCU'ya teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

İrem AVCU

ERCİYES FAYI'NIN AKTİF TEKTONİK VE PALEOSİSMOLOJİK ÖZELLİKLERİ (ORTA ANADOLU FAY SİSTEMİ, TÜRKİYE)

ÖZ

Orta Anadolu Fay Sistemi, Anadolu Bloğu'nun içsel deformasyonunda önemli bir yere sahip olup, kuzeydoğudan güneybatıya doğru sırasıyla sol yanal doğrultu atımlı Deliler Fayı, çoğunlukla normal bileşenli Kayseri bölgesi diri fayları ve sol yanal doğrultu atımlı Ecemiş Fayı ile temsil olunur.

Erciyes Fayı, Erciyes Stratovolkanı'nın ana çıkış merkezi olan Erciyes Dağı'nı ve Ali Dağı ve Lifos Tepe gibi parazit volkan konilerini kesen, 56 km uzunluğunda, K35ºD genel doğrultusuna sahip ve kuzeybatıya eğimli normal ya da sol yanal doğrultu atım bileşenli normal fay parçalarından oluşan aktif bir yapıdır. Erciyes Fayı'nın üretebileceği maksimum deprem büyüklüğü 7,17 Mw, en büyük yer değiştirme 3,03 metre, ortalama yer değiştirme miktarı ise 1,17 metre olarak hesaplanmıştır. Paleosismolojik hendek çalışmalarına göre, Erciyes Fayı üzerinde son 27000 yıldan günümüze en az üç deprem meydana gelmiş en son depremden günümüze kadar yaklaşık 15000 yıl geçmiştir. Hendeklerde, volkanik etkinliği temsil eden tefra seviyeleri ve bu seviyeleri kesen fayların bir arada görülmesi, Erciyes Fayı'nın tarihsel dönemlerde Erciyes Volkanizması'na eşlik ettiğine işaret etmektedir. 2.73±08 milyon yıl yaşlı Valibaba ignimbiritindeki 273 metre düşey yer değiştirme miktarına göre, fayın uzun dönem yıllık kayma hızı 0,01 mm olarak hesaplanmıştır. Son depremden günümüze kadar geçen yaklaşık 15000 yılda 0,01mm/yıl'lık kayma hızı dikkate alındığında, 1,5 metre düşey atım meydana getirebilecek Mw 7,34 büyüklüğünde bir depremin yamulma enerjisinin biriktiği değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Erciyes Fayı'nın Aktif Tektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, Erciyes Fayı, Orta Anadolu Fay Sistemi, Kayseri, Erciyes Çek-Ayır Havzası, Deprem, Paleosismoloji.

ACTIVE TECTONIC AND PALEOSESIMOLOGICAL FEATURES OF THE ERCIYES FAULT (CENTRAL ANATOLIAN FAULT SYSTEM, TURKEY)

ABSTRACT

The Central Anatolian Fault System has an important place in the internal deformation of the Anatolian Block and is represented by the left-lateral strike-slip Deliler Fault, Kayseri region active faults that has mostly normal component and the left-lateral strike-slip Ecemiş Fault from northeast to southwest, respectively.

The Erciyes Fault is an active fault consisting of normal or left-lateral strike-slip component normal fault segments with a length of 56 km, a general direction of N35ºE, and inclined to the northwest, cutting Erciyes Mountain, which is the main outlet center of the Erciyes Stratovolcano, and parasitic volcano cones such as Ali Mountain and Lifos Tepe. The maximum earthquake magnitude that the Erciyes Fault can produce is calculated as 7.17 Mw, the largest displacement is 3.03 meters, and the average displacement is 1.17 meters. According to paleoseismological trench studies, at least three earthquakes have occurred on the Erciyes Fault in the last 27000 years and approximately 15000 years have passed since the last earthquake. The coexistence of tephra levels representing volcanic activity in the trenches and the faults cutting these levels indicate that the Erciyes Fault accompanied the Erciyes Volcanism in historical periods. According to the 273-meter vertical displacement amount in the 2.73±08 million-year-old Valibaba ignimbrite, the long-term annual slip rate of the fault was calculated as 0.01 mm. Considering the slip rate of 0.01 mm/year in the approximately 15000 years since the last earthquake, it is considered that the strain energy of an earthquake with a magnitude of Mw 7.34, which could create a vertical slip of 1.5 meters, has accumulated.

Keywords: Active Tectonic and Paleoseismological Features of the Erciyes Fault, Erciyes Fault, Central Anatolian Fault System, Kayseri, Erciyes Pull-Apart Basin, Earthquake, Paleoseismology.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
ŞEKİLLER LİSTESİ ix
TABLOLAR LİSTESİ xii

BÖLÜM BİR - GİRİŞ 1

1.1. Çalışma Alanı 5
1.2. Yöntemler 7
1.3. Önceki Çalışmalar 17

BÖLÜM İKİ - STRATİGRAFİ 26

2.1. Kaya Birimleri 26
2.1.1. Kırşehir Masifi 26
2.1.2. Toros İstifleri 27
2.1.2.1. Yahyalı İstifi 27
2.1.2.2. Aladağ Birliği 28
2.1.3. Ofiyolitik kayalar 29
2.1.4. Orta Anadolu Granitoyidleri 29
2.1.5. Örtü Birimleri 30

BÖLÜM ÜÇ - TEKTONİZMA 34

3.1. Tektonik Çatı 34
3.2. Jeodezik Veriler 39

BÖLÜM DÖRT – SİSMOLOJİK VERİLER 41

4.1. Tarihsel Dönem Depremler 41
4.2. Aletsel Dönem Depremler 47

BÖLÜM BEŞ – YAPISAL JEOLOJİ 54

5.1. Erciyes Fayı: Tanım 54
5.2. Kayma Hızı 57
5.3. Kinematik Analiz 61

BÖLÜM ALTI - PALEOSİSMOLOJİ 69

6.1. Melikgazi Hendeği 74
6.1.1. Yer Seçimi 76
6.1.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler 76
6.1.3. Tarihlendirme 78
6.1.4. Paleosismolojik Yorum 80
6.2. Gesi Hendeği 84
6.2.1. Yer Seçimi 86
6.2.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler 86
6.2.3. Tarihlendirme 86
6.2.4. Paleosismolojik Yorum 89
6.3. Melikgazi ve Gesi Hendeklerinin Karşılaştırılması 93

BÖLÜM YEDİ – DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR 98

KAYNAKLAR 102

EKLER 114

EK-1: Kayseri ve çevresinin jeoloji haritası 114
EK-2: Erkilet kuzeyinden Gesi güneydoğusuna doğru KB-GD doğrultusunda alınan A-A' jeolojik enine kesit. 115
EK-4: İncesu kuzeybatısından Develi kuzeyine doğru KB-GD doğrultusunda alınan C-C' jeolojik enine kesit. 117
EK-5: Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. 118
EK-6: Gesi Hendeği'nin Kuzeydoğu Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu 119

EK-7: Gesi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu 120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki başlıca tektonik yapılar neotektonik bölgeler. 4

Şekil 1.2. Kayseri ve yakın çevresinin diri fayları 6

Şekil 2.1. Kayseri ve çevresinin jeoloji haritası 33

Şekil 3.1. Doğu Afrika Rifti'nin oluşumuna neden olan manto sorgucu ve manto yükselimini gösteren kurgusal sismotomografik kesit 35

Şekil 3.2. Arap-Anadolu-Ege Sisteminin tektonik evrimini yansıtan dört evre 37

Şekil 4.1. Kayseri ve çevresinin diri fay haritası ve tarihsel dönem depremleri..... 46

Şekil 4.2. Kayseri ve çevresinin diri fay haritası ve aletsel dönem depremleri 53

Şekil 5.1. Erciyes Fayı'nın diri fay haritası..... 55

Şekil 5.2. Erciyes Fayı'nın üç boyutlu jeoloji haritası 56

Şekil 5.3. Erkilet kuzeyinden Gesi güneydoğusuna doğru doğrultusunda alınan A-A' jeolojik enine kesit..... 58

Şekil 5.4. Oymaağaç güneybatısı Melikgazi güneyine doğru doğrultusunda alınan B-B' jeolojik enine kesit 59

Şekil 5.5. İncesu kuzeybatısından Develi kuzeyine doğru doğrultusunda alınan C-C' jeolojik enine kesit..... 60

Şekil 5.6. Gesi – Ağırnas yol yarmasında, alt Pliyosen yaşlı Çatakdere tüfünü ve ignimbiritleri (Tplç) kesen ve bir dizi normal fay ile temsil olunan Erciyes Fayı 62

Şekil 5.7. Gesi Hendeği'nde alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesen ve saf normal faylanma karakteri sunan Erciyes Fayı..... 63

Şekil 5.8. Melikgazi Hendeği alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesen ve saf normal faylanma karakteri sunan Erciyes Fayı. 64

Şekil 5.9. Alidağı kuzeyindeki bir inşaat yarmasında, alt Pliyosen yaşlı Başakpınar tüfünü (Tplb) kesen ve bir dizi normal fay ile temsil olunan Erciyes Fayı. 65

Şekil 5.10. Erciyes Fayı boyunca fay düzlemi kayma noktaların diri fay haritasındaki konumları ve fay düzlemi kayma verilerinin eş alan alt yarımküresine izdüşümü 68

Şekil 6.1. Kayseri yöresi diri fay haritası ve hendek yerlerini gösteren harita. Diri faylar 72

Şekil 6.2. Erciyes Fayı üzerinde, toprak alınan Melikgazi yarması ve bu çalışma kapsamında paleosismolojik hendek duvarına dönüştürülen Melikgazi Hendeği. 75

Şekil 6.3. Melikgazi Hendeği'ni stratigrafik ve yapısal özelliklerini gösteren fotoğraf 77

Şekil 6.4. Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. 82

Şekil 6.5. Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na gözlenen kültür katı. 83

Şekil 6.6. Gesi hendek alanında bir kısmı açığa çıkmış olan Erciyes Fayı üzerinde kazılan Gesi Hendeği. 85

Şekil 6.7. Gesi Hendeği'nin stratigrafik ve yapısal özelliklerini gösteren fotoğraf. . 88

Şekil 6.8. Gesi Hendeği'nin Kuzeydoğu Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. Ek-6'da sunulmuştur. 91

Şekil 6.9. Gesi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. Ek-7'de sunulmuştur. 92

Şekil 6.10. Melikgazi ve Gesi hendeklerinde tanımlanan tarihlendirilen depremlerin karşılaştırması 96

Şekil 6.11. Melikgazi ve Gesi hendeklerinden elde edilen 14C yaşlarının OxCal 3.10 yazılımı kullanılarak kalibre edilmesiyle oluşturulan olasılıksal dağılımı grafiği 97

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1. Kayseri ve çevresindeki tarihsel dönem depremleri 44

Tablo 4.2. Kayseri ve çevresinde meydana gelen M>4,0 aletsel dönem depremleri 48

Tablo 5.1. Erciyes Fayı boyunca ölçülen fay düzlemi kayma verileri. 66

Tablo 6.1. Hendeklerden derlenen örneklerin Radyokarbon tarihlendirme sonuçları. 73

Tablo 6.2. Hendeklerden derlenen örneklerin OSL tarihlendirme sonuçları. 74

Tablo 6.3. Erciyes Fayı üzerinde kazılan Melikgazi ve Gesi Hendekleri tespit edilen depremlerin Calib radyokarbon kalibrasyon programı. 93

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

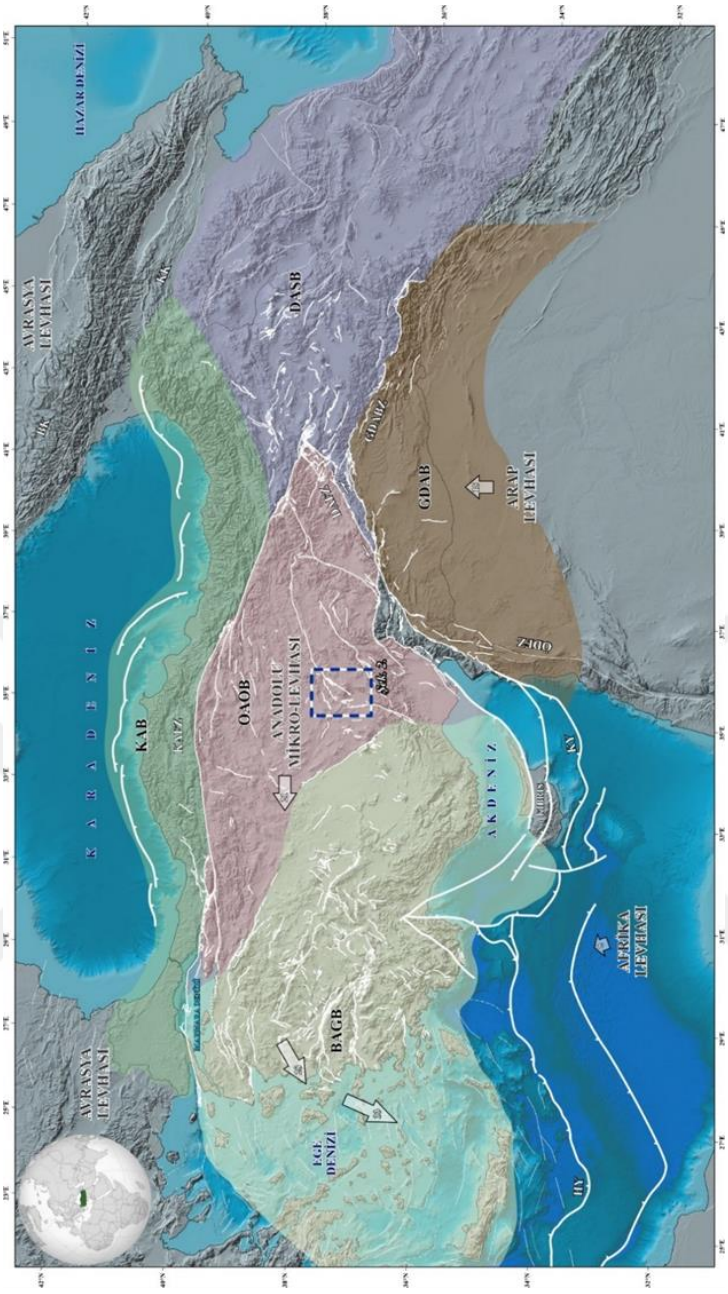
Güneydeki Afrika ve Arabistan levhaları ile kuzeydeki Avrasya levhası arasında yer alan Neotetis Okyanusu'nun Kuzey Kolu'nun orta-üst Miyosen'de kapanması ile başlayan kıtasal çarpışma ve devamındaki jeodinamik olaylar, Anadolu'yu da kapsayan Doğu Akdeniz bölgesinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ), Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ) ve aktif bir yitim zonu olan Ege-Kıbrıs Dalma-Batma Zonu ile birbirlerinden ayrılan ana neotektonik bölgelerin gelişimini sağlamıştır (McKenzie, 1972, 1978; Şengör, 1980; Jackson ve McKenzie, 1984; Şengör ve diğerleri, 1985; Taymaz ve diğerleri, 1991; LePichon, ve diğerleri, 1995; Armijo ve diğerleri, 1999; Bozkurt, 2001). Bunlar; Kuzey Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Orta Anadolu Ova Bölgesi ve Batı Anadolu Graben Bölgesi olarak adlandırılmaktadır (Şengör ve diğerleri, 1985; Şekil 1.1.). Anadolu'nun doğusundaki bu kıtasal çarpışma, KAFZ ve DAFZ ile sınırlandırılmış olan Anadolu Mikrolevhası'nın, bu iki doğrultu atımlı fay zonu boyunca yılda ortalama 20 mm hızla batıya doğru hareket etmesine neden olmuştur (Şekil 1.1; McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve diğerleri, 1985). Anadolu Mikrolevhası'nın batıya doğru hareketli, Ege Denizi'nin güneyinde, Ege Yayı boyunca kuzeye doğru dalan Afrika okyanusal litosferi tarafından karşılanmakta ve bu durum günümüzde GB Anadolu'da saatin tersi yönünde bir rotasyona neden olmaktadır (Şengör, 1980; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve diğerleri, 1985; Reilinger ve diğerleri, 1997).

Doğu Akdeniz bölgesindeki, kıtasal çarpışma, yay gerisi genişleme, kaçış tektoniği, aktif tektonizma ve aktif volkanizma gibi jeodinamik olaylar; yaklaşık 30-33 milyon yıl önce Etiyopya'nın (Doğu Afrika) altında başlayan manto yükselimine bağlı olarak Doğu Afrika riftinin oluşumu ve devamında üst manto malzemesinin kuzeye doğru akışı ile yakın ilişkilidir (Faccenna ve diğerleri, 2013). Oligosen'de Etiyopya'nın (Doğu Afrika) altında başlayan manto yükselimi (Hofmann ve diğerleri, 1997) ve Doğu Afrika riftinin oluşumu (Ghebreab, 1998) ile başlayan süreç, devamında, üst manto malzemesinin kuzeye doğru sırasıyla Aden Körfezi,

Kızıldeniz, Ölü Deniz rifti üzerinden Anadolu'nun güneydoğusuna akışı ile devam etmiştir (Faccenna ve diğerleri, 2013). Anadolu'nun güneydoğusuna ulaşan manto malzemesinin bir bölümü, Doğu Anadolu volkanizmasını oluşturacak şekilde, Doğu Anadolu'nun altından Ermenistan ve Kafkasya'ya kadar uzanmaktadır (Ershov ve Nikishin, 2004; Keskin, 2005, 2007; Faccenna ve diğerleri, 2013). Üst manto malzemesinin bir bölümü ise Engizek Dağları'nın bulunduğu bölgeden batıya doğru, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'nin bulunduğu alana doğru yönelmiştir (Faccenna ve diğerleri, 2013). Orta Anadolu bölgesinde, üst kabuğun üst manto malzemesi tarafından zorlanması; çoğunluğu aktif fayların rahatlama alanlarına karşılık gelen bölgelerde yoğunlaşacak şekilde Erciyes, Hasandağı, Melendiz, Keçiboyduran, Keçikalesi gibi volkanik komplekslerin yüzeylemesine neden olmuştur (Faccenna ve diğerleri, 2013). Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS), uzanımı boyunca çoğunlukla İç Torid Kenet Kuşağı'nı izlediği için, paleotektonik bir yapının neotektonik dönemde yeniden aktivite kazanması şeklinde tanımlanan kaim bir yapı olarak değerlendirilmektedir (Arpat ve Şaroğlu, 1972). Orta Anadolu Fay Sistemi'nin Deliler Fayı ve Ecemiş Fayı arasında kalan genişlemeli sıçrama alanı aynı zamanda, İç Torid Kenet Kuşağı boyunca, Anatolid-Torid Bloğu ile Kırşehir Masifi'nin çarpışma alanıdır (Okay ve Tüysüz, 1999). Deliler Fayı boyunca K70ºD doğrultusunda Kırşehir Masifi'ne ulaşan OAFS, bu alanda Kırşehir Masifi'nin bir bariyer gibi davranması nedeniyle sola doğru sıçrayarak 50ºlik bir açısal dönme ile Ecemiş Fayı üzerinden güneybatıya doğru ilerlemiştir. Üst kabuk altındaki manto malzemesinin zorlamasının, iki ana fayın sıçrama alanına denk geldiği bölgede önce Erciyes Çek-Ayır Havzası, devamında Erciyes Stratovolkanı ve izleyen süreçte de bu volkanik kompleksin ürünlerini kesen aktif faylar gelişmiştir.

Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Kayseri ve çevresi, Orta Anadolu Ova Bölgesi'nde yer almaktadır. Bu bölgenin en belirgin aktif yapıları KD-GB ve KB-GD doğrultulu faylardır. Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS) (Emre ve diğerleri, 2013) ya da Orta Anadolu Fay Sistemi (Koçyiğit ve Beyhan, 1998) bölgedeki en önemli kıta içi aktif doğrultu atımlı fay sistemi olup, kuzeydoğuda Deliler Fayı, orta bölümde Erciyes yöresi diri fayları ve güneybatıda Ecemiş Fayı ile temsil olunan, toplam 450 km uzunluğunda, sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemidir (Şekil

1.2). OAFS'nin kuzey bölümünü oluşturan Deliler Fayı K70ºD doğrultulu, doğudan batıya doğru sırasıyla Tecer Segmenti, Dökmetaş Segmenti, Sarıoğlan Segmenti ve Bünyan Segmenti'nden oluşan, toplam 204 km uzunluğunda, sol yanal doğrultu atımlı bir faydır (Emre ve diğerleri, 2013). OAFS'nin güney bölümünü oluşturan Ecemiş Fayı ise K20ºD doğrultulu ve kuzeyden güneye doğru sırasıyla Demirkazık ve Pozantı segmentlerinden oluşan toplam 109 km uzunluğunda sol yanal doğrultu atımlı aktif bir faydır (Emre ve diğerleri, 2013). İki ana doğrultu atımlı fayın sola sıçrama yaptığı alanda gelişmiş olan Erciyes Çek-Ayır Havzası dolayında yoğunlaşan Kayseri yöresi diri fayları ise bu yersel genişlemeli tektonik rejime uygun olarak normal ya da sol yanal doğrultu atım bileşenli normal faylar ile karakteristiktir (Şekil 1.2).



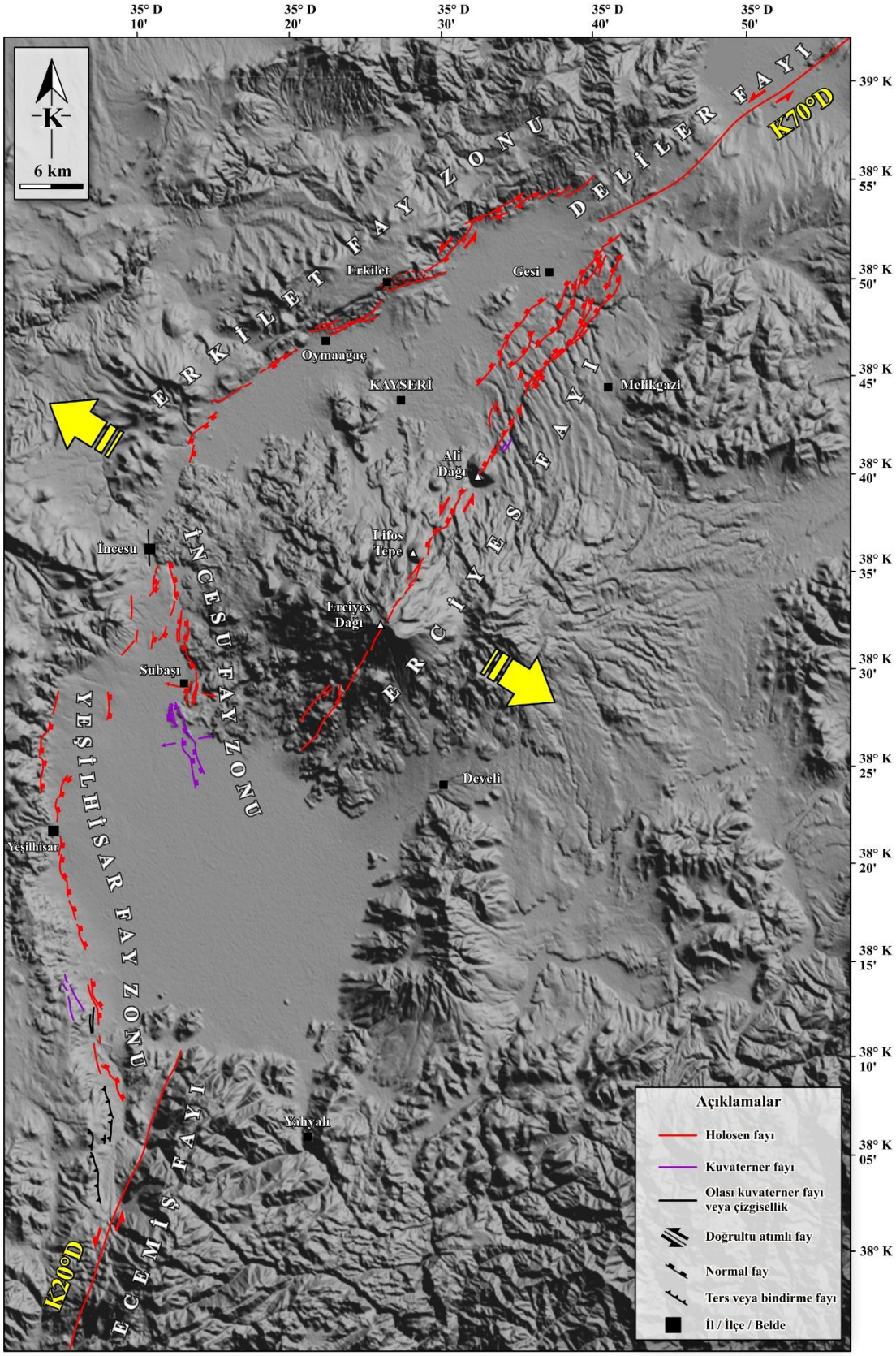
Şekil 1.1. Doğu Akdeniz Bölgesi'ndeki başlıca tektonik yapılar ve neotektonik bölgeler. Türkiye'deki aktif faylar Emre ve diğerleri (2013)'ten, Türkiye çevresindeki aktif faylar Duman ve diğerleri (2018) ve kaynaklarından sadeleştirilmiş ve Neotektonik bölgeler Şengör ve diğerleri (1985)'ten alınmıştır. Küresel Konumlama Sistemi (GPS) verileri Reilinger ve diğerleri, 2006'dan alınmıştır. HY: Helen Yayı, KY: Kıbrıs Yayı, ÖDFZ: Ölü Deniz Fay Zonu, DAFZ: Doğu Anadolu Fay Zonu, KAFZ: Kuzey Anadolu Fay Zonu, GABZ: Güneydoğu Anadolu Bindirme Zonu, PD: Pontid Dikliği, KK: Küçük Kafkaslar, BK: Büyük Kafkaslar, BAGB: Batı Anadolu Graben Bölgesi, OAOB: Orta Anadolu Ova Bölgesi, DASB: Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, KAB: Kuzey Anadolu Bölgesi, PFKZ: Palmira Fay ve Kıvrım Zonu. Oklar levha hareket yönlerini göstermektedir. Sayısal Yükseklik Modeli GEBCO Compilation Group (2023) GEBCO 2023 Grid kullanılmıştır.

1.1. Çalışma Alanı

Çalışmanın ana konusunu oluşturan Erciyes Fayı, Kayseri yöresi diri fayları, Deliler ve Ecemiş Fayı ile birlikte 450 km uzunluğundaki sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemi olan Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS)'yi oluşturmaktadır (Şekil 1.2). OAFS'nin kuzey bölümünü oluşturan Deliler Fayı K47-73D uzanımlı, 204 km uzunluğunda sol yanal doğrultu atımlı bir faydır. Fay 4 farklı segmentten oluşmaktadır. Bu segmentler doğudan batıya doğru; Tecer Segmenti, Dökmetaş Segmenti, Sarıoğlan Segmenti ve Bünyan Segmenti'dir (Emre ve diğerleri, 2013). OAFS'nin güney bölümünü oluşturan Ecemiş Fayı ise K07-53D uzanımlı, 109 km boyunca uzanan sol yanal doğrultu atımlı bir fay olarak tanımlanmaktadır. Ecemiş Fayı, kuzeyde Demirkazık, güneyde ise Pozantı olmak üzere iki segmentten oluşmaktadır (Emre ve diğerleri, 2013). Bu iki sol yanal doğrultu atımlı fayın arasındaki yaklaşık 55°'lik açısal fark BKB-GDG yönlü genişlemeli bir tektonik rejimin gelişmesine sebep olmuştur. Bu tektonik rejim; Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın ve bu havzayı sınırlayan normal fayların oluşumuna katkı sağlarken aynı zamanda Türkiye'nin en genç ve aktif volkanizmalarından biri olan Erciyes Stratovolkanı'nın kabuğun inceldiği bu alandan yüzeye çıkmasını sağlamıştır.

OAFS'nin orta bölümünü oluşturan Erciyes Havzası yaklaşık 70 km uzunluğunda, 25 km genişliğinde, KD-GB doğrultusunda uzanan normal faylar ile sınırlı bir Çek-Ayır havzası olarak tanımlanmaktadır. Havzanın kuzeybatı-batı sınırını oluşturan faylar sırasıyla Erkilet Fay Zonu, İncesu Fay Zonu ve Yeşilhisar Fay Zonu'dur (Şekil 1.2). Havzanın orta-kuzey bölümünü ise Erciyes Fayı sınırlamakta ve Erciyes Dağı ile parazit volkan konikerini kesmektedir.

Bu çalışmada, Kayseri yöresi aktif faylarından Erciyes Fayı'nın aktif tektonik ve paleosismolojik özellikleri ile ilgili veriler sunulmaktadır.



Şekil 1.2. Kayseri ve yakın çevresinin diri fayları (Emre ve diğerleri, 2013). Sayısal Yükseklik Modeli GEBCO 2023 Grid kullanılmıştır.

1.2. Yöntemler

Bu çalışmada, 56 km uzunluğundaki Erciyes Fayı'nın Melikgazi ve Gesi ilçeleri arasında uzanan orta-kuzeydoğu bölümünde 2 adet kapsamlı hendek çalışması yürütülmüştür. Faylanma tipine bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, aktif faylar boyunca meydana gelen tekrarlı yüzey faylanmaları sonucunda çizgisel fay sarplıkları, sistematik ötelenmiş drenaj sistemleri, askıda kalmış vadiler, üçgen yüzeyler, bataklık gölleri (sag-pond), topografik eğer yapıları (topographic settle) gibi bazı tektonomorfolojik yapılar gelişmektedir. Hava fotoğrafı analizlerinin yanı sıra, yapısal jeoloji ve jeomorfolojik veriler kullanılarak, paleosismolojik amaçlı hendek çalışmalarının yapılacağı lokasyonlar belirlenmektedir.

Paleosismoloji çalışmalarının en önemli aşamalarından biri en uygun hendek alanlarının belirlenmesidir. Kazı yapılacak hendek alanlarında şu ön koşulların sağlanmış olması gerekir;

Aktif tektonik araştırmalarda, gelecekte yüzey kırılması veya deformasyonuna yol açabilecek büyüklükte deprem üretme potansiyeli taşıyan faylar diri fay olarak kabul edilmektedir. Depremsellik açısından risk içeren bölgelerde, diri fayların sismik davranış biçimlerinin belirlenmesi, deprem tehlike analizlerinin doğru ve güvenilir biçimde yapılabilmesi için önem arz etmektedir. Diri fayların sismolojik davranışlarının ortaya çıkarılmasında günümüzde kabul gören ve yaygın olarak kullanılan en önemli aktif tektonik çalışma yöntemi paleosismolojidir. Paleosismoloji; jeolojik ve jeomorfolojik verilerden yararlanarak, eski depremlerin yeri, doğası, zamanı ve büyüklüğü hakkında bilgi elde etmeyi amaçlayan ve bu yolla bir fayın sismik davranış biçimini belirlemeyi hedefleyen bir jeoloji yöntemidir (Mc-Calpin ve Nelson, 2009; Kürçer, 2012; Kürçer ve diğ., 2016). Paleosismoloji'de esas, depremsellik ile ilgili tarihsel kayıtları tarih öncesi zamana (pre-historic) uygulamaya dayanır. Paleosismoloji çalışmalarında birkaç ana konu araştırılmaktadır.

Bunlar;

1. Tarih öncesi ve günümüzde meydana gelen büyük magnitüdlü depremler tarafından şekillendirilmiş fay sarplıklarının jeolojisi ve jeomorfolojisi,
2. Fay sarplıkları boyunca Geç Kuvaterner veya Holosen çökelleri üzerinde hendek (trench) çalışmaları,
3. Depremler tarafından yükseltilmiş veya alçaltılmış kıyı hatlarının çalışılması,
4. Türbiditler, heyelanlar, kaya düşmeleri ve tsunami tortulları gibi sismik sarsıntı ile ilgili tortulların çalışılmasıdır (Su altı paleosismolojisi) (Kürçer ve diğerleri, 2016).

Bu araştırmalardan elde edilen veriler bir sismojenik fayı karakterize eden ana parametreler hakkında bilgiler sunar. Bunlar; deprem kırığının uzunluğu, depremlerde oluşan kayma miktarının dağılımı, son büyük depremden bu zamana kadar geçen zaman miktarı, tekrarlanma periyodu, tekrarlanma periyodundaki değişimler, deprem büyüklüğü ve kayma hızıdır. Schwartz ve Coppersmith (1984), farklı sismojenik yapılar için geliştirilmiş bu tür jeolojik veri tabanlarını yorumlayarak, karakteristik deprem modelini ileri sürmüştür. Bu model, her bir ayrı segmentin aynı büyüklükte, benzer deprem kırık uzunlukları ve eş-sismik kaymalar oluşturma eğiliminde olduğunu ifade eder. Bununla birlikte, bazı özel durumlarda farklı deprem kırık uzunluklarının gözlendiği belirtilmektedir (Berryman ve Beanland 1991; Weldon 1991). Sismik tehlike değerlendirmelerinde, Schwartz ve Coppersmith (1984) modelinin sağladığı temel katkı, segmentasyon ve tekrarlanma modellerinin geliştirilmesi üzerine olmuştur. Segmentasyon modelleri; fay zonlarının tek bir deprem sırasında tüm uzunlukları boyunca kırılmadıklarını ve segmentlere ayrıldıklarını, deprem kırıklarının başlangıç ve bitiş noktalarının jeolojik koşullar tarafından fiziksel olarak denetlendiklerini belirtir. Segmentler birkaç sismik evrede daim kalabilirler ve bu yüzden segmentlerin karakteristik özellikleri, sismik kaynaklar ve kırıkların başlangıç ve bitiş noktaları hakkında önemli bilgiler sağlayabilir (Schwartz ve Coppersmith 1984; Crone ve diğerleri., 1987; Berryman ve Beanland 1991; Crone ve Haller 1991; DePolo ve diğerleri., 1991; Zhang ve diğerleri, 1991).

Deprem tekrarlanma modelleri; bir sismojenik yapıdaki veya bir bölgedeki depremlerin oluşum sayılarının oranlarını tanımlar. Özel bir yapıyı karakterize eden tekrarlanma aralıkları tiplerinin (yani karakteristik, değişebilir ve kümeler halinde) tanımlanması, yapı ile ilgili tehlikenin değerlendirilmesinde kritik bilgiler verir. Bu modeller kullanılarak, belirli bir zaman aralığında, bir fay segmentinden kaynaklanacak depremin olasılık analizleri yapılabilir.

Aynı fay üzerinde meydana gelen depremlerin oluşturduğu toplam yer değiştirme miktarının ölçülmesi ve her bir depremin ayırt edilerek yaşlandırılması, fayın sismik davranış biçimini belirler. Her bir deprem sonucunda meydana gelen atım miktarı, fayın yıllık kayma hızı, yüzey kırık uzunluğu, deprem tekrarlanma aralığı ve son büyük depremden bu zamana kadar geçen zaman gibi değişkenler, sismik tehlikenin olasılık analizlerinin esasını ve segmentasyon modellerinin geliştirilmesinde kullanılan jeolojik veri tabanını oluşturur. Bir paleosismoloji çalışması sonucunda ulaşılmak istenen ana hedefler şunlardır (McCalpin ve Nelson, 2009; Demirtaş, 1997; Kürçer, 2012; Kürçer ve diğerleri, 2016);

- Depremde meydana gelen yer değiştirmelerin ölçülmesi,
- Fay üzerindeki yıllık kayma hızının (slip rate) hesaplanması,
- Fayın deprem davranış biçiminin belirlenmesi,
- Fay, karakteristik deprem davranış biçimi sergiliyor ise deprem tekrarlanma aralığının (reccurrence interval) bulunması,
- Son depremden günümüze kadar geçen sürenin (elapsed time) hesaplanmasıdır.

Depremde meydana gelen yer değiştirmeler: Bir deprem sırasında gelişen yüzey kırığı üzerindeki deformasyonu temsil eder. Yüzey kırığı üzerinden ölçülen yer değiştirmeler sayesinde, kırık ilerleme yönü ve segmantasyon modelleri için yaklaşımlarda bulunmak olasıdır (Kürçer ve diğerleri, 2016).

Yıllık kayma hızı: Bir fayın ortalama aktivitesini ve yamulma (strain) enerjisinin boşalımını temsil eder. Bu değer; belirli bir zaman aralığında, fay tarafından

meydana getirilmiş toplam deformasyon esas alınarak hesaplanır. Bu hesaplamada kullanılan temel veriler, deforme olmuş sedimanların yaşı ve tahmin edilen deformasyon miktarıdır. Yıllık kayma hızı, kısa süreli (Holosen) ve uzun süreli (Geç Pleyistosen) deformasyonlar olarak hesaplanabilir. Kısa süreli deformasyonlar, fay tarafından ötelenen jeomorfolojik yapılardan (Ötelenmiş Holosen drenaj sistemleri vb.) ve fay üzerinde kazılan hendeklerden elde edilir. Uzun süreli deformasyonlar ise bölgesel jeomorfolojik yapılar (Akarsu taraçaları, Kuvaterner yaşlı drenaj sistemlerindeki ötelenmeler, paleoyüzeylerdeki ötelenmeler vb.) ve faylar tarafından kesilip ötelenen genç jeolojik ünitelerden elde edilir. Kısa süreli deformasyon oranları, belirli bir zaman periyodu içerisindeki deformasyonu temsil eder. Buna karşın uzun süreli deformasyon oranları ise kayma hızı ve kayma yönünün daha uzun bir zaman aralığında sabit olduğu varsayımına dayanır.

Deprem davranış biçimi: Bir fayın jeolojik geçmişte üretmiş olduğu depremler sırasında davranış biçimini ifade eder. Jeolojik geçmişte, benzer tekrarlanma aralıkları ile benzer büyüklükte deprem üreten ve bu depremler sonucunda benzer miktarlarda deformasyonlar meydana getiren depremler için Karakteristik Deprem Davranış Biçimi önerilmiştir (Schwartz ve Coppersmith, 1984). Buna karşın, farklı tekrarlanma aralıkları ile farklı büyüklüklerde deprem üreten ve dolayısıyla bu depremlerde farklı miktarlarda deformasyonlar meydana getiren depremler için ise Karakteristik Olmayan Deprem Davranış Biçimi söz konusudur.

Deprem tekrarlanma aralığı: Aynı fay segmenti üzerinde oluşmuş iki deprem arasındaki ortalama zaman aralığını ifade eder. Hendek çalışmalarında en az üç deprem tanımlanabilir ve yaşlandırılabilir ise ortalama deprem tekrarlanma aralığını doğrudan hesaplamak olasıdır. Deprem tekrarlanma aralığı, fay davranışının anlaşılması için oldukça önemlidir ve ana sismojenik yapılar için yapılan tekrarlanma modellerinin esasını oluşturur. Deprem tekrarlanma aralıkları hesaplanırken, meydana gelen her bir deprem için kayma miktarının sabit olduğu dolayısıyla fayın karakteristik deprem davranış biçimi sergilediği varsayılır. Bu durumda, ortalama deprem tekrarlanma aralığı ve son depremden günümüze kadar geçen süre kullanılarak fay üzerinde o anda biriken yamulma miktarı hesaplanabilmektedir.

Son depremden günümüze kadar geçen süre: Bir fay segmenti üzerinde meydana gelen ve yüzey yırtılması ile sonuçlanmış son büyük depremden bu yana geçmiş zamanı ifade eder. Bu süre, ortalama deprem tekrarlanma aralığına yakın ise deprem tahmini çalışmalarında kritik bir anlam taşır. Eğer bu değer, ortalama deprem tekrarlanma aralığından daha büyük ise belirli bir fay boyunca sismik olarak çok yakında açığa çıkabilecek yeterince deformasyonun birikmiş olduğunu belirtir. Bu veri, belirli bir fayda bir depremin oluşum olasılığını hesaplamak için kullanılır.

Paleosismoloji araştırmalarında yukarıda sıralanan hedeflere ulaşılabilmesi için;

- Fay izinin birkaç metre hassasiyetle haritalanması,
- Fay kazısı (hendek) planlanan alanlarda, fay tarafından kesilen ve ötelenen genç çökellerin bulunması,
- Kazı yapılan alanlardaki çökellerin zamansal açıdan günümüze kadar kesiksiz bir stratigrafi sunması,
- Hendek çökellerinin radyometrik yöntemlerle tarihlendirilebilecek özellikte olması,
- Yer altı su koşullarının hendek çalışmalarına engel oluşturmayacak veya hendeğe zarar vermeden tahliye edilebilir miktarda olması gibi ön koşulların sağlanmış olması gerekmektedir (Kürçer, 2012; Kürçer ve diğerleri, 2016).

Hendekli paleosismoloji çalışmaları (paleoseismological trenching), paleosismolojik araştırmalarda kullanılan en önemli yöntemlerdendir. Bu yöntem; diri faylar boyunca geçmişte yüzey kırığı oluşturmuş eski depremlerin izlerini kaydeden genç çökeller içerisinde kazılacak hendeklerde, eski depremlerin tanımlanması ve uygun radyometrik yöntemler ile yaşlandırılması esasına dayanır.

Hendekli paleosismolojik çalışmalar 1970'li yılların sonlarında Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da başlamıştır. Ülkemizde ise paleosismoloji araştırmaları 1990'lı yılların başlarından itibaren Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü ve Japonya Jeolojik Araştırma Kurumu ortaklığında Kuzey Anadolu Fay

Zonu (KAFZ) üzerindeki çalışmalar ile başlamıştır. Yüzey kırığı oluşturmuş diri faylar üzerinde yürütülen aktif tektonik ve hendekli paleosismolojik çalışmalar, çalışılan fayın jeolojik özelliklerine ve hendek alanının fiziksel koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte genellikle şu aşamalardan oluşmaktadır;

- Hendek kazı, tesviye ve temizleme çalışmaları
- Karelajlama
- Fotoğraflama
- Fotomozayik oluşturulması
- Loglama
- Örnekleme
- Örneklerin tarihlendirilmesi
- Paleosismolojik yorum

Hendek Kazı, Tesviye ve Temizleme Çalışmaları: Paleosisimolojik hendek kazı çalışmaları, hendek alanının jeomorfolojik koşullarına ve yer altı su seviye durumuna göre paletli veya lastik tekerlekli ekskavatörler ile yapılmaktadır. Tesviye ve temizleme çalışmaları hendek sorumlusunun denetiminde, kazı çalışmaları ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Kazı çalışmalarındaki en önemli ayrıntı, hendek duvarlarının kurumadan tesviye edilmesidir. Hendek güvenliği açısından kazılar basamaklı veya şevli kazılabilir. Hendekler şevli kazılmış ise şev açıları kalibre edildikten sonra loglamaya geçilmesi gerekmektedir. İhtiyaç halinde kazı alanındaki suyun tahliyesi için su pompası kullanılabilmektedir. Hendek boyutları, deformasyon zonunun genişliğine ve hendek duvarlarının duraylılığına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir.

Bu çalışmada, Erciyes Fayı üzerinde kapsamlı iki hendek çalışması gerçekleştirilmiştir. Kazı çalışmalarında 21 tonluk paletli ekskavatör kullanılmıştır. Hendek uzunlukları fay zonunun genişliği gözetilerek belirlenmiştir. Kazı ve tesviye çalışmalarında dört Jeoloji Mühendisinin yanı sıra, 4 mahalli işçi ve bir ekskavatör operatörü görev almıştır.

Karelajlama: Hendek duvarlarının kayıt altına alınabilmesi için ölçekli olarak fotoğraflanması ve loglanması gerekmektedir. Bu amaçla, hendek duvarlarındaki yapısal ayrıntılar göz önüne alınarak seçilecek ölçek doğrultusunda hendek duvarları karelajlanmaktadır (Kürçer ve diğerleri, 2016). Paleosismolojik çalışmalarda genellikle 1 m2 ölçeğinde karelajlama uygulanmaktadır. Karelajlamada en önemli ayrıntı yatay ve düşey eksenlerde, karşılıklı duvarlardaki karelajların birbirini karşılıyor olmasıdır. Karelajlamada, hendek duvarının genel renk tonu ile zıtlık oluşturacak bir renkte seçilen çırpı ipleri kullanılmaktadır. Yatay ve düşey eksenleri sağlayabilmek için su terazisi, pusula gibi düzeçlerden faydalanılabilir. Bu çalışmada kazılan tüm hendeklerde standart olarak 1 m^2 karelajlama uygulanmıştır.

Fotoğraflama: Hendek fotoğrafları, bir paleosismoloji çalışmasını belgeleyen en önemli kanıtlardır. Hendek çalışmalarında, kazı öncesi, sırası ve sonrasında (hendek kapatma fotoğrafları) fotoğraflar çekilerek çalışmanın her aşaması kayıt altına alınmalıdır (Kürçer ve diğerleri, 2016). Kazı öncesi fotoğraflama ile hendek alanındaki jeomorfolojik unsurlar (çizgisel fay sarplıkları, bataklık gölleri, ötelenmiş derecikler veya sel yarıntıları- guly) kayıt altına alınır. Kazı sırasındaki fotoğraflar ile çalışmanın aşamaları görsel olarak sunuma hazır hale getirilir. Kazı sonrası hendek kapatma fotoğrafları ile de kazı yapılan alanın doldurma ve tesviye işlerinin kurallara uygun olarak yapıldığı belgelenir. Hendek fotoğraflamasında en önemli aşama hendek duvarlarının fotoğraflanmasıdır. Hendek duvarlarından çekilen yeterli sayıda ve kalitede fotoğraflar, bir sonraki aşama birleştirilmek suretiyle hendek duvarının fotomozayikleri oluşturulur ve loglama bu fotomozayikler üzerinde gerçekleştirilir. Bu sebeple fotomozayikte kullanıllacak fotoğrafların belirli bir düzen içerisinde ve standartlara uygun olarak çekilmesi gerekmektedir. Hendek duvarları fotoğraflanırken aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmelidir:

- Hendek duvarlarındaki her bir düşey karelajlama ipinin karşıdan rahatlıkla okunabilecek şekilde numaralandırılması gerekir. Bunun için hendek duvarının üst tarafına numaralı ahşap kazıklar çakılmaktadır.

- Hendek duvarlarındaki farklı birimler arasında renk tonu zıtlığı oluşturabilmek amacıyla, hendek duvarları ıslatılmalıdır. Islatma işlemi püskürtmeli basit bir su pompası (taral) ile yapılabilir.
- Fotomozayikte kullanılacak fotoğrafların birbiri ile %30 oranında aşmalı çekilmesi gerekmektedir. Bunun için her iki fotoğraf arasında en az bir düşey ipin ortak alanda yer alması yeterlidir.
- Fotomozayikte kullanılacak fotoğraflar, hendeğin içinden veya dışından çekilebilir. Ancak, benzer mesafeden ve benzer açılarla çekilmesi gerekir.
- Fotoğraflanacak duvara güneş ışığının homojen olarak yansıması önemlidir. Bu sebeple hendek duvarları tam gölge veya tam güneş alırken fotoğraflanmalıdır.
- Fotoğraflama, hendek duvarları taze iken yapılmalıdır. Bu sebeple karelajlamayı takiben hemen yapılması önerilir.

Fotomozayik Oluşturma: Paleosismoloji çalışmalarında loglama; manuel loglama ve fotomozayik loglaması olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Geleneksel olarak uygulanan manuel loglama hem zaman kaybı hem de hata olasılığının fazla olması nedeniyle son yıllarda fazla tercih edilmemektedir. Bunun yerine son yıllarda sıkça uygulanan ve benimsenen fotomozayik loglaması uygulanmaktadır. Fotomozayik loglamasının en önemli aşaması loglamaya esas teşkil edecek hendek duvarı fotomozayiklerinin hazırlanmasıdır. Fotomozayikler hazırlanırken kullanıma açık fotoğraf birleştirme programları kullanılabilir. Bunun yanı sıra, son yıllarda Ülkemizde yürütülen paleosismoloji çalışmalarında MTA ekipleri tarafından geliştirilen yeni bir birleştirme yöntemi uygulanmaktadır. Yöntem, hendek duvarlarından çekilen fotoğrafların rektifikasyonu (koordinatlandırılması) ve birleştirilmesi esasına dayanır. Yöntem şu aşamalardan oluşmaktadır;

- Hendek duvarının yeterli sayıda ve kalitede birbirleriyle aşmalı fotoğraflarının çekilmesi,
- Hendek duvarının, rektifikasyon işleminde kullanılmak üzere ölçeklendirilmesi ve koordinatlandırılması,
- En ideal fotoğraf setinin seçilmesi,

- Seçilen fotoğraflar arasındaki renk düzeltmesinin yapılması,
- Seçilen fotoğrafların ArcMap programında açıldıktan sonra, önceden belirlenen ölçüm ve koordinatlar yardımı ile birleştirilmesi,
- Hendek duvarını tanımlayıcı etiket bilgilerinin (karelaj numaraları, yön belirteçleri, hendek duvarının adı vb.) yazılması,
- .PDF ve .JPEG uzantılı çıktı dosyalarının hazırlanması

Loglama: Hendek logları, hendek duvarlarındaki tüm yapısal ayrıntının okuyucuya aktarıldığı belgelerdir. Loglama, manuel yapılabileceği gibi hazırlanan fotomozayikler üzerinden de yapılabilmektedir. Bu çalışmada, fotomozayik loglaması tercih edilecektir. Fotomozayikten loglama, hem daha hızlı bir şekilde yapılabilmekte hem de hata oranını en aza indirgemektedir

Örnekleme: Paleosismoloji çalışmalarında eski depremlerin tanımlanmasından daha önemlisi bunların tarihlendirilmesidir. Bu sebeple tarihlendirme yapılamamış bir paleosismoloji çalışmasının deprem tehlike değerlendirmesi çalışmalarında veri olarak kullanılması mümkün değildir. Paleosismoloji çalışmalarında kullanılan başlıca yaşlandırma yöntemleri şunlardır;

- Radyokarbon (^{14}C)
- Optik Lüminesans (OSL)
- Termo Lüminesans (TL)
- Ağaç halkaları yaşlandırması (Dendrokronoloji)
- Arkeosismoloji
- Kozmojenik yaşlandırma

Bu yöntemlerden başka nadir olarak, özellikle volkanik ortamlarda yürütülen paleosismoloji çalışmalarında Argon-Argon veya Potasyum-Argon yöntemleri ile de yaşlandırma yapılabilmektedir. Bu çalışmada Radyokarbon (^{14}C) tarihlendirme yönteminin uygulanması planlanmaktadır. İhtiyaç duyulması halinde OSL veya TL tarihlendirme yöntemleri de uygulanabilecektir. Radyokarbon tarihlendirme yönteminin esası, deprem sırasında yüzeyde bulunan organik maddelerin (bitki, ağaç

vb.) depremden hemen sonra kırık içerisine gömülmesi ve oksijenle temasının kesilmesine bağlı olarak karbonlaşmaya başlamasıdır. Kazılan hendeklerde, eski depremleri ifade eden çökeller içerisinden alınacak karbonca zengin örnekler, eski depremlerin oluş zamanını belirtmektedir. Optik Luminesans yönteminde, çökellerin en son güneş ışığını aldığı dönem, Termo Luminesans yönteminde ise hendeklerde zaman zaman saptanan arkeolojik materyallerin en son ısıl işlem gördükleri zaman tarihlendirilmektedir. Bu çalışmada, Radyokarbon (^{14}C) ve Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) tarihlendirme yöntemleri uygulanmıştır.

Örneklerin Tarihlendirilmesi: Hendeklerden derlenen radyokarbon numuneleri Tübitak Marmara Araştırma Merkezi Laboratuvarı'nda, Optik Luminesans (OSL) örnekleri ise Ankara Üniversitesi Fizik Bölümü laboratuvarı'nda analiz ettirilmiştir. Bu çalışmada, xx adet radyokarbon ve xx adet Optik Luminesans örneği tarihlendirilmiştir.

Paleosismolojik Yorum: Paleosismoloji çalışmaların en son aşamasında, örneklerin tarihlendirme sonuçlarına bağlı olarak paleosismolojik yoruma gidilir. Paleosismolojik yorumlarda, hendeklerde saptanan depremlerin sayısı, yaşı, tekrarlanma aralığı, her bir depremde meydana gelen yer değiştirme miktarı, son depremden günümüze kadar geçen süre gibi deprem tehlike analizlerine temel teşkil edecek sayısal sonuçlara yer verilir (Kürçer ve diğerleri, 2016).

- Kazı yapılacak alanda faya ilişkin yapısal ve jeomorfolojik izlerin (Çizgisel fay sarplığı, bataklık gölü, ötelenmiş dereler ya da kültürel yapılar vb.) belirgin olması,
- Kazı planlanan alanda genç çökellerin (Geç Pleyistosen – Günümüz) var ve tarihlendirilebilir özellikte olması,
- Yer altı su koşullarının kazı çalışmalarına engel oluşturmayacak düzeyde (miktarda ve derinlikte) olması,
- Kazı yapılacak alanların altından geçen herhangi bir şebeke hattının (Elektrik, su, doğalgaz vb.) bulunmaması,
- Kazı yapılacak alan için gerekli izinlerin alınmış olması,

- Kazı planlanan alana iş makinesi (Ekskavatör ve/veya Beko loder) ulaşımının sağlanabilir olması (Kürçer ve diğerleri, 2016).

1.3. Önceki Çalışmalar

Kayseri ve çevresinin güncel tektoniği, aktif fayları ve volkanizması ile ilgili çok sayıda jeolojik, jeofizik ve jeodezik çalışma yapılmıştır.

Şengör ve diğerleri (1985); Türkiye'deki neotektonik bölgelerinin tanıtıldığı çalışmada, Kayseri yöresi "Orta Anadolu Ova Bölgesi" içerisinde tanımlanmıştır.

Ercan (1987); Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizmasını araştırdığı çalışmada, bölgede, Paleosen'den tarihsel dönemlere kadar süregelen volkanizmayı yaşlarına göre altı gruba ayırmıştır. Ercan (1987)'ye göre; Orta Anadolu'daki Paleosen ve Eosen yaşlı volkanizma, yitime bağlı kalkalkalen nitelikli yay volkanizmasıdır. Oligosen, Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı diğer dört grup ise bölgedeki kıtasal yakınsamanın uzun süre devam etmesi sonucunda, okyanusal kabuğun tüketilmesi ve kıtasal çarpışmadan sonra meydana gelen, kıtasal kabuk kökenli ve kalkalkalen nitelikli volkanitlerdir.

Şaroğlu ve diğerleri (1987); "Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri" başlıklı MTA raporunda, Erciyes Fayı Kayseri'nin kuzeydoğusundaki Sarımsaklı köyü ile Develi kuzeydoğusundaki Kızık köyü arasında uzanan, 63 km uzunluğunda aktif bir fay olarak değerlendirilmiştir. Yazarlara göre; Kızık köyü ile Gesi yakınlarına kadar olan 50 km uzunluğundaki bölümde çizgisel bir geometri sunan Erciyes Fayı, Özlüce köyünden itibaren kuzeye doğru saçaklı bir geometriye kavuşmaktadır. Şaroğlu ve diğerleri (1987); Erciyes Fayı'nın kuzeyinde eğim atım bileşeninin yanı sıra doğrultu atımlı faylanmaya ait verilerin bulunduğunu ve Erciyes Dağı'nın zirvesinin sol yanal olarak ötelendiğini belirtmişlerdir. Buna ilaveten fayın en güney bölümünde, Kızık köyü ile Saracık tepe arasında kalan bölümde birçok dom şeklinde volkanik çıkış merkezi bulunduğu ve bu çıkış merkezlerinin de daha sonra Erciyes Fayı tarafından kesildiği bildirilmiştir. Alt Kuvaterner yaşlı bu andezit ve dasit domları üzerinde fayın iki kol halinde ilerlediği ve yaklaşık 250 metre

genişliğinde bir graben oluşturduğu ve bu sebeple Erciyes Fayı'nın bu bölümde açılma karakteri sunduğu ifade edilmiştir. Aynı çalışmada, Kayseri ovasını kuzeyden ve kuzeybatıdan sınırlayan, Üst Miyosen-Alt Pliyosen yaşlı tüf, tüfit, ignimbirit, kil, marn ve kireçtaşı ardalanmasından oluşan volkanosedimanter istifi kesen bir fayın varlığından söz edilmektedir.

Dirik ve Göncüoğlu (1996); Orta Anadolu'nun Neotektonik özelliklerini ele aldıkları çalışmada, bölgenin neotektonik gelişiminin Tuz Gölü Fay Zonu, Ecemiş Fay Zonu ve Yozgat-Boğazlıyan Fay sistemi atarfından kontrol edildiğini ileri sürmüşlerdir. Araştırmacılar; Ecemiş Fay Zonu'nu, Orta Anadolu Kristalen Kompleksi'nin doğusunda yer alan, KD-GB doğrultulu, normal bileşenli sol yanal bir doğrultu atımlı fay olarak tanımlamışlardır. Dirik ve Göncüoğlu (1996), söz konu fay zonunu, güncel tanımlardan farklı olarak, Refahiye'den Mersin'e kadar uzanan tek bir kıta içi kırık zonu olarak tanımlamış ve bu zona Ecemiş Fay Zonu ismini vermişlerdir. Araştırıcılar, Ecemiş Fay Zonu'nun Erciyes volkanizmasını ve bölge morfolojisini denetlediğini belirtmişlerdir.

Kürkçüoğlu ve diğerleri (1998); Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın içerisinde yer alan Erciyes Stratovolkanı'nın magmatik evrimi ve jeokimyası ile ilgili çalışmada, Erciyes Dağı'nın magmatik evrimi Koçdağı ve Yeni Erciyes olmak üzere iki evreye ayırmışlardır. Yazarlara göre Koçdağı evresi, alkali bazalt bileşiminli lav akmaları, andezit ve bazaltik andezit ürünleri ile temsil olunmaktadır. Koçdağı evresinin ilk patlama ürünü 2,8 milyol yıl yaşlı Valibaba İgnimbiriti olarak tanımlanmıştır. Bu patlamayı takiben alanda kaldera çökmesi meydana gelmiş ve günümüzdeki Erciyes Dağı bu kalderadan yükselmiştir. Yeni Erciyes evresi olarak tanımlanan ikinci evre; bazaltik andezit, andezitik, dasitik ve riyodasitik lavlar ve ilişkili piroklastikler ile temsil olunmaktadır. Yazarlara göre Erciyes Dağı'ndaki son patlama 0,083 milyon yıl önce meydana gelmiş olup, volkan-stratigrafik sütundaki dördüncü dasitik lav oluşumuna karşılık gelmektedir. Koçdağ ve Erciyes volkanitlerinden alınan örneklerin ana ve iz element verileri genel olarak iki evrenin de kalk-alkali karakterde olduğunu ortaya koymuştur. Araştırmacılara göre, element konsantrasyonları göz önüne alındığında, Erciyes volkanitlerinin oluşumundaki en

önemli etki kısmı ergimedir. Bunun yanında, kısmı ergime derecesinin artmasıyla kalk-alkali örneklerde yüksek LIL ve HFS element konsantrasyonları gözlenmiş ve bu da ergime derecesi ile doğru orantılı olarak kabuksal bileşenlerin katkısını ortaya koymuştur. Tüm jeokimyasal veriler, Erciyes Stratovolkanı'nın çarpışma sonrası genişlemenin bir sonucu olarak levha içi kökene sahip olduğunu göstermektedir.

Koçyiğit ve Beyhan (1998); uzaktan algılama, hava fotoğrafı analizi, çeşitli ölçeklerde jeolojik haritalama ve ölçülü stratigrafik kesit alımına dayalı güncel neotektonik çalışmalar sonucunda, Orta Anadolu'da, Orta Anadolu Fay Zonu olarak adlandırdıkları büyük ölçekli sol yanal doğrultu atımlı bir fay zonunun varlığını ortaya koymuşlardır. Kuzeydoğuda Düzyayla (Sivas) ile güneybatıda Anamur (Mersin) arasında, KD-GB doğrultusunda uzanan ve genişliği 2 km ile 80 km arasında değişen Orta Anadolu Fay Zonu'nun karadaki uzunluğu 730 km olup, Akdeniz'de, Kıbrıs'ın yakın batısına kadar deniz tabanında devam ettiği ileri sürülmüştür. Yazarlara göre Orta Anadolu Fay Zonu, paleotektonik bir yapı olan İç Torid Kenet Kuşağı'nı kullanarak Pliyo-Kuvaterner'de yeniden aktivite kazanmış oldukça genç bir yapıdır. Morfotektonik yapılar ve geometrik kesiklikler göz önüne alınarak 24 segmente ayrılmıştır. Bu segmentler; kuzeydoğudan güneybatıya doğru sırasıyla; (1) Sivas Segmenti, (2) Kızılırmak Segmenti, (3) Gemerek-Şarkılşa Segmenti, (4) Erkilet Segmenti, (5) Yeşilhisar Segmenti, (6) Kavlaktepe-Dikilitaş Segmenti, (7) Tecer Segmenti, (8) Dökmetaş Segmenti, (9) Dündarlı-Erciyes Segmenti, (10) Develi Segmenti, (11) Samankaya-Yeniköy Segmenti, (12) Kaynar-Pazarören Segmenti, (13) Karanfildağ Segmenti, (14) Çamardı-Derinkuyu Segmenti, (15) Demirkazık-Sulucaova Segmenti, (16) Cevizlik Segmenti, (17) Kamışlı Segmenti, (18) Asaryaylası Segmenti, (19) Akça-Kızılcık Segmenti, (20) Ardıçlı Segmenti, (21) Hamidiye-Fındıklı Segmenti, (22) Ayvalı-Tekir Segmenti, (23) Namrun Segmenti, (24) Kıbrıs-Anamur Segmenti olarak adlandırılmışlardır. Araştırıcılar; 730 km uzunluğundaki Orta Anadolu Fay Zonu'nu üzerinde paleotektonik dönemde 75 km, neotektonik dönemde ise 24 km sol yanal yer sol yanal yer değiştirme meydana geldiğini ileri sürmüşlerdir. Yazarlara göre fay zonu üzerindeki yıllık kayma hızı 0,3 mm'dir.

Westaway (1999); Koçyiğit ve Beyhan (1998) tarafından yayımlanan makaleye yorum olarak kaleme alınan çalışmada, söz konusu araştırıcılar tarafından tanımlanan ve 700 km'den daha fazla uzunluğa sahip olduğu öne sürülen Orta Anadolu Fay Zonu'nun var olması durumunda, Türkiye'deki bazı büyük şehirlerin ciddi bir deprem tehlikesi ile karşı karşıya olduğuna dikkat çekmiştir. Araştırıcı; yazarlar tarafından tanımlanan Orta Anadolu Fay Zonu'nun, güncel levha hareketleri modelleriyle birlikte değerlendirildiğinde üç temel konuda daha ayrıntılı açıklama getirilmesi gerektiğini ileri sürmüştür. Bunlar: (1) Öncel çalışmalarda varlığı ve aktivitesi ile ilgili hiçbir sonuç elde edilemeyen pek çok bölgede tanımlanan fayların varlığı ve aktivitesi ile ilgili daha fazla veri sunulması gerekmektedir. (2) Önceki çalışmalarda yeterli düzeyde açıklanmış olan aktif doğrultu atımlı faylanma tekrarlı olarak neden yeniden yorumlanmıştır? (3) Faylanmanın başlangıç zamanı ve önerilen kayma hızı ile ilgili hiçbir gözlemsel kanıt sunulmamıştır. Ayrıca, Neotektonik dönemde gerçekleştiği ileri sürülen 24 km toplam yer değiştirme miktarı için yeterli kanıt sunulmamış olup, makalede sunulan diğer veriler ile çelişmektedir.

Koçyiğit ve Beyhan (1999); Westaway (1999) tarafından yapılmış olan yoruma ve sorulan sorulara cevap olarak yazılan makalede; Orta Anadolu Fay Zonu'nun, köken ve yaş bakımından Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu'ndan çok daha genç bir neotektonik yapı olduğuna dikkat çekilmiştir. "Ecemiş Koridoru" olarak adlandırılan paleotektonik yapının, Pliyo-Kuvaterner'de yeniden aktivite kazandığı kanıt olarak sunulmuştur. Yazarlar, orta Anadolu Fay Zonu'nun neotektonik dönemde üretmiş olduğu toplam 24 km yer değiştirme miktarını farklı araştırıcılar tarafından gerçekleştirilen arazi çalışmalarına dayanarak açıklamıştır. Araştırıcılar, Westaway (1999) tarafından tektonik bir süreksizlikten çok buzul hareketine bağlı bir erozyon izi olarak kabul edilen Ecemiş Koridorunun, iddia edilenin aksine aktif bir fay zonu olduğunu vurgulamışlardır. Westefay (1999) tarafından, Orta Anadolu Fay Zonu'nun aktivitesine başladığı zamana yönelik olarak, Orta Anadolu Fay Zonu tarafından şekillendirilen Erciyes Çek-Ayır Havzası'nı kanıt olarak sunmuşlardır. Yazarlara göre, Orta Anadolu Fay Zonu'nun her iki bloğunda da yüzlek veren 2,8 milyon yıl yaşındaki Valibaba ignimbriti, açısal uyumsuzlukla Erciyes Stratovolkanı'na ait volkanitler tarafından örtülmektedir. Bu veri, havzanın

ve volkanik aktivitenin, Valibaba ignimbritlerinin oluşumundan sonra başladığına işaret etmektedir. Bu nedenle, Orta Anadolu Fay Zonu'nun aktivitesine Geç Pliyosen döneminde başladığını savunulmaktadır.

Koçyiğit (2000); Orta Anadolu'nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği konulu çalışmada, Orta Anadolu'yu, Tuz Gölü Fay Zonu tarafından sınırlandırılan, Konya-Eskişehir Neotektonik Bölgesi ve Kayseri-Sivas Neotektonik Bölgesi olmak üzere iki alt neotektonik bölgeye ayırmıştır. Yazar, Orta Anadolu'daki neotektonik rejimin başlangıç yaşının erken Pliyosen sonrası olduğunu ileri sürmüştür. Yazara göre; Orta Anadolu, orta Pliyosen'den beri yatayda yaklaşık 2 mm/yıllık bir hızla deformasyona uğramaktadır. Buna kanıt olarak; derin kazılmış akarsu yatakları, asılı vadiler, akarsu taraçaları, faylara koşut oluşmuş alüvyon yelpazeleri, sıcak su kaynakları, traverten oluşumları, volkan konileri ve açılma çatlakları, horst-graben ve Çek-Ayır havzaları gibi morfotektonik yapılar ile faylar üzerinde birikmiş yanal ve düşey atımlar, kalın neotektonik havza dolguları sunulmuştur. Yazara göre, morfotektonik yapıların geometrisi ve kinematik özellikleri ile deprem odak mekanizma çözümleri, Orta Anadolu'nun yaklaşık DKD-BGB doğrultusunda genişlemekte olduğunu göstermektedir. Koçyiğit (2000)'e göre; Orta Anadolu bölgesini karakterize eden fayların yaklaşık 1000-2000 yıl aralıklarla oluşan büyük deprem, 100-300 yıl ve 10-30 yıl aralıklarla oluşan orta ve küçük deprem üretme potansiyelleri mevcuttur.

Koçyiğit ve Erol (2001); Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın bir tektonik kaçış yapısı olarak tanımlandığı çalışmada; Erzincan ile Anamur (Mersin) arasında uzanan ve büyük bir sol yanal doğrultu atımlı fay zonu olan Orta Anadolu Fay Zonu'nun, kuzeydoğu ve güneybatı segmentlerinin, yaklaşık K-G doğrultulu Erciyes Çek-Ayır havzası ile birbirine bağlandığı bildirilmektedir. Orta Anadolu Fay Zonu'nun Kızılırmak-Erkilet ve Dökmetaş Segmentleri'nin Kayseri dolaylarında güneybatıya doğru 45-50º bükülmesi nedeniyle, bölgede rahatlamalı bir çift büklüm gelişmiş ve Erciyes Çek-Ayır Havzası şekillenmiştir. Bu havzanın merkezinde ise orta Pliyosen'den beri Erciyes Stratovolkanı gelişimini sürdürmektedir. Erciyes Çek-Ayır Havzası, 120 km uzunluğunda, 35 km genişliğinde, 1-2 km derinliğinde S şekilli ve

aktif olarak büyüyen bir havzadır. Havzanınmerkezinde yer alan Erciyes Stratovolkanı, kuzey ve güney bölümler arasında morfolojik bir bariyer oluşturmuştur. Erciyes Çek-Ayır havzasının kuzey alt bölümü Kayseri-Sarımsaklı, güney alt bölümü ise Sultansazlığı çöküntü alanı olarak adlandırılmaktadır. Yazarlar, 2,8 milyon yıl yaşındaki Valibaba ignimbiritinin havzayı sınırlayan fayların her iki bloğunda da yüzeylemesi ve Kuvaterner yaşlı havza dolgu çökelleri tarafından uyumsuzlukla örtülmesi nedeniyle, Erciyes Dağı'nın yükselimine neden olan genç volkanik aktivitenin Valibaba ignimbiritinin yerleşiminden sonra başladığını ileri sürmüşlerdir.

Dirik (2001); Orta Anadolu Fay Zonu'nun Kayseri ve kuzeyine bakan kuzeybatı kanadı ve dolaylarında yürütmüş olduğu neotektonik evrime yönelik çalışmada, bölgenin Geç Miyosen-Pliyosen'den beri karmaşık bir neotektonik deformasyona maruz kaldığını ileri sürmüştür. Neotektonik dönemde, bölgede çok sayıda fay ve kıtaiçi havza gelişmiştir. Orta Anadolu'nun doğu bölümünün neotektoniği, kuzeydoğuda Sivas ile güneybatıda Mersin arasında uzanan Orta Anadolu Fay Zonu tarafından kontrol edilmektedir. Bu zonun orta bölümü ana fayların sola sıçramasıyla şekillenmiş transtansiyonel havzalar ile karakteristiktir. Sultansazlığı Çek-Ayır Havzası, Geç Pliyosen-Kuvaterner'de fayların sola sıçrama yaptığı ve güneye doğru büküldüğü bir alanda gelişmiş "S" şekilli bir transtansiyonel havzadır.

Bozkurt (2001); Türkiye'nin neotektoniği üzerine yapmış olduğu sentez çalışmasında, öncel çalışmalara atıfta bulunarak, Orta Anadolu Fay Zonu'nu 730 km uzunluğunda, sol yanal ana makaslama zonu olarak tanımlamış ve paleotektonik bir yapı olarak evrimine başlayan fay zonunun Pliyo-Kuvaterner dönemde yeniden aktivite kazandığına vurgu yapmıştır.

Koçyiğit ve Özacar (2003); Isparta Açısı'nın KD dış kenarında genişlemeli yenitektonik rejimi arazi ve sismik veriler ışığında yorumladıkları çalışmada, Türkiye ve çevresini bazı neotektonik alt bölümlere ayırmışlardır. Yazarlar Kayseri ve çevresini, normal bileşenli doğrultu atımlı faylanma bölgesi içerisinde değerlendirmişlerdir.

Şen ve diğerleri (2003); Erciyes Stratovolkanı'nın volkanolojik evrimi ve Valibaba ignimbiritinin kökeni konulu çalışmada, Erciyes Dağı'nı Orta Anadolu'nun en büyük stratovolkanı olarak tanımlamışlardır. Yazarlar, Erciyes Dağı'nın Pliyo-Kuvaterner'den tarihsel dönemlere kadar Koçdağı ve Erciyes olarak adlandırılan iki evreli bir volkanojenik evrime sahip olduğunu ileri sürmüşlerdir. İlk evre olan Koçdağı evresinde, Kızıktepe ve Topakkaya tepe volkan konilerinden bazaltik ve andezitik lavlar yayılmıştır. Daha sonra, Koçdağı piroklastiklerinin yerleşimine bağlı olarak 14 x 18 km boyutlarında kaldera çökmesi meydana gelmiştir. İlk evrede pliniyen çökeller ve pomza akıntıları gelişmiştir. Pliniyen çökellere kaynak alanından yaklaşık 50 km mesafede rastlanılabilmektedir. İlk evrenin ikinci aşaması pomza çökelleri ve Valibaba ignimbiriti ile temsil olunan, daha çok piroklastik akma çökelleri ile karakteristiktir. Bu evrenin ürünü pomza çökellerine, kaynak alanının 30 km kadar kuzey ve kuzeydoğunda rastlanılmaktadır. Bu evrenin en son piroklastik akma ürünleri 2,8 milyon yıl önce meydaan gelen Valibaba ignimbiritidir. Erciyes evresinde ise iki patlama döngüsü tanımlanmıştır. Bunlardan ilki 2,6 ile 0,17 milyon yıl arasında meydana gelmiş olup, andezitik lav akıntıları, dasidik dom akıntıları, andezitik lav akıntıları bazaltik andezitik lav akıntıalrı ve andezitik konilerin yerleşimiyle karaktristiktir. İkinci döngü ise dasidik ve patlayıcı bir evreyi içermektedir. Bu evrede, yüksek alanlardan ve riyodasidik domlardan türeyen blok ve kül akıntıları meyddana gelmiştir. Bu döngünün son aşamasında Erciyes kalderası çökmüş ve riyodasidik domdan kalderaya kaya çığı çökelleri yerleşmiştir.

Erdağ (2007); Ecemiş Fay Zonu'nun Yahyalı (Kayseri) ile Pozantı (Adana) arasında kalan kesiminin morfotektoniği ve paleosismik aktivitesini araştırdığı doktora çalışmasında, çalışlılan bölgenin Kuvaterner stratigrafisi, morfolojik, morfotektonik ve tektonik özellikleri araştırılmıştır. Hendekli paleosismoloji çalışmalarına göre, Ecemiş Fay Zonu'nun çalışılan kısmında en son deprem M.Ö. 1890-1750 ile M.Ö. 2490-2300 yılları arasında meydana gelmiştir. Öncel GPS çalışmalarından elde edilen 1-2 mm/yıl kayma hızı ve son depremden günümüze kadar geçen sürenin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, söz konusu fay üzerinde

3,5-4,0 metre yer değiştirmeye yol açabilecek bir yamulma enerjisinin biriktiği yorumlanmıştır.

Türkecan (2015); Türkiye'nin Senozoyik volkanitlerini ele aldığı çalışmada, Kayseri ve çevresindeki volkanitleri; Erkilet volkanitleri ve Erciyes Volkanik Kompleksi başlıkları altında incelemiştir. Yazar; Erciyes Volkanik Kompleksi ile ilgili olarak M.Ö. 40'lı yıllarda yaşamış olan ünlü tarihçi Strabon tarafından Erciyes Dağı'nın lav, aley ve dumanlar çıkarttığını bildirmiştir. Ayrıca bu bölgeye ilişkin eski Roma paraları üzerinde olasılıkla Erciyes Dağı'nı betimleyen bir yanardağ resminin bulunduğuna vurgu yapmıştır.

Emre ve diğerleri (2011); 1:250.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Kayseri Paftası'nda Kayseri yöresi diri faylarından Erciyes Fayı, Erkilet Fay Zonu, İncesu Fay Zonu'nun kuzey bölümü ve Yeşilhisar Fay Zonu Holosen aktif fay, İncesu Fay Zonu'nun güney bölümü ise Kuvaterner aktif fay mertebesinde haritalanmıştır.

Emre ve diğerleri (2013); Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası'nda Kayseri yöresi diri fayları, Orta Anadolu Fay Sistemi içerisinde, Deliler ve Ecemiş Fayı arasında kalan orta bölümü oluşturan diri faylar olarak değerlendirilmiştir.

Higgins ve diğerleri (2015); Orta Anadolu Fay Zonu'nun Kuvaterner evrimi için yeni kinematik ve jeokronolojik verileri sundukları çalışmada, Orta Anadolu Fay Zonu'nu, Anadolu Levhası'nın içerisinde KD-doğrultusunda uzanan 700 km uzunluğunda sol yanal bir kaçış yapısı olarak tanımlamışlardır. Araştırıcılar, yeni yapısal, jeomorfolojik ve jeokronolojik veriler ışığında Orta Anadolu Fay Zonu'nu kuzey, orta ve güney olmak züere üç segmente ayırmışlardır. Güney segmenti ifade eden Ecemiş Fayı geç Kuvaterner yaşlı olup kayma hızı yıllık1,1 ± 0,4 mm olarak hesaplanmıştır. Orta bölümü oluşturan Erciyes Fayı ile Erciyes Stratovolkanı, 580000 ± 130000 yıl ile 210000 ± 180000 yıl arasındaki bir dönemde püskürmeyle eş zamanlı olarak gelişmiştir. Orta Anadolu Fay Zonu'nun orta bölümündeki Erciyes Havzası'nda haritalanan Erkilet ve Gesi fayları baskın olarak normal faylanma karakterindedir. Uzun dönem jeolojik kayma hızı ve güncel GPS çalışmaları, BKB-

DGD yönlü genişlemeli tektonik rejimin 2,73 ± 0,08 milyon yıldan beri etkin olduğunu ortaya koymuştur. Erkilet ve Gesi fayları boyunca meydana gelen toplam eğim atım miktarlarını hesaplamak için GPS profilleri alınmıştır. Gesi Fayı'nın her iki bloğunda da yüzlek veren Valibaba ignimbiriti göz önüne alınarak alınarak eğim atım miktarı 220 metre ölçülmüştür. Erkilet Fayı'nın ise taban bloğunda yer alan bazalt akıntıları göz önüne alınarak eğim atım miktarı 310 m olarak ölçülmüştür. Jeokronolojik yaş verileri ve ölçülen eğim atım miktarları kullanılarak yapılan hesaplamaya göre, her iki fay için minimum kayma hızı yaklaşık 0.10-0.18 mm/yıl ve yatay açılma miktarı 0.1 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

BÖLÜM İKİ

STRATİGRAFİ

Erciyes Çek-Ayır Havzası ve çevresinin temelini Paleozoyik yaşlı metamorfitlerle temsil olunan Kırşehir Masifi ile Silürüyen-geç Kretase yaşlı Yahyalı ve orta Devoniyen–geç Kretase yaşlı Aladağ istifleri ile temsil olunan Anatolid-Torid Bloğu'na ait Toros istifleri oluşturur. Bu birimleri tektonik bir dokanakla, yerleşim yaşı üst Kretase olan ofiyolitik kayalar üzerler. Temele ait bu birimler Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri tarafından kesilmiştir. Temele ait otokton ve alloktan birimler ve granitler, Tersiyer yaşlı sedimanter ve volkanik kayalar ile temsil olunan örtü kayaları tarafından açısal uyumsuzlukla örtülmüştür. Tersiyer yaşlı çökel kayalar; alt – orta Eosen yaşlı karasal çakıltaşları ve bunlarla yanal ve düşey geçişli sığ denizel kırıntılılar ve karbonatlar ile başlar. Bunların üzerinde Kapadokya Volkanik Alanı'nda yüzeylemiş olan orta Miyosen'den günümüze kadar süregelen süreçte oluşmuş volkanitler yer alır. Bölgedeki en genç volkanizmayı temsil eden Erciyes Stratovolkanı, aslında yıpranmış morfolojisine rağmen halen tanınabilen Develi Dağ Kalderası içerisinde yükselmiştir. Fay denetiminde gelişmiş Erciyes Çek-Ayır Havzası'na ait güncel çökeller tüm birimleri uyumsuzlukla örtmüştür (Şekil 2.1).

2.1. Kaya Birimleri

2.1.1. Kırşehir Masifi

İnceleme alanının temelini, Kırşehir Masifi ya da diğer adıyla Orta Anadolu Kirstalen Karmaşığı oluşturmaktadır. Kırşehir Masifi'nin kuzey ve batısında Sakarya Zonu, doğu ve güneyinde ise Anatolid-Torid Bloğu yer almaktadır. Kırşehir Masifi; Sakarya Zonu'ndan İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı ile Anatlid-Torid Bloğu'ndan ise İç Torid Kenet Kuşağı ile ayrılmaktadır (Okay ve Tüysüz, 1999). İnceleme alanının güneybatsındaki sınırlı alanlarda yüzlek veren Kırşehir Masifi, bu alanda Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Gümüşler (Pzg) ve Bozçaldağ (PzMzb) formasyonları ile temsil olunur. Aynı zamanda Kırşehir Masifi'nin temelini oluşturan

Gümüşler formasyonu (Pzg) amfibolit, mermer, kalkşist, kuvarsit ara seviyeli gnayslardan oluşmaktadır (Göncüoğlu, 1977). Gümüşler formasyonu ile düşey geçişli olarak gözlenen Bozçaldağ formasyonu (PzMzb) ise orta-kalın tabakalı, iri kristalli, beyaz renkli mermerlerden oluşmaktadır (Seymen, 1982). Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik kayalar, üst Kretase yerleşim yaşlı Aladağ ofiyolit napı (Ka) tarafından tektonik olarak üzerlenmekte, Paleosen yaşlı Orta Anadolu granitoyidleri (Tog) tarafından kesilmekte ve Tersiyer yaşlı örtü birimleri tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Şekil 2.1).

2.1.2. Toros İstifleri

İnceleme alanında, Kırşehir Masifi'nden İç Torid Kenet Kuşağı ve bu kuşağın neotektonik dönemdeki temsilcisi olan Ecemiş Fayı'nın Demirkazık Segmenti ile ayrılan Anatolid-Torid Bloğu'na ait Toros istifleri; Silürüyen-geç Kretase yaşlı Yahyalı ve orta Devoniyen–geç Kretase yaşlı Aladağ istifleri ile temsil olunur.

2.1.2.1. Yahyalı İstifi

İnceleme alanının güneyindeki Yahyalı ve çevresinde yüzeyleyen Yahyalı Napı (Tekeli ve diğerleri, 1981, 1984) ya da Yahyalı istifi (Ayhan ve diğerleri, 1984) olarak adlandırılan birim; tabanda, Silüriyen yaşlı, serizit-şist, fillit, metakumtaşı ve metasilttaşından oluşan Kirazlı formasyonu (Sk), alt Devoniyen yaşlı şist, kuvarsit, mermer ve kristalize kireçtaşından oluşan Karsavuran formasyonu (Dk), orta Devoniyen yaşlı dolomit, mermer ve kristalize kireçtaşından oluşan Ayraklıtepe formasyonu (Day), üst Devoniyen yaşlı mermer ve kuvarsit ara seviyeli şistten oluşan Yellibel formasyonu (Dy) ve erken-orta Karbonifer yaşlı rekristalize kireçtaşı, şist, kalkşist ve kuvarsitten oluşan Ardıçlıpınar formasyonu (Ca) ile temsil olunur. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla alt Permiyen yaşlı Girvanella'lı rekristalize kireçtaşı ve kalkşistten oluşan Çiğdemgölü formasyonu (Pç) ve bunun da üzerine yine uyumsuzlukla üst Permiyen yaşlı orta-kalın tabakalı kuvarsitlerden oluşan Başoluk formasyonu (Pb) ve benzer yaşlı Mizzial'lı rekristalize kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Karlığıntepe formasyonu gelmektedir. Yahyalı istifi üste doğru sırasıyla alt-orta Triyas yaşlı şist, kalkşist ve rekristalize kireçtaşından oluşan Kocatepe formasyonu ($T_R$ko) ve benzer yaşlı dolomit ve dolomitik

kireçtaşından oluşan Gökkandil formasyonuna (T_rg) geçer. Bu birimlerin üzerine uyumsuzlukla Jura-Kretase yaşlı rekristalize kireçtaşı ve dolomitten oluşan Tavşancıdağtepe formasyonu (JKt) gelir. Yahyalı istifinin alttaki düşük dereceli metamorfizma geçirmiş birimlerinin üzerine uyumsuzlukla gelen örtü birimleri; Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı çakıltaşı, marn, kireçtaşı ve volkanitlerden oluşan Çiftehan formasyonu (Kç) ve bu formasyonun Alatepe kireçtaşı üyesi (Kça) ile bunların da üzerine uyumsuzlukla gelen Paleosen yaşlı çamurtaşı, kumtaşı, kiltaşı, kireçtaşı ve volkanitlerden oluşan Çamardı formasyonu (Tpç) ile temsil olunmaktadır (Keskin ve diğerleri, 2010). Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri ise Silüriyen-Paleosen yaş aralığındaki tüm istifi kesmiştir (Keskin ve diğerleri, 2010).

2.1.2.2. Aladağ Birliği

İnceleme alanında, orta Devoniyen – geç Kretase aralığında çökelmiş ve Yahyalı istifi üzerinde tektonik olarak yerleşmiş bulunan Aladağ istifi, ilk kez Blumenthal (1941) tarafından Siyah Aladağ Napı, daha sonra Özgül (1976) tarafından Aladağ birliği gibi isimlerle anılmıştır. Aladağ istifi tabanda, orta Devoniyen yaşlı dolomit ve kireçtaşından oluşan Şafaktepe formasyonu (Dş) ile başlar, üste doğru üst Devoniyen yaşlı silttaşı, şeyl, kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve kuvarsitten oluşan Gümüşali formasyonu (Dg) ile devam eder. Birimin üzerine Karbonifer yaşlı şeyl, marn, çamurtaşı, kuvarsit ve kireçtaşı ile temsil olunan Belemedik formasyonu (Cb) gelmektedir. Belemedik formasyonunun üzerinde, uyumlu olarak alt Permiyen yaşlı Girvanella'lı kireçtaşı ve kireçtaşından oluşan Sarıoluk formasyonu (Ps) yer alır. Bu birimin üzerine uyumsuzlukla, sırasıyla üst Permiyen yaşlı orta-kalın tabakalı kuvarsitler ile temsil olunan Kızılgeriş formasyonu (Pk) ve Mizzia'lı kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşından oluşan Yellice formasyonu (Py) gelmektedir. Aladağ istifi, üste doğru alt-orta Triyas yaşlı alacalı marn, şeyl ve stromatolitik kireçtaşından oluşan Katarası formasyonu (T_Rk) ile devam etmektedir. Yahyalı istifinde temele ait en üstteki birimler, Katarası formasyonunun üzerinde uyumsuzlukla yer alan Jura-Kretase yaşlı kireçtaşı ve dolomitten oluşan Çamlık formasyonundan (Jkç) ve üst Kretase yaşlı mikritik kireçtaşı, kumtaşı, şeyl ve değişik türden bloklar içeren Yavça formasyonundan (Ky) oluşur. Aladağ istifinin temel birimleri üzerine tektonik bir

dokanakla Kampaniyen-Maestrihtiyen yaşlı Kızılcadağ ofiyolitli melanjı (Kkm) gelmektedir. Melanjın olmadığı yerde ise istifin temel birimleri, orta-üst Miyosen yaşlı volkanik ara katkılı gölsel sedimanter kayalar ile temsil olunan Ürgüp formasyonu (Tü) tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir (Keskin ve diğerleri, 2010).

2.1.3. Ofiyolitik kayalar

Kırşehir Masifi ve Toros istiflerinin üzerine tektonik dokanaklarla, yerleşim yaşı üst Kretase olan ofiyolitik kayalar yerleşmiştir.

İnceleme alanının güneybatı bölümünde yüzlek veren üst Kretase yaşlı, harzburjit, dünit ve bantlı gabrodan oluşan Aladağ ofiyolit napı (Ka), Kırşehir Masifi'ne ait Gümüşler formasyonunu (Pzg) tektonik olarak üzerler. Bu ilişki, inceleme alanının güneyindeki Ecemiş Fayı'nın Demirkazık Segmenti'nin hemen batısında yer alan Hacıbeyli ve Kocapınar köyleri arasında gözlenmektedir. Aladağ ofiyolit napı, Kırşehir Masifi'nin örtü kayaçlarından olan Çayraz formasyonundan (Tç) bir ters fayla ayrılmaktadır (Tekeli ve diğerleri, 1981). Tektonizmanın etkin olmadığı alanlarda ise Aladağ ofiyolit napı, Tersiyer yaşlı sedimanter ve volkanosedimanter ya da volkanitler tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. Bu ilişkiler Yeşilhisar Fay Zonu'nun taban bloğunda gözlenmeketdir (Şekil 2.1).

İlk defa Poisson (1977) tarafından adlandırılan, üst Kretase yaşlı ofiyolitli melanj ve olistostromlarla temsil olunan Kızılcadağ ofiyolitli melanjı (Kkm), inceleme alanının güneydoğusunda, oldukça sınırlı bir alanda yüzlek verir ve Toros istiflerinden Aladağ istifine ait Karbonifer yaşlı Belemedik formasyonu (Cb) ile üst Permiyen yaşlı Yellice formasyonunu (Pye) tektonik olarak üzerler. Bu ilişki, inceleme alanında, Yahyalı güneydoğsunda gözlenmektedir (Şekil 2.1). Birim, Tersiyer yaşlı Ürgüp formasyonu (Tmü) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür.

2.1.4. Orta Anadolu Granitoyidleri

İnceleme alanınının güney ve güneybatısında yüzlek veren, Paleosen yaşlı granit ve granodiyorit türü derinlik ve yarı derinlik kayalarından oluşan birim Orta Anadolu Granitoyidleri (Tog) olarak tanımlanmıştır (Dönmez ve diğerleri, 2005). Orta

Anadolu'da geniş alanlarda yayılım sunan bu granodiyoritlerden, Ayan (1963) 54 milyon yıl, Ataman (1972) 71 milyon yıl, Göncüoğlu (1986) ise 95 milyon yıl soğuma yaşları elde etmişlerdir. Orta Anadolu Granitoyidleri (Tog), Yahyalı kuzeybatısında üst Permiyen yaşlı Karlığıntepe formasyonunu (Pk) kesmiş ve Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın güncel alüvyonları tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. İnceleme alanının güneybatısında ise Kırşehir Masifi'ne ait Gümüşler formasyonu (Pzg) ve Bozçaldağ formasyonunu (PzMzb) kesmiş, alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya ignimbiriti (Tplki) ve Holosen yaşlı trvaerten (Qtr) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür (Şekil 2.1)

2.1.5. Örtü Birimleri

İnceleme alanının temelini oluşturan Kırşehir Masifi, Yahyalı ve Aladağ istifleri, bunları tektonik olarak üzerleyen ofiyolitik kayalar ve tüm bu birimleri kesen Orta Anadolu Granitoyidleri, orta-üst Eosen'den Günümüze kadar değişen yaş aralığındaki örtü birimleri tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür.

Örtü birimleri orta-üst Eosen yaşlı Çayraz formasyonu (Teç) ile başlar. Kırşehir Masifi'ne ait Paleozoyik yaşlı Gümüşler formasyonu (Pzg), Yahyalı istifine ait üst Permiyen yaşlı Karlığıntepe formasyonu (Pk) ve üst Kretase yaşlı Aladağ ofiyolit napı (Ka) orta-üst Eosen yaşlı Çayraz formasyonu (Teç) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. Bu ilişkiler, inceleme alanının güneybatısında gözlenmektedir.

İlk defa Schmidt (1960) tarafından adlanan ve Çayraz formasyonu (Teç), tabanda kireçtaşı ile başlar, üste doğru kumtaşı-silttaşı ardalanmasıyla devam eder ve çakıltaşı ile son bulur.

Çayraz formasyonu (Teç), evaporitli, kırmızı-kahve-gri renkli, paralel çapraz katmanlı, az köşeli, yuvarlak taneli, orta-iyi, yer yer gevşek çimentolanmış karasal çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan (Birgili ve diğerleri, 1975) İncik formasyonu (Toi) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür (Keskin ve diğerleri, 2010). Bu ilişki en iyi inceleme alanın güneybatısında, Yeşilhisar Fay Zonu'nun taban bloğunda gözlenebilir (Şekil 2.1). Çayraz formasyonunun yüzlek vermediği

yerlerde doğrudan Aladağ napı (Ka) üzerine uyumsuzlukla gelen İncik formasyonu, orta-üst Miyosen yaşlı Yeşilhisar formasyonu (Tmy), Ürgüp formasyonu (Tmü) ya da alt Pliyosen yaşlı Kızılkaya ignimbiriti (Tplki) tarafından uyumsuzlukla örtülmüştür. Tüm bu stratigrafik ilişkiler Yeşilhisar Fay Zonu'nun güney bölümü boyunca izlenebilmektedir (Şekil 2.1).

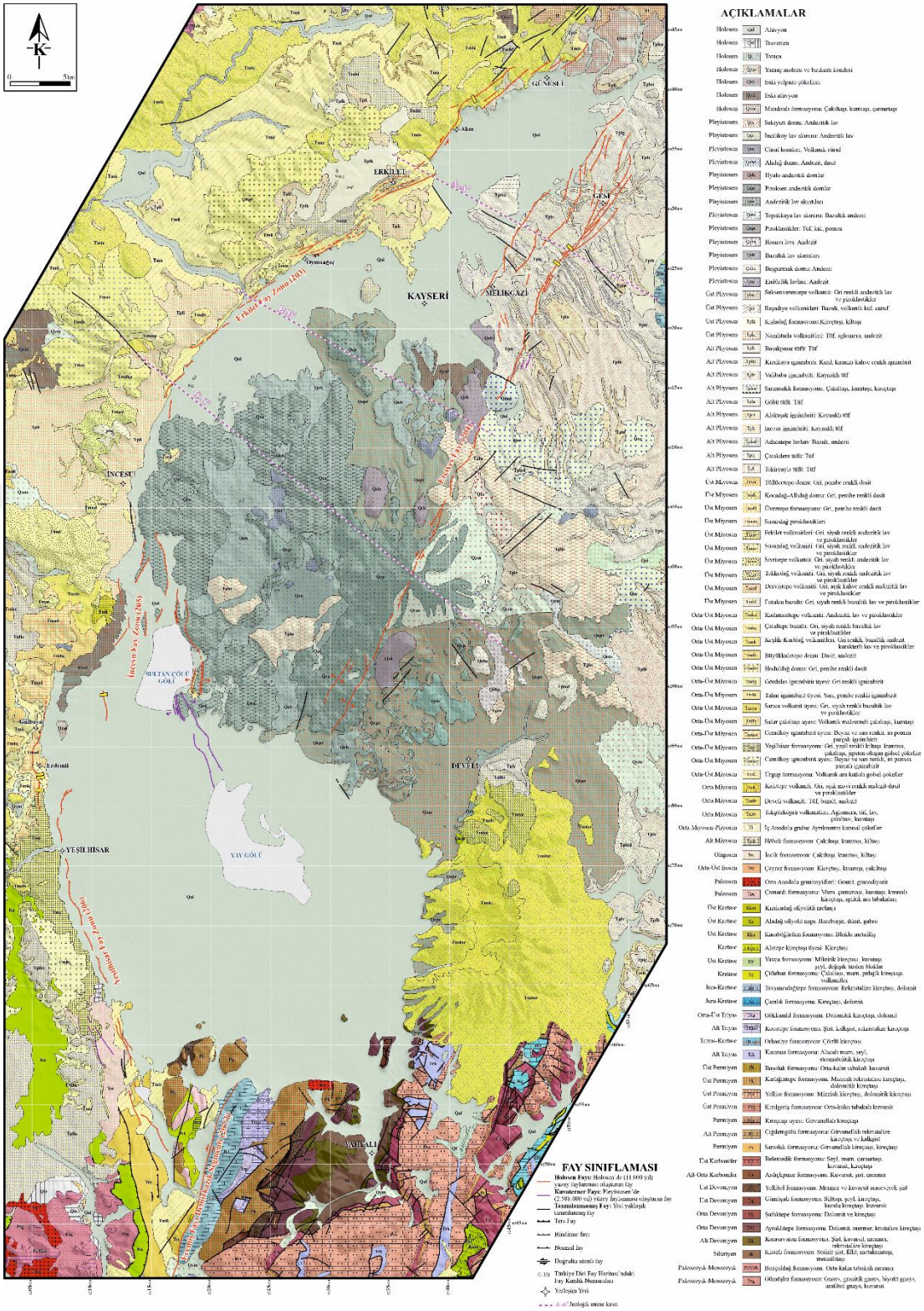
İnceleme alanında; Miyosen'den günümüze kadar geçen jeolojik süreçte oluşmuş karasal-gölsel ve volkanosedimanter çökeller, Orta Anadolu'da etkin olan Miyosen ve sonrası volkanizmanın ürünü çeşitli volkanitler ve Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın güncel dolgu çökelleri yüzlek vermektedir. Miyosen-Günümüz yaş aralığındaki istif tabanda alt Miyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı ve kiltaşı ile temsil olunan Höbek formasyonu (Tmh) ile başlar. İstif üste doğru orta Miyosen-Pliyosen yaş aralığında çökelmiş ayrılmamış karasal kırıntılılardan oluşan İç Anadolu Grubu (Ti) ile devam eder. Orta Miyosen dönemi aynı zamanda, Orta Anadolu'daki çarpışma sonrası Tersiyer volkanizmasının başlangıç zamanıdır. Tersiyer volkanizmasının ilk ürünleri; orta Miyosen yaşlı aglomera, tüf, lav ve yer yer çakıltaşı, kumtaşı içeren Tekgözköprü volkanitleri (Tmte), tüf, bazalt ve andezitlerle temsil olunan Develi volkaniti (Tmde) ve gri, açık mavi renkli andezit, dasit ve piroklastiklerden oluşan Kaletepe volkanitidir (Tmk). Orta-üst Miyosen'den itiabren Orta Anadolu'da etkinleşen Neotektonik dönem yapıları nedeniyle, bölgede birbirinden izole göl havzaları gelişmiştir. Orta-üst Miyosen yaşlı volkanik ara katkılı gölsel çökeller ile temsil olunan Ürgüp formasyonu (Tmü) ve üyeleri, bu yolla oluşmuş göllerde çökelen ve geniş alanlarda yayılım sunan bir birimdir (Dönmez ve diğerleri, 2005).

Orta-üst Miyosen ve sonrası, Orta Anadolu'da volkanizmanın en yoğun yaşandığı dönemdir. Üst Miyosen yaşlı volkanizmanın ürünleri; gri, siyah renkli lav ve piroklastikler ile temsil olunan Fotulca bazaltı (Tmbf), gri, açıkkahve renkli andezitik lav ve piroklastiklerden oluşan Dervişтepe volkaniti (Tmad, gri, siyah renkli andezitik lav ve piroslastiklerle temsil olunan Tekkedağ volkaniti (Tmat), gri, siyah renkli andezitik lav ve piroslastiklerden oluşan Sivritepe volkaniti (Tmasi), benzer kaya türlerinden meydana gelen Sususzdağ volkaniti (Tmas), gri, siyah renkli andezitik lav ve piroslastikler temsil olunan Erkilet volkanitleri (Tmae) ile Susuzdağ

piroslastikleri (Tmas), gri, pembe renkli dasitlerden meydana gelen Üveztepe formasyonu (Tmdü), benzer kaya türleri ile temsil olunan Kocadağ-Allıdağ domu (Tmdk) ve Tüllücetepe domundan (Tmdt) oluşmaktadır (Dönmez ve diğerleri, 2005).

Pliyosen dönemi; daha çok tüf, ignimbirit ve yer yer bazalt, çeşitli piroslastikler ve gölsel ve karasal çökellerin oluştuğu döneme karşılık gelir. Bu dönemin alt Pliyosen yaşlı ürünleri; Tekiryayla tüfü (Tplt), Çatakdere tüfü (Tlpç), bazaltik ve andezitik lavlardan oluşan Adacatepe lavları (Tplad), kaynaklı tüfler ile temsil olunan İncesu ignimbiriti (Tpli) ve Alakuşak ignimbiriti (Tpla) ile Göbü tüfü (Tplg), çakıltaşı, kumtaşı ve kireçtaşından meydana gelen Samısaklı formasyonu (Tplsa), kaynaklı tüfler ile temsil olunan Valibaba ignimbiriti (Tplv), kızıl, kırmız-kahverengi, ignimbiritlerden oluşan Kızılkaya ignimbiriti (Tplkı) ve Başakpınar tüfü (Tplb) ile temsil olunur. Üst Pliyosen dönemi volknizma ve eş yaşlı karasal-gölsel sedimantasyon ile karakteristiktir. Bu dönemin ürünleri; tüf, aglomera ve andezitlerden oluşan Namlıtarla volkanitleri (Tpln), kireçtaşı ve kiltaşı ile temsil olunan Kışladağ formasyonu (Tplk), bazalt, volkan külü ve cüruf ile temsil olunan Reşadiye volkanitleri (Tplr) ve gri renkli andezitik lav ve piroklastiklerden meydana gelen Seksenverentepe volkanitleridir (Tplse) (Dönmez ve diğerleri, 2005).

Bölgedeki en genç volkanizma Kuvaterner yaşlı Erciyes volkanizmasıdır. Erciyes volkanizmasının ürünleri; Pleyistosen yaşlı andezitlerden oluşan Endürlük lavları (Qee), bir andezitik dom olan Beşparmak domu (Qebe), bazaltik lav akıntıları (Qeb), andezitler ile temsil olunan Hasırcı lavı (Qeha), tüf, kül ve pomza türü piroklastikler (Qepr), bazaltik lav akıntılarından oluşan Topakkaya lav akıntısı (Qeto), andezitik lav akıntıları (Qea), piroksen andezitik domlar (Qep), hyalo andezitik domlar (Qeh), andezit ve dasitten oluşan Alidağ domu (Qead), cüruf konileri (Qec), andezitik lavlar ile temsil olunan İnciliköy lav akıntısı ve andezitik lavlardan meydana gelen Sekiyurt domudur (Qes). Holosen dönemi, Erciyes Çek-Ayır havzasının en üst dolgu çökelleri ile temsil olunur. Bu dönemin ürünleri; çakıltaşı, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan Mandıralı formasyonu (Qma), eski alüvyon (Qeal), eski yelpaze çökelleri (Qey), yamaç molozu ve birikinti konileri (Qym), taraça (Qt), traverten (Qtr) ve güncel alüvyondur (Qal) (Dönmez ve diğerleri, 2005).



Şekil 2.1. Kayseri ve çevresinin jeoloji haritası (Jeoloji haritası; Dönmez ve diğerleri, 2005; Dalkılıç 2009 a,b; Keskin ve diğerleri, 2010 tarafından hazırlanan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarından düzenlenmiştir, diri faylar Emre ve diğerleri, 2013'ten alınmıştır). Ek-1'de sunulmuştur.

BÖLÜM ÜÇ

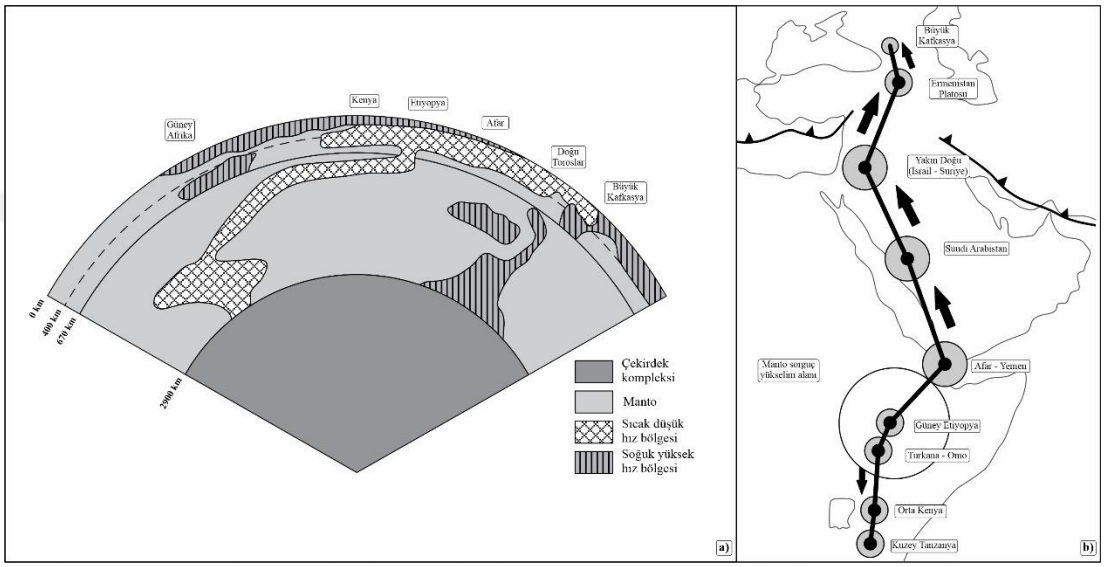
TEKTONİZMA

3.1. Tektonik Çatı

Doğu Akdeniz bölgesinde, Afrika-Arabistan ve Avrasya levhaları arasında, orta-üst Miyosen'den itibaren başlayan kıtasal yakınsama ve devamındaki jeodinamik olaylar; Anadolu'da kıtasal çarpışma, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)'nun gelişimi ve bu fay zonları ile sınırlandırılan Anadolu Mikrolevhası'nın batıya doğru hareketi, astenosferik yükselim alanlarında çarpışma sonrası volkanizma ve kıta-içi aktif tektonizma gibi diyakronik (ardı ardına) olayların gelişmesine neden olmuştur. Bu Jeolojik süreçler sonucunda, KAFZ, DAFZ, Ölü Deniz Fay Zonu ve Ege-Kıbrıs Dalma Batma Zonu gibi başlıca neotektonik yapılar ile birbirinden ayrılan, Kuzey Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Orta Anadolu Ova Bölgesi ve Batı Anadolu Graben Bölgesi olarak adlandırılan neotektonik bölgeler gelişmiştir (Şengör ve diğerleri, 1985). KAFZ ve DAFZ ile sınırlandırılmış olan ve batıya doğru yılda ortalama 20 mm hızla hareket eden Anadolu Mikrolevhası'nın, (McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Şengör ve diğerleri, 1985) bu hareketi, Ege Denizi'nin güneyinde, Ege Yayı boyunca kuzeye doğru dalan Afrika okyanusal litosferi tarafından karşılanmakta ve bu, GB Anadolu'da saatin tersi yönünde bir rotasyona neden olmaktadır (Şengör, 1980; Şengör ve Kidd, 1979; Şengör ve diğerleri, 1985; Reilinger ve diğerleri, 1997).

Orta Anadolu, neotektonik dönem başlangıcından itibaren, aktif tektonik açıdan durağan görünse de Tersiyer volkanizması ve buna eşlik eden kıta-içi aktif tektonizma nedeniyle özel bir tektonik konuma sahiptir. Orta Anadolu'daki çarpışma sonrası Tersiyer volkanizmasını da etkinleştiren jeodinamik süreç, Oligosen'de Doğu Afrika'nın altında başlayan manto yükselimi (Hofmann ve diğerleri, 1997) sonucunda Doğu Afrika riftinin oluşması (Ghebreab, 1998) ve devamında, üst manto malzemesinin kuzeye doğru akışı ile yakın ilişkilidir (Faccenna ve diğerleri, 2013) (Şekil 3.1). Ölü Deniz Rifti üzerinden Güneydoğu Anadolu'ya uzanan üst manto malzemesinin bir bölümü, Doğu Anadolu altından Ermenistan ve Kafkasya'ya kadar uzanmış (Ershov ve Nikishin, 2004; Keskin, 2005, 2007; Faccenna ve diğerleri,

2013), bir bölümü Engizek Dağları'nın bulunduğu bölgeden batıya doğru, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'nin bulunduğu alana doğru yönelmiştir (Faccenna ve diğerleri, 2013) (Şekil 3.2). Orta Anadolu'da etkinleşen manto dinamikleri, Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS)'nin orta bölümün oluşturan Kayseri ve çevresinde, üst kabuğun incelmesine ve Erciyes Stratovolkanı'nın bu bölgeden yükselmesine olanak sağlamıştır.

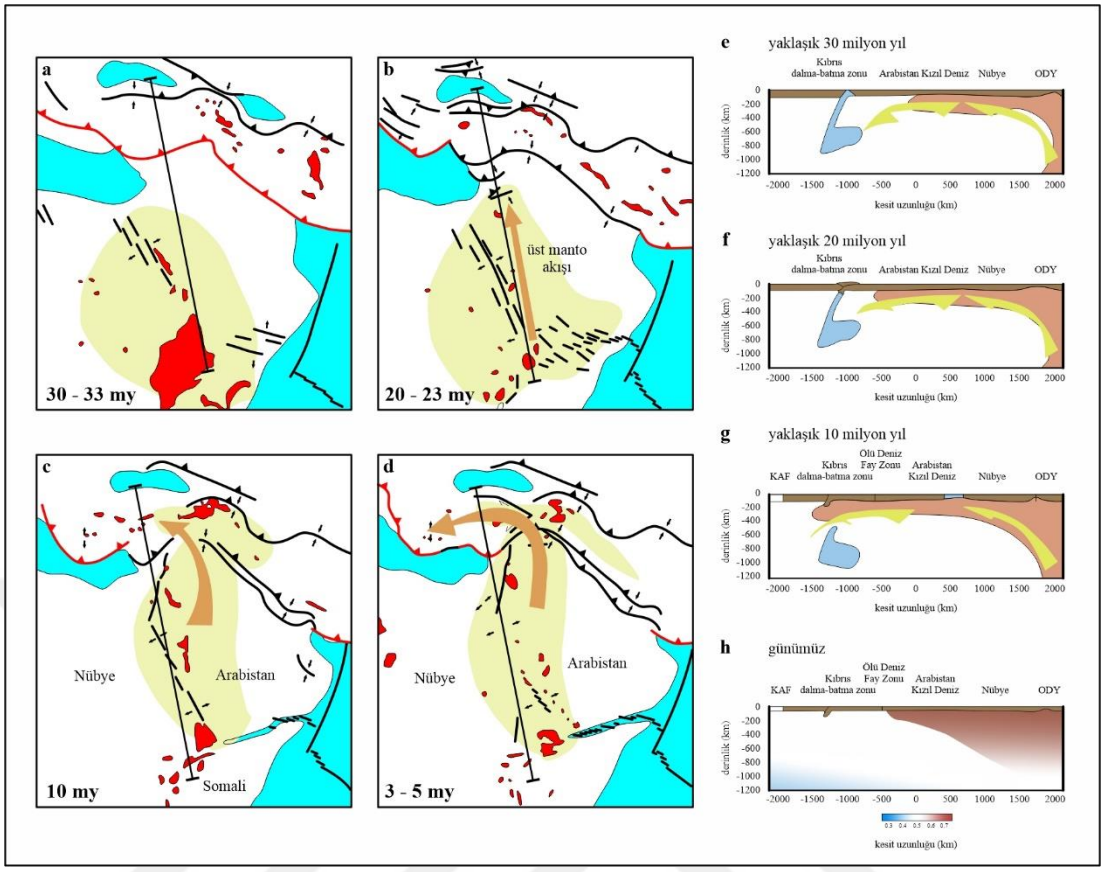


Şekil 3.1. Doğu Afrika Rifti'nin oluşumuna neden olan manto sorgucu ve manto yükselimini gösteren kurgusal sismotomografik kesit (a) ve manto sorgucu yükselim alanından kuzeye doğru hareket eden üst manto malzemesinin yüzeye çıktığı volkanik çıkış merkezlerini gösteren harita (b) (Ershov ve Nikishin, 2004).

Geç Miyosen dönemine kadar Güneydoğu Anadolu'da çarpışma sonrası tektonizmanın etkileri devam ederken, batı Anadolu'da ise Helen Yayı boyunca gerçekleşen dalım süregelmektedir (Burke ve Şengör, 1986). Bu iki farklı tektonik rejimin sebep olduğu deformasyon, Anadolu levhasının kuzeyinde sağ yanal doğrultu atımlı KAFZ, doğusunda ise sol yanal doğrultu adımlı DAFZ'ın oluşumunu tetiklemiştir. Bugün Anadolu Levhası'nın "tektonik kaçış" olarak bilinen batıya doğru hareketi, bu iki transform fay tarafından karşılanmaktadır. Mevcut tektonik rejimin sebep olduğu deformasyon, Orta Anadolu'da KD-GB yönlü transtansiyonal havzaların gelişimine sebep olmuştur (Dirik, 2011).

Orta Anadolu'da gelişen havzalardaki sedimanter çökelim geç Pliyosen'e kadar devam etmiş, sonrasında bölge volkanikler (plato bazaltları ve Valibaba ignimbriti) tarafından kaplanmış ve geniş bir volkanik plato oluşmuştur.

Volkanizmayı takiben, bölgenin en genç kıta içi yapısı olan sol yanal doğrultu atımlı Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS) meydana gelmiştir. OAFS, Kırşehir Masifi ile Anatolid-Torid Bloğu'nu ayıran İç Torid Kenet Kuşağı'nı (Okay ve Tüysüz, 1999) takip eden ve bu sebeple paleotektonik bir yapının neotektonik dönemde yeniden aktivite kazanması şeklinde tanımlanan kaim bir yapı olarak değerlendirilen (Arpat ve Şaroğlu, 1972), toplam 450 km uzunluğunda, genel itibariyle sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemidir. OAFS, kuzeyde Deliler Fayı, orta bölümde Kayseri yöresi diri fayları ve güneyde Ecemiş Fayı ile temsil olunmaktadır. Kayseri yöresi aynı zamanda, İç Torid Kenet Kuşağı boyunca, Kırşehir Masifi ile Anatolid-Torid Bloğu'nun çarpışma alanıdır (Okay ve Tüysüz, 1999). K70ºD doğrultusunda Deliler Fayı üzerinden Kırşehir Masifi'ne dayanan OAFS, Kırşehir Masifi'nin bariyer özelliğinden dolayı sola doğru sıçrayarak Ecemiş Fayı üzerinden güneybatıya yönelmiştir. Bir taraftan manto yükselimi, diğer taraftan Deliler ve Ecemiş Fayı arasındaki sola sıçramaya bağlı olarak Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın oluşması, Kayseri yöresinde üst kabukta genişlemeye neden olmuş ve bunun doğal bir sonucu olarak Erciyes Stratovolkanı havza ortasından yükselmiştir. Çek-Ayır havza gelişiminin ve volkanik aktivitenin birbirine eşlik ettiği jeolojik süreçte, havzayı denetleyen Erkilet, İncesu ve Yeşilhisar Fay Zonları ile Erciyes Stratovolkanı'nı kesen Erciyes Fayı gelişimini ve aktivitesini sürdürmüştür.



Şekil 3.2. Arap-Anadolu-Ege Sisteminin tektonik evrimini yansıtan dört evre; **(a)**: 30-33 milyon yıl, **(b):** 20-23 milyon yıl, **(c):** 10-12 milyon yıl, **(d):** 3-5 milyon yıl ve yaklaşık bu evreleri ifade eden enine kesitler **(e-h):** Levha hareket yönleri (Müller ve diğerleri, 2008; Gurnis ve diğerleri, 2012), jeolojik yapılar (Barrier ve Vrielynck, 2010). Kırmızı alanlar aktif volkanik bölgeleri, kırmızı çizgiler aktif yitim zonlarını, siyah çizgiler çarpışma kuşaklarını, turuncu ok ise manto akış yönünü göstermektedir (Faccenna ve diğerleri, 2013).

Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS) (Emre ve diğerleri, 2013) ya da Orta Anadolu Fay Zonu (Koçyiğit ve Beyhan, 1998) olarak adlandırılan kıta içi aktif doğrultu atımlı sol yanal fay sisteminin kuzeydoğu bölümün oluşturan Deliler Fayı, toplam 204 km uzunluğunda ve K70ºD genel doğrultusuna sahiptir. Doğudan batıya doğru sırasıyla Tecer, Dökmetaş, Sarıoğlan ve Bünyan segmentlerinden oluşan Deliler Fayı, Holosen aktif sol yanal doğrultu atımlı bir faydır (Emre ve diğerleri, 2013; 2018). OAFS'nin güneybatısını teşkil eden 109 km uzunluğundaki Ecemiş Fayı ise K20ºD genel doğrultusuna sahip olup, kuzeyden güneye doğru sırasıyla Demirkazık ve Pozantı segmentlerinden oluşan, sol yanal doğrultu atımlı Holosen aktif bir faydır (Emre ve diğerleri, 2013; 2018). Bu iki ana sol yanal doğrultu atımlı fayın sola doğru sıçraması sonucunda, 120 km uzunluğunda, 35 km genişliğinde ve 1-2 km

derinliğinde “S” şeklinde bir havza olan Erciyes Çek-Ayır Havzası oluşmuştur (Koçyiğit ve Erol, 2001). Fay zonu boyunca gelişen genişlemeli büklüm yapısı boyunca kabuk oldukça incelmiştir ve Erciyes Stratovolkanı’nın Erciyes Çek-Ayır Havzası içerisinde bazaltik patlama ve patlamayı takiben gelişen alanda andezitik volkanik aktivitenin gelişmesiyle yükseldiği bilinmektedir (Pasquare, 1968; Le Pennec ve diğerleri, 1994). Erciyes Stratovolkanı’nın Orta Anadolu bölgesinde yer alan diğer volkanik yapılardan farklı bir geometride ve kimyasal bileşimde geliştiği gözlenmiştir (Notsu ve diğerleri, 1995).

Erciyes Dağı toplamda 555 $km^{2'}$ lik bir alan kaplamakta ve deniz seviyesinden 3917 m yukarıda yer almaktadır. İçerisinde bulunduğu havzayla ise yaklaşık 3000 m kadar kot farkı barındırmaktadır. Erciyes Dağı, iki aşamada oluşmuştur. Erciyes kompleksinin doğu kısmı, Koç Dağ volkanının çökmesi ve çökmeye bağlı olarak gelişen açılma rejimi etkisinde yüzeyleyen Valibaba ignimbritlerinden oluşmaktadır. (Şen ve diğerleri, 2003). Söz konusu volkaniklerde az bir doğrultu atımlı bileşen içeren normal faylanma yaygındır. Volkanizmanın ikinci aşamasının ise Erciyes Dağı’nı oluşturduğu düşünülmektedir (2.6 My.’dan günümüze kadar uzanmakta). Erciyes Havzası hem genişlemeli büklüm hem de Çek-Ayır nitelikte bir havza olarak tanımlanabilmekte ve volkanizma ile eş yaşlı olarak değerlendirilmektedir (Toprak, 1998; Koçyiğit ve Erol, 2001). Koçyiğit ve Erol (2001) havzanın açılma zamanı Valibaba ignimbiritlerinin çökelimden sonra gerçekleşmiştir.

3.2. Jeodezik Veriler

Küresel Konumlama Sistemi (GPS) çalışmaları Anadolu Mikrolevhası genelinde, Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Batı Anadolu Grabenleri gibi aktif yapılar üzerinde yoğunlaşmış, buna karşın sismik aktivitesi daha düşük olarak değerlendirilen Orta Anadolu Ova Bölgesi'ndeki Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS) ve Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) gibi kıta-içi aktif faylar üzerinde GPS çalışmaları yeni başlamıştır (Gezgin ve diğerleri, 2023).

Orta Anadolu Ova Bölgesi, öncel tektonik (McKenzie, 1972; Dewey ve Şengör, 1979; Dewey ve diğerleri, 1986) ve bölgesel jeodezik çalışmalarda (Oral 1995; Reilinger ve diğerleri, 1997; McClusky ve diğerleri, 2000) deformasyon oranı düşük ve rotasyonel olarak hareket eden rijit bir blok olarak tanımlanmıştır.

Reilinger ve diğerleri, (2006), Avrasya'ya oranla saatin tersi yönündeki hareketin yalnızca Anadolu Mikrolevhası ile sınırlı olmadığını; Arap, Anadolu, Ege, Zagros ve Orta İran'ı kapsayan geniş bir alanın bir bütün olarak hareket ettiğini ileri sürmüştür (Reilinger ve diğerleri, 2006). Aktuğ, (2013), Anadolu Mikrolevhası'nın batıya doğru hareketinin 100 km'de 0,7 mm' den 1,3 mm' ye kadar değişen doğrusal bir artış sunarak devam ettiğini ortaya koymuştur. Hız vektörlerinin batıya doğru artması, Anadolu Mikrolevhası'nın hareketine Afrika Okyanusal Litosferi'nden kaynaklanan kuvvetlerin de etkin olabileceğine işaret etmektedir. Ege-Kıbrıs Yitim Zonu boyunca kuzeye doğru dalan Afrika Okyanusal Litosferi'nin çekim kuvveti (slab pull) nedeniyle, yay gerisi genişleme alanı olan Güneybatı Anadolu'da yaklaşık KKD-GGB yönlü bir genişlemeli tektonik egemen olmuştur (Kürçer ve diğerleri, 2021). Öte yandan, Aktuğ ve diğerleri, (2013), Karlıova'nın batısından Afyon'a kadar uzanan bölgedeki yaklaşık K-G doğrultulu faylar boyunca D-B yönlü genişleme oranları elde etmiş ve bu genişlemenin K-G doğrultulu faylar ve D-B doğrultulu genişleme havzaları tarafından absorbe edildiğini yorumlamıştır. Şengör ve Yılmaz (1981), Anadolu'daki genişleme rejimini Anadolu'nun en batı kısmıyla sınırlandırmıştır. Koçyiğit ve Özaçar (2003) taraftan genişleme rejimininin sınırları, doğuda Tuz Gölü Fay Zonu ve Ecemiş Fayı, kuzeyde İnönü-Eskişehir Fay Zonu, güneyde Kıbrıs Yayı'nın kuzeyi ve batıda Ege Denizi olarak tanımlanmıştır. Aktuğ

ve diğerleri, (2013) ise hız gradyanlarına göre, genişlemenin Tuz Gölü Fay Zonu'nun batısı ile sınırlı olmadığını, Anadolu Mikrolevhası'nın doğu sınırına kadar devam ettiğini ileri sürmektedir. Aktuğ ve diğerleri, (2013)'e göre, Orta Anadolu'nun genelinde gerilme oranları düşük olmasına karşın, Orta Anadolu Fay Sistemi, Tuz Gölü Fay Zonu ve Çukurova Havzası'nda bu oranlar yaklaşık iki katıdır. Aktuğ ve diğerleri, (2013) ayrıca, gerilme analizlerinde, gerilme oranlarının havza kenarlarındaki aktif faylar boyunca arttığını ortaya koymuştur. Koçyiğit ve Beyhan (1998) tarafından Orta Anadolu Fay Zonu (OAFZ) için önerilen yıllık 0,3 mm'lik kayma hızının, GPS çalışmaları ile saptanabilmesi için daha yoğun bir GPS projesi gerekmektedir Aktuğ ve diğerleri, (2013). Blok modellemesine dayalı GPS çalışmalarında, Reilinger ve diğerleri (2006) OAFZ'nin en kuzey kısmı boyunca 3,3 mm/yıl sol yanal ve 1,7 mm/yıl normal, OAFZ'nin geri kalan kısmı için ise 4,2 mm/yıl normal kayma hızı hesaplamışlardır. Aktuğ ve diğerleri (2013) tarafından yapılan blok modeli GPS çalışmasına göre ise, güney Anadolu'daki sıkışma rejimiyle tutarlı olarak OAFZ boyunca genişleme oranının 2 mm'den fazla olmadığı ve zonun güneyinde yer alan Ecemiş Fayı'na doğru bu oranın aniden düştüğü belirtilmiş ve bu sebeple OAFZ'nun, Anadolu ve Arap Levhaları'nın etkileşiminden kaynaklı sol yanal hareketi 1 mm/yıl'dan daha fazla bir hızla karşılayamayacağı ileri sürülmüştür. Araştırmacılara göre, Erciyes Çek-Ayır Havzası'ndaki gerilme modeli, tamamen genişlemeli bir tektonik rejimi göstermektedir. Aktuğ ve diğerleri (2013), OAFZ boyunca gerçekleşen deformasyonun, zonun kuzey ve orta bölümüyle sınırlı olduğunu ve neredeyse tamamen normal karakterde olduğunu öne sürmüşlerdir.

BÖLÜM DÖRT

SİSMOLOJİK VERİLER

Ulusal ve uluslararası tarihsel ve aletsel dönem deprem katalogları (Ergin ve diğerleri, 1967; Alsan ve diğ., 1975; Soysal ve diğerleri, 1981; Kondorskaya ve Ulomov, 1999; Kalafat ve diğerleri, 2011; Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017; Kadirioğlu ve diğerleri, 2018) ve yayınlar (Ambraseys ve Finkel, 1991; Eyidoğan ve diğ., 1991; Guidoboni ve diğerleri, 1994; Ambraseys ve Jackson, 1998; Baran ve Erkmen, 1998; Koçyiğit ve Erol, 2001; Erdağ, 2007; Ambraseys, 2009; Aksoy ve diğ., 2010) incelendiğinde, çalışma alanı ve çevresinde tarihsel (1900 öncesi) ve aletsel (1900 sonrası) dönemlerde hasar yapıcı depremler meydana geldiği anlaşılmaktadır.

4.1. Tarihsel Dönem Depremler

Tarihsel dönem depremleri, aletsel sismoloji çalışmalarından önce (1900 öncesi) meydana gelmiş ve deprem büyüklüklerinin, depremlerin yapılar ve canlılar üzerinde meydana getirdiği hasara, yani şiddetlerine göre tanımlandığı depremlerdir. Tarihsel deprem kataloglarına göre, Kayseri ve çevresinde, Erciyes Fayı, Erkilet, İncesu ve Yeşilhisar Fay Zonları ile ilişkilendirilebilecek özellikte 17 adet tarihsel dönem deprem meydana gelmiştir (Tablo 4.1; Şekil 4.1;). Bu depremler oluş sırasına göre aşağıda kısaca tanıtılmıştır:

Milattan Sonra (M.S.) 14-17 yılları arasında meydana geldiği değerlendirilen deprem, Kayseri'de deprem kataloglarına geçmiş ilk depremdir. Bu depremde şehir zarar görmüş ve buna bağlı olarak eskiden beri Kapadokya krallarının Roma'ya ödedikleri vergi azaltılmıştır. Depremin şiddetine dair kesin bir kayıt bulunmamaktadır (Aksoy ve diğerleri, 2010).

Milattan Sonra (M.S.) 127 yılında meydana gelen IX şiddetindeki deprem ağır hasara neden olmuştur (Guidoboni, 1994).

Milattan Sonra (M.S.) 240 yılında gerçekleşen IX şiddetindeki deprem ise Kayseri, Malatya ve Sivas'ta hasar meydana getirmiştir (Soysal ve diğerleri, 1981).

Milattan Sonra (M.S.) 262–270 yılları arasında meydana gelen deprem, dönemin en önemli şehirlerinden biri olan Kayseri'de ağır hasara neden olmuştur. Buna rağmen şehir terkedilmemiş, yıkılan bütün binaların yerlerine yenileri yapılarak şehir yeniden kurulmuştur (Aksoy ve diğerleri, 2010).

Milattan Sonra (M.S.) 1072 yılında meydana gelen deprem sonrası, Bizans İmparatoru VII. Mikhael Dukas, Isaak Komnenos'u, kardeşi Alexis ve Norman prenslerinden Russel'ı ordusuyla birlikte Anadolu'ya göndermiştir. Kayseri'ye ulaşıldığında, şehrin büyük bir deprem ile harap olduğu ve şehirde burçlardan başka bir yapının kalmadığı kayıtlara geçmiştir (Aksoy ve diğerleri, 2010). Depremin şiddeti ile ilgili net bir bilgi bulunmamaktadır.

Milattan Sonra (M.S.) 1205 yılında Kayseri şehir merkezinde meydana gelen depremin şiddeti IX olarak kayıtlara geçmiştir (Soysal ve diğerleri, 1981; Ambraseys, 2009).

Milattan Sonra (M.S.) 1239-1240 yılları arasında meydana gelen deprem sonucunda, Kayseri, Konya ve Aksaray'da şiddetli sarsıntılar hissedilmiş ve bu deprem söz konusu şehirlerde hasara neden olmuştur (Aksoy ve diğerleri, 2010).

21 Ağustos 1335 tarihinde Kayseri merkezli bir deprem meydana gelmiş ve şiddeti VI olarak değerlendirilmiştir (Ambraseys, 2009; Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017).

9 Haziran 1704 tarihinde, sabah saat 07:00 sularında bir deprem meydana gelmiştir. Depremin Erciyes fayı üzerinde olduğu değerlendirilmiş olmasına rağmen şiddeti ile ilgili herhangi bir kayıt bulunmamaktadır (Ambraseys, 2009).

MS. 1714 yılında, deprem dış merkez lokasyonu Gemerek (Sivas) ilçesinin yaklaşık 10 km güneyi olan bir deprem meydana gelmiştir (Erdağ, 2007).

9 Mayıs 1717 tarihinde, sabah 3:30-5:30 saatleri arasında, VIII şiddetinde bir deprem meydana gelmiştir (Soysal ve diğerleri, 1981; Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017; Kondorskaya ve Ulumov, 1999). Depremin Erciyes fayı üzerinde gerçekleştiği değerlendirilmektedir. Deprem nedeniyle Kayseri'de Kurşunlu, Cami Kebir ya da Merkez Cami olarak da isimlendirilen bir caminin yıkıldığı rapor edilmiştir. Erkiletli Hacı Ali Ağa oğlu Muhammet Mehmet Paşa tarafından depremden bir yıl sonra 1718 yılında, yıkılan Musa Ağa Camii yeniden yaptırılmış ve caminin kuzeyine altı odadan ibaret bir medrese ilave edilmiştir (Aksoy ve diğerleri, 2010).

MS. 1825 yılında şiddeti ve dış merkezi tam bilinmeyen bir deprem meydana gelmiş ve bu depremde Güllük Camii büyük ölçüde harap olmuş, ancak sonradan onarılmıştır (Aksoy ve diğerleri, 2010).

14 Mart 1832 yılında, saat 14:30'da bir deprem meydana gelmiş, ancak şiddeti belirlenememiştir (Ambraseys, 2009; Başarır-Baştürk, 2017). Depremin Erciyes Fayı üzerinde olduğu değerlendirilmektedir.

13 Ağustos 1835 tarihinde sabah saat 06:00-07:00 arasında yıkıcı bir deprem meydana gelmiş ve şiddeti V olarak değerlendirilmiştir (Soysal ve diğerleri, 1981; Koçyiğit ve Erol, 2001, Kondorskaya ve Ulumov, 1999). Deprem nedeniyle çok sayıda ev ve minare yıkılmış, 700 kişi hayatını kaybetmiştir. Kayıtlarda "Kayseri şehri, daima zelzelelere maruz kalmış, bazen büyük zararlara ve tahribat olmuş bir yerdir" şeklinde bir tanım yapılmış, Kayseri'deki depremlerin nedeninin, Erciyes'in bir yanardağ olduğu öne sürülmüştür.

10 Şubat 1836'da meydana gelen depremin merkezi Kayseri olarak belirtilmiş olup, şiddeti ve kaynak fayı hakkında herhangi bir bilgi bulunmamaktadır (Ambraseys, 2009; Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017).

1865 yılında Kayseri'de orta şiddette bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremde sivil binaların dışında, Hatıroğlu Camii ve Hasbek Dilaver Paşa Camii yıkılmıştır. Hatıroğlu Camii, 44. Tabur İmamı Mustafa Hafız tarafından, Dilaver Paşa Camii de Kaptan-ı Derya Ahmed Paşa tarafından tamir ettirilmiştir (Aksoy ve diğerleri, 2020).

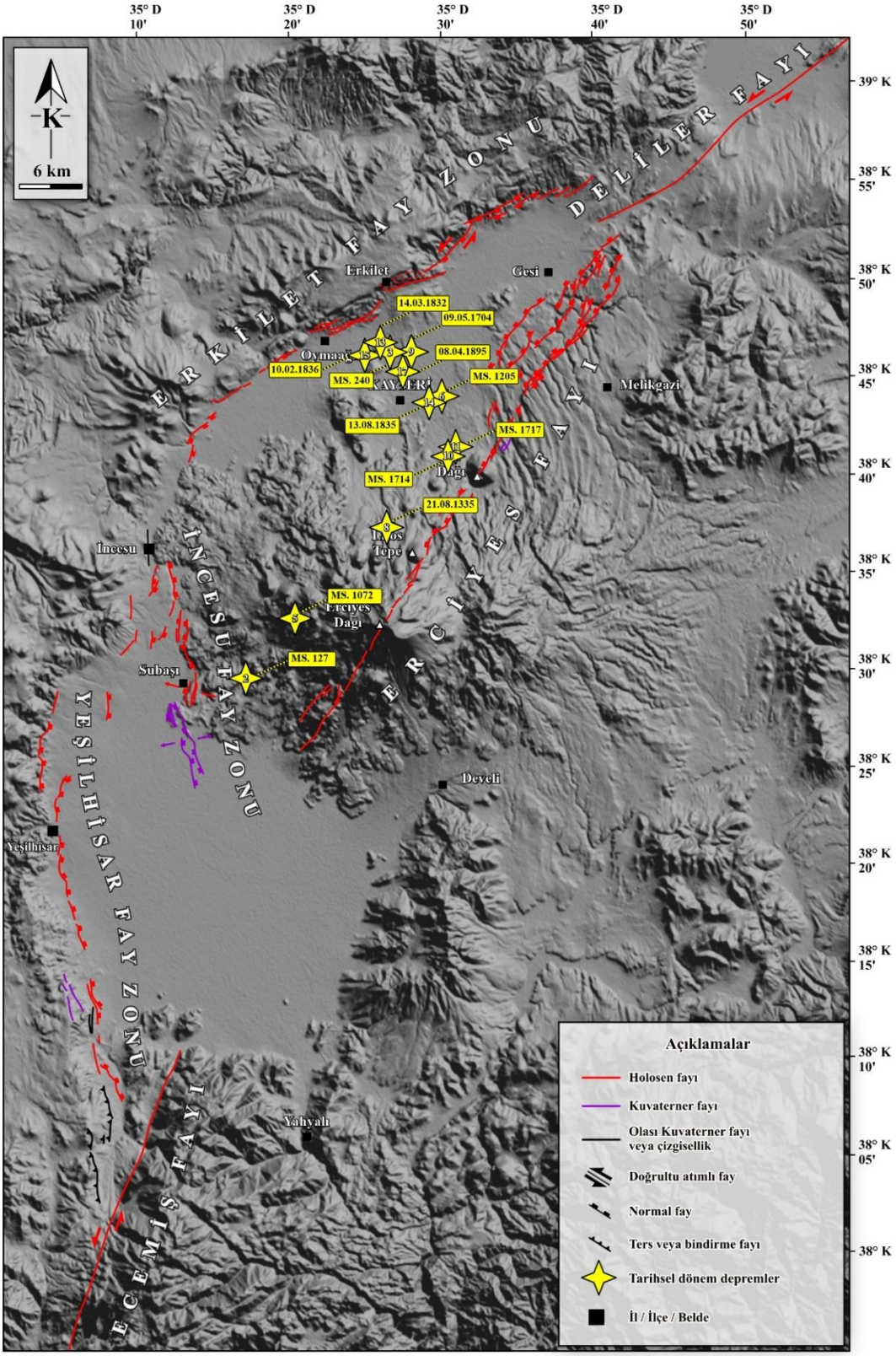
8 Nisan 1895 tarihinde, tarihsel dönem için Kayseri merkezli bilinen son deprem meydana gelmiştir. Saat 03:00'de meydana gelen deprem Erciyes fayı ile ilişkili olup şiddeti VII olarak değerlendirilmiştir (Ambraseys, 2009; Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017).

Tablo 4.1. Kayseri ve çevresindeki tarihsel dönem depremleri (a: Salomon-Calvi, 1940; b: Soysal ve diğerleri, 1981; c: Erdağ, 2007; d: Eyidoğan ve diğerleri, 1991; e: Guidoboni ve diğerleri, 1994; f: Baran ve Erkmen, 1998; g: Ambraseys, 2009; h: Koçyiğit ve Erol, 2001; ı: Başarır-Baştürk ve diğerleri, 2017; i: Aksoy ve diğerleri, 2010; j: Kondorskaya ve Ulumov, 1999).

Tarih	**Zaman (UTC)**	**Koordinat**	**Fay**	**Şiddet**	**Kaynaklar**
MS. 14-17	-	-	-	-	i
MS. 127	-	38.43K-35.28D	-	IX	e
MS. 240	-	38.73K-35.47D	-	IX	b
MS. 262-270	-	-	-	-	i
MS. 1072	-	38.55K-35.32D	-	-	i
MS. 1205	-	38.70K-35.50D	-	VII	b, g
MS. 1239-1240	-	-	-	-	i
21.08.1335	-	38.64K-35.44D	-	VI	g, ı
9.05.1704	07:00	38.73K-35.47D	Erciyes	-	g
MS. 1714	-	38.72K-35.50D	-	-	c
09.05.1717	3:30-5:30	38.70K-35.50D	Erciyes	VIII	b, ı, j
MS. 1825	-	-	-	-	i
14.03.1832	14:30	38.73K-35.47D	Erciyes	-	g, ı
13.08.1835	06:00-07:00	38.72K-35.50D	Erciyes	VIII	b, h, j

Tablo 4.1. devamı

10.02.1836	-	38.73K-35.47D	-	V	g, ı
MS. 1865	-	?	-	-	i
08.04.1895	03:00	38.73K-35.47D	Erciyes	VII	g, ı



Şekil 4.1. Kayseri ve çevresinin diri fay haritası ve tarihsel dönem depremleri. Diri faylar (Emre ve diğerleri, 2013). Tarihsel dönem depremleri için Tablo 4.1'e bakınız. Sayısal Yükseklik Modeli GEBCO (2023) verisi kullanılmıştır.

4.2.Aletsel Dönem Depremler

Bu çalışmada, 1900 ve 2021 yılları arasında, Erciyes Çek-Ayır Havzası içerisinde meydana gelen Mw> 4,0 depremler (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2) değerlendirilmiştir. 1900 ile 2022 yılları arasında meydana gelen aletsel dönem depremleri için AFAD verileri dikkate alınmıştır. Bunun yanı sıra, bölgede meydana gelen Mw> 4,0 depremlerden, moment tensör çözümleri yapılmış olan 5 depreme yer verilmiştir (Şekil 4.2). Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın içerisinde meydana gelen Mw> 4,0 aletsel dönem depremlerinin önemli bir bölümünün OAFS'nin kuzey bölümünden kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Moment tensör çözümü yapılan depremlerin neredeyse tamamının yaklaşık KD-GB doğrultulu sol yanal bileşenli normal faylardan kaynaklandığı, dolayısıyla çalışma alanının yaklaşık KB-GD yönlü bir genişlemeli tektonik rejim altında deformasyona uğradığı anlaşılmaktadır.

Tablo 4.2. Kayseri ve çevresinde meydana gelen M>4,0 aletsel dönem depremleri (a: Ayhan ve diğerleri, 1981; 2: Ambraseys ve Finkel, 1987; 3: Alsan ve diğerleri, 1975; 4: Guttenberg ve Richter, 1954; 5: ISC Kataloğu, 2015; 6: Kalafat ve diğerleri, 2011; 7: AFAD-DDA Kataloğu, 2015; 8: EMSC-CSEM, 2015; 9: Harvard, Global CMT, 2012; 10: USGS, 2020; 11: KOERİ-UDİM, 2023.

Tarih	**Zaman (UTC)**	**Koordinat**	**Derinlik (km)**	**Büyüklük**	**Mw(*)**	**Kaynaklar**
27.05.1900	10:10	38.44K-34.67D	10	4.3 Ms	5.0	2
5.07.1928	03:31	39.20K-34.80D	10	4.5 Ms	5.1	1
9.04.1930	05:07	39.70K-34.00D	10	5.0 Ms	5.4	1
28.06.1933	11:54	39.30K-33.20D	10	4.7 Ms	5.2	1
19.04.1938	10:59	39.44K-33.79D	11	6.6 Ms	6.5	3
19.04.1938	23:11	39.65K-33.87D	30	5.0 Ms	-	1
27.04.1938	10:40	39.89K-34.10D	10	4.6 Ms	-	1
14.05.1938	04:45	39.74K-33.55D	10	4.8 Ms	-	1
14.05.1938	06:55	39.40K-33.80D	30	4.7 Ms	-	1
23.05.1938	00:05	39.40K-3381D	30	4.9 Ms	-	1
21.07.1938	21:56	39.56K-33.68D	42	6.1 Ms	-	1
16.12.1938	11:03	39.52K-33.91D	10	4.8 Ms	-	1
21.02.1940	00:50	38.40K-35.30D	10	5.2 Ms	5.5	1
30.07.1940	00:12	39.75K-35.50D	35	6.2 Ms	6.3	4

Tablo 4.2. devamı

31.07.1940	10:36	39.72K-35.53D	10	4.9 Ms	-	1
27.04.1941	13:01	40.00K-35.50D	35	5.6 Ms	-	4
31.08.1960	22:11	39.09K-35.98D	70	4.7 Ms	5.2	1
18.06.1968	10:09	40.00K-33.00D	33	4.2 Ms	4.4	5
14.07.1978	22:39	39.44K-33.17D	21.9	4.2 mb	-	5
10.04.1981	03:16	38.99K-33.09D	38	4.0 mb	4.1	5
27.02.1983	07:39	39.50K-33.01D	8.4	4.0 mb	4.1	5
21.04.1983	16:18	39.31K-33.08D	38	4.7 mb	4.9	5
3.03.1985	13:02	39.13K-33.16D	10	4.3 mb	4.5	5
18.09.1989	02:27	38.97K-35.54D	33	4.2 mb	4.6	5
10.10.1989	03:09	39.01K-35.40D	36	4.1 mb	-	5
14.02.1992	03:27	38.84K-33.90D	8.5	4.1 mb	4.3	5
29.10.1998	02:57	38.71K-35.46D	19.8	4.0 Mw	4.1	10
14.12.1998	13:06	38.92K-35.79D	15	4.7 Mw	4.8	5
15.12.1998	20:15	38.96K-35.66D	1.2	4..2 mb	-	5
24.08.1999	17:33	39.41K-32.68D	16.9	4.0 mb	4.9	5
7.02.2000	20:11	39.99K-34.05D	28.8	4.6 mb	4.8	5, 10

Tablo 4.2. devamı

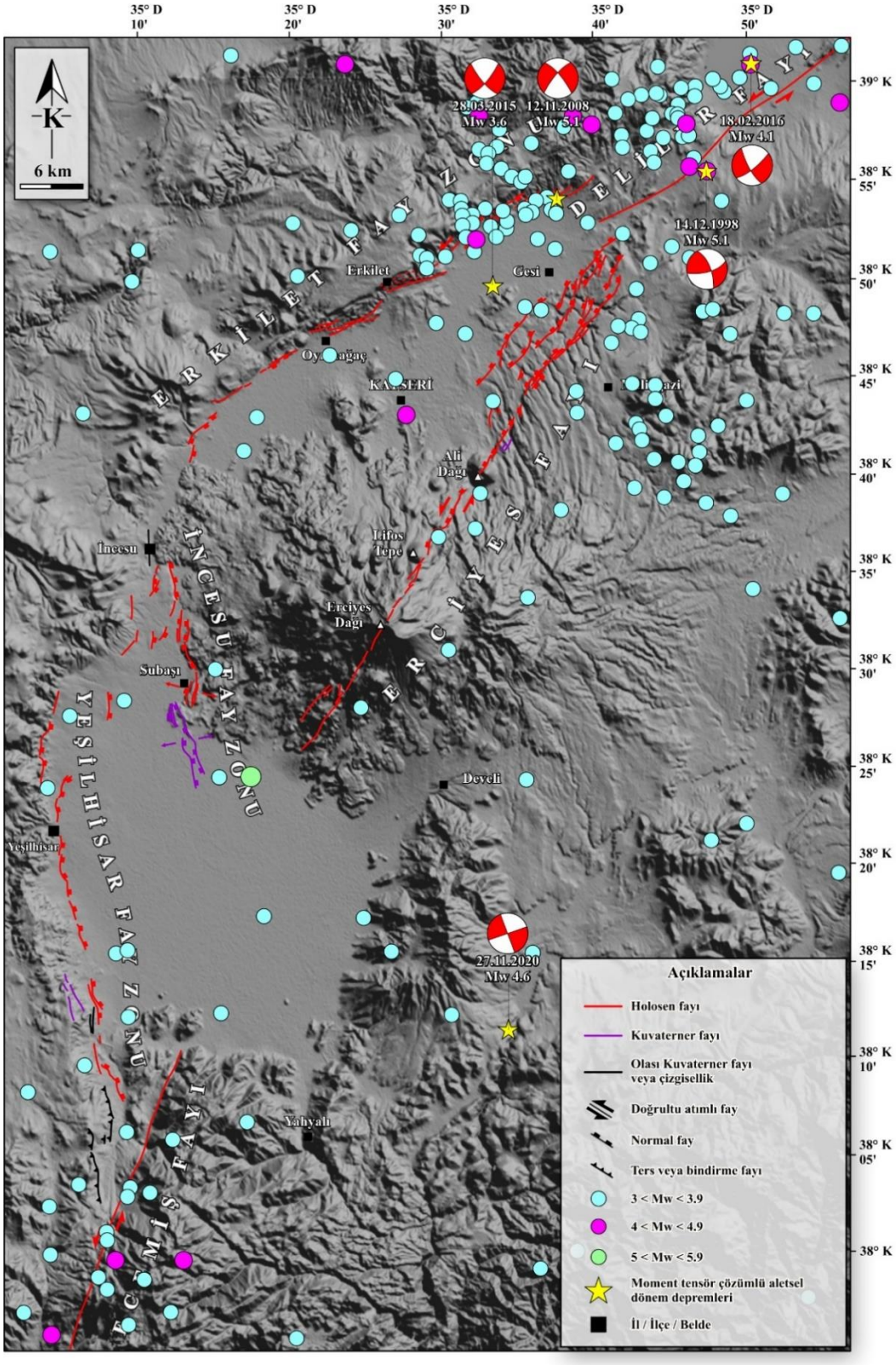
11.03.2001	19:21	38.49K-33.83D	25	4.0 mb	4.1	5
7.03.2002	06:12	38.23K-33.90D	10	4.0 mb	4.1	6
2.05.2003	18:47	38.97K-35.77D	10	4.1 mb	-	5, 6
21.07.2004	09:14	39.63K-33.91D	9.2	4.1 mb	4.3	5
30.07.2005	21:45	39.38K-33.11D	15.5	5.2 Mw	5.4	9
31.07.2005	00:45	39.42K-33.12D	2	4.5 mb	-	8
31.07.2005	15:18	39.44K-33.13D	9.9	4.2 mb	-	5
31.07.2005	15:23	39.44K-33.13D	2	4.2 mb	-	8
31.07.2005	17:51	39.39K-33.10D	9	4.0 mb	-	6
31.07.2005	23:41	39.43K-33.10D	10.1	4.4 mb	-	5
1.08.2005	00:45	39.44K-33.07D	5.4	4.3 mb	-	5
1.08.2005	02:02	39.43K-33.09D	2	4.0 mb	-	8
1.08.2005	03:31	39.41K-33.04D	10	4.1 mb	-	6
6.08.2005	09:09	39.35K-33.12D	2	4.2 mb	-	8
24.03.2006	06:14	39.39K-33.10D	1	4.1 mb	4.3	6
14.02.2007	11:59	39.80K-34.08D	10	4.5 mb	4.7	5, 10
13.12.2007	18:06	38.82K-33.07D	12	4.9 mb	4.9	9

Tablo 4.2. devamı

20.12.2007	09:48	39.41K-33.15D	13.2	5.7 Mw	5.9	9
20.12.2007	09:56	39.41K-33.07D	10	4.1 Ml	-	6
20.12.2007	10:10	39.35K-33.13D	7	4.6 Ml	-	7
26.12.2007	23:47	39.42K-33.10D	14.6	5.6 Mw	-	9
27.12.2007	07:47	39.48K-33.03D	9	4.2 Ml	-	6
27.12.2007	13:48	39.43K-33.13D	10	4.7 mb	-	5
27.12.2007	17:56	39.42K-33.11D	10	4.2 Md	-	8
4.01.2008	05:03	39.37K-33.17D	5	4.0 Ml	-	6
7.01.2008	18:26	39.44K-33.06D	10	4.1 Ml	-	7
1.02.2008	09:11	39.44K-33.06D	16.8	4.5	-	7
15.03.2008	10:15	39.50K-33.04D	12.5	4.5 mb	-	5
31.07.2008	05:02	39.73K-33.35D	5	4.2 Ml	-	6
11.09.2008	08:33	39.40K-33.07D	2	4.1 Ml	-	6
23.09.2008	09:09	39.46K-33.05D	4	4.3 mb	-	5
10.10.2008	06:36	39.47K-33.04D	6.9	4.3 mb	-	5
12.11.2008	14:03	38.83K-35.53D	10	5.1 Mw	5.1	9
19.02.2010	00:34	39.96K-33.15D	17.5	4.0 Ml	4.5	7

Tablo 4.2. devamı

19.10.2010	14:32	39.39K-33.11D	7	4.3 Ml	4.8	7
13.06.2011	11:31	38.38K-33.95D	11	4.0 Ml	4.5	7
16.08.2011	07:53	39.08K-35.91D	5	4.5 Ml	5.1	21
22.11.2011	04:50	39.02K-35.89D	11.1	4.5 Ml	-	7
10.01.2012	21:55	39.37K-35.27D	7.2	4.2 Ml	4.7	7
5.10.2012	10:25	39.35K-33.79D	19.8	4.5 Ml	4.9	7
25.12.2012	22:44	39.84K-34.10D	17.1	4.1 Ml	-	7
18.02.2016	09:56	39.01K-35.85D	4.5	4.0 Mw	-	11
7.04.2016	14:11	38.00K-35.03D	5	4.1 Mw	-	11
4.08.2021	12:38	39.04K-35.90D	6.46	4.1 Mw	-	7
17.01.2022	23:28	39.04K-35.90D	20.44	4.9 Mw	-	7



Şekil 4.2. Kayseri ve çevresinin diri fay haritası ve aletsel dönem depremleri. Diri faylar (Emre ve diğerleri, 2013). Aletsel dönem depremleri için AFAD verileri (deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu) kullanılmıştır. Moment tensör çözümü kaynakçası için Tablo 4.2'ye bakınız.

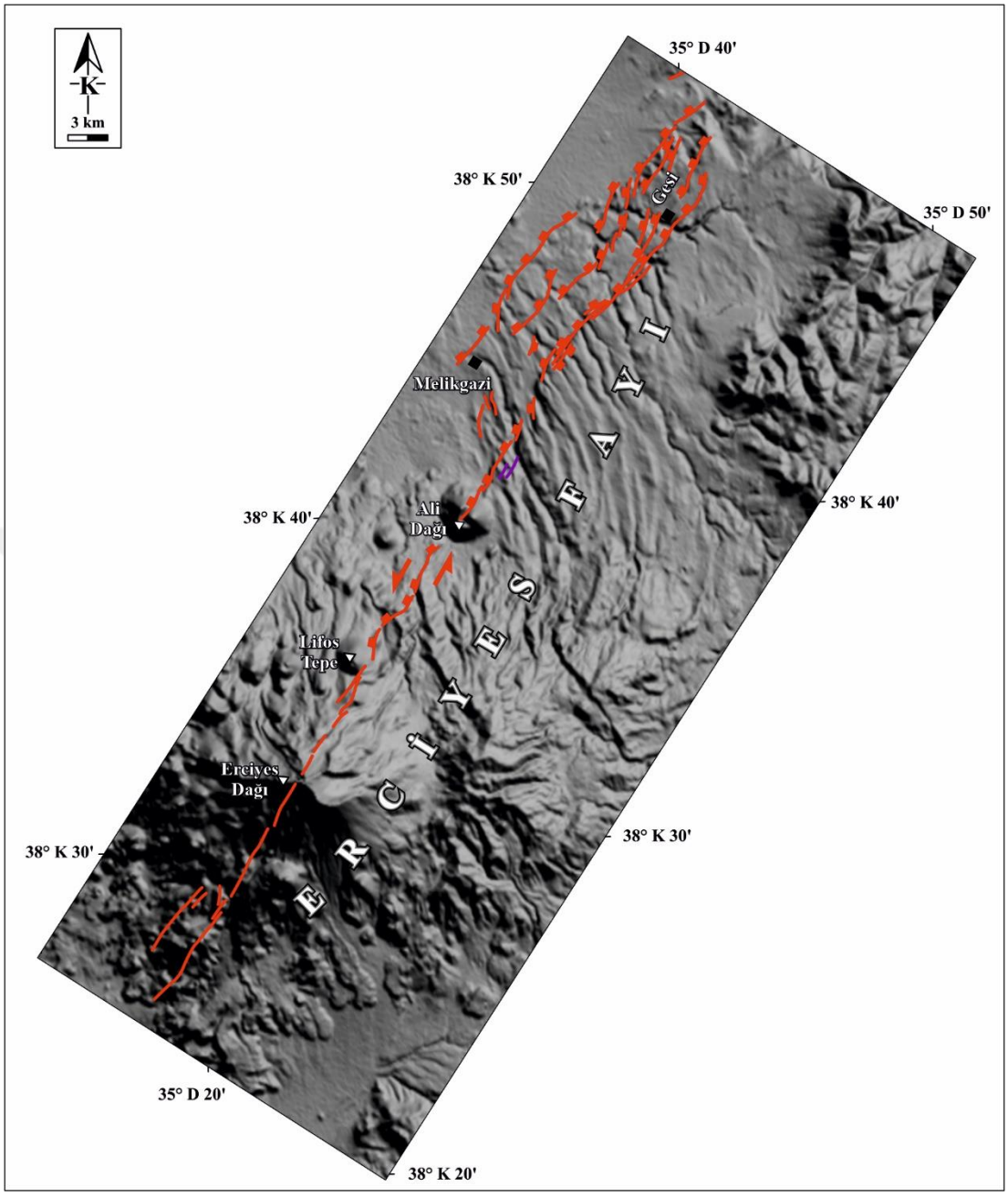
BÖLÜM BEŞ

YAPISAL JEOLOJİ

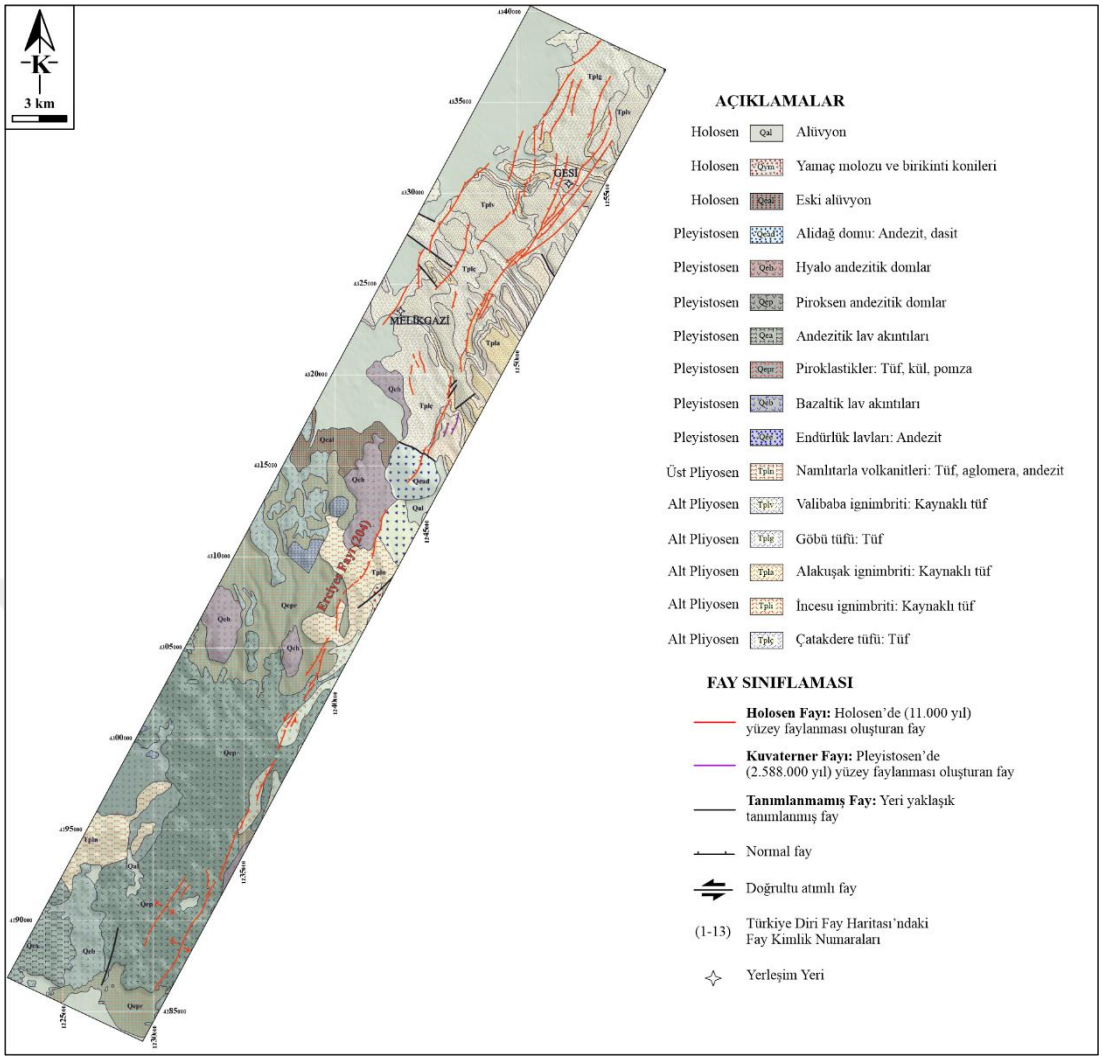
5.1. Erciyes Fayı: Tanım

Erciyes Fayı, 56 km uzunluğunda, K30°D genel doğrultusunda uzanan, çoğunlukla KB'ya eğimli, normal ya da çok küçük oranda sol yanal doğrultu atım bileşenli normal faylardan oluşan aktif bir faydır. Erciyes Fayı, kuzeydoğuda Çavuşağa (Kocasinan - Kayseri) ile güneybatıda Kızık (Develi - Kayseri) arasında uzanmaktadır (bkz. Şekil 1.2). Erciyes Fayı'nın Gesi ve Melikgazi ilçelerini kat eden yaklaşık 20 km uzunluğundaki kuzeydoğu bölümü, en fazla 5 km genişliğinde bir zon içerisine dağılmış, birbirine koşut kısa fay parçalarından oluşmaktadır. Melikgazi doğusundan itibaren daha yalın bir geometriye bürünen Erciyes Fayı, orta bölümde, kuzeyden güneye doğru sırasıyla Erciyes Dağı'nın kuzeyindeki parazit volkan konilerinden olan Ali Dağı ve Lifos Tepe'yi devamında ise, Erciyes Dağı'nın ana çıkış merkezini kesmiş ve morfolojide belirgin izler bırakmıştır (Şekil 5.1).

Erciyes Fayı, Erciyes Çek-Ayır Havzası'nı ve bu havza içerisinde yükselen Erciyes Starovolkanı'nı kesen aktif bir normal faydır. Erciyes Fayı, birbirine koşut ya da yarı koşut, KD-GB doğrultulu faylardan oluşmuştur ve bu faylar Emre ve diğerleri (2013) tarafından Holosen aktif fay olarak değerlendirilmiştir (bkz. Şekil 5.1- 5.5).



Şekil 5.1. Erciyes Fayı'nın diri fay haritası. Diri faylar (Emre ve diğerleri, 2013). Sayısal Yükseklik Modeli için GEPCO (2023) verisi kullanılmıştır.



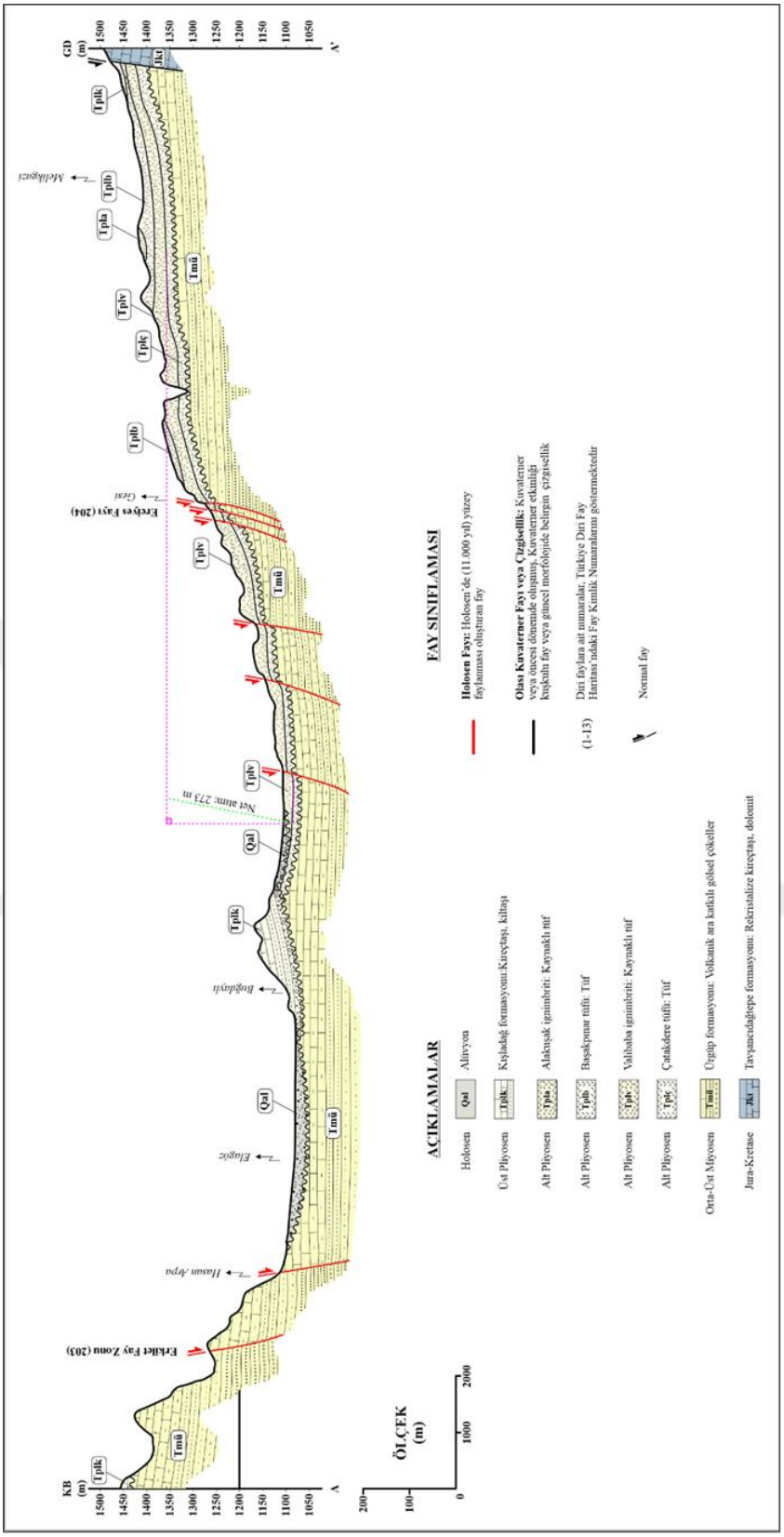
Şekil 5.2. Erciyes Fayı'nın üç boyutlu jeoloji haritası (Jeoloji haritası; Dönmez ve diğerleri, 2005; Dalkılıç 2009a; Keskin ve diğerleri, 2010 tarafından hazırlanan 1:100.000 ölçekli jeoloji haritalarından düzüenlenmiştir. Diri faylar Emre ve diğerleri, 2013'ten alınmıştır).

5.2. Kayma Hızı

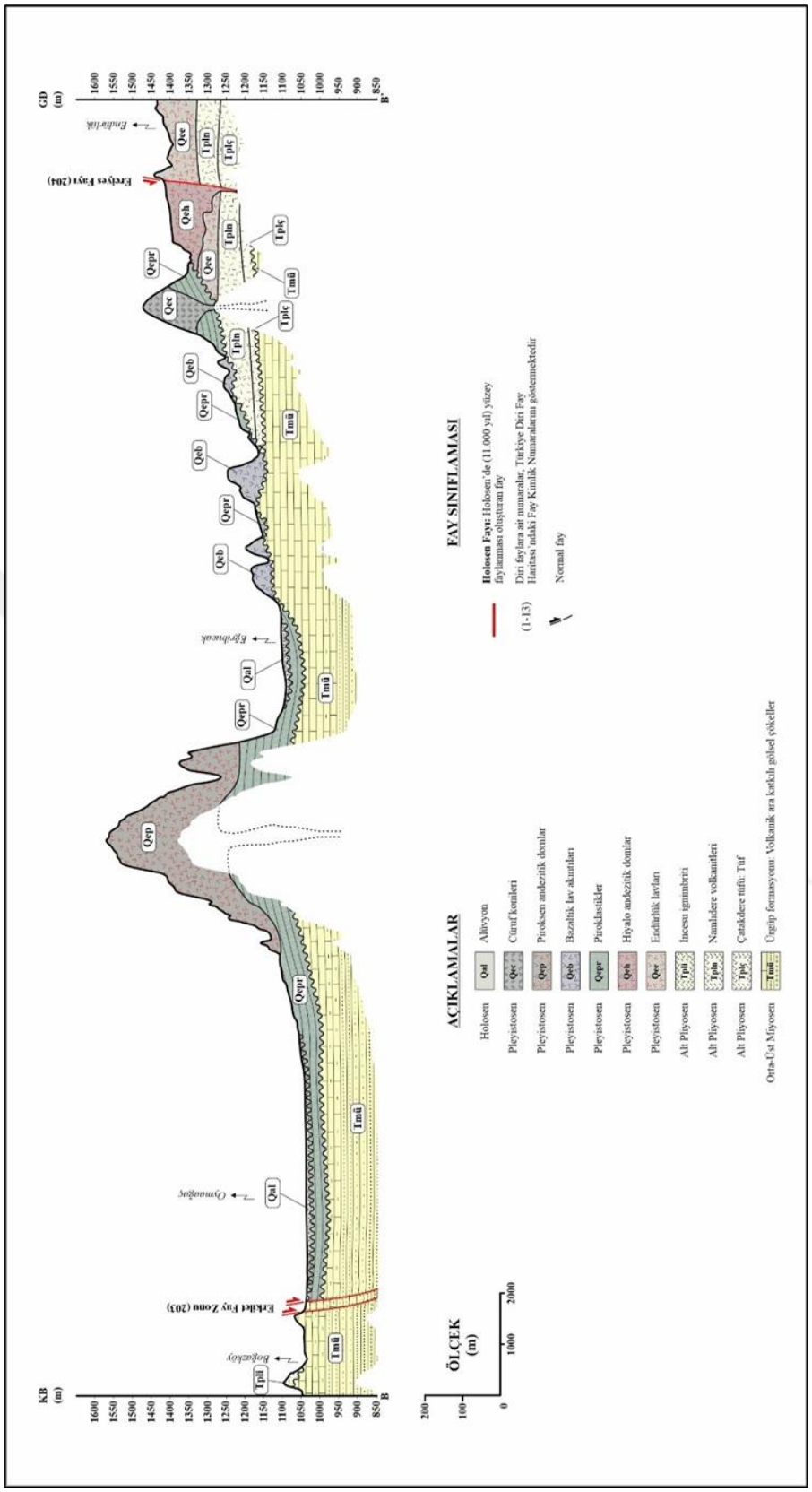
Erciyes Fayı boyunca gözlenen çizgisel fay sarplıkları, faylar tarafından kesilen alüvyon yelpazeleri, üçgen yüzeyler, taban blokta askıda kalmış vadiler, fay boyunca dizilmiş volkan konileri ve tavan blokta gözlenen geriye doğru eğimlenmeler gibi tektonomorfolojik veriler fayın güncel aktivitesinin belgeleri niteliğindedir. Erciyes Fayı, uzanımı boyunca, taban bloğunda yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitleri ve volkanosedimanter çökelleri ve bunlardan türeyen genç çökelleri keser (Şekil 5.2; 5.3; 5.4 ve 5.5).

Erciyes Fayı'nın uzun dönem kayma hızı, fayın her iki bloğunda da yüzlek veren Valibaba ignimbiritinden (Tplv) ölçmüş olduğumuz net atım ve jeokronolojik yaş verileri (Higgins ve diğerleri, 2015) kullanılarak hesaplanmıştır. Valibaba ignimbiritinden, ^{40}Ar / ^{39}Ar yöntemiyle 2,73 ± 0,08 milyon yıl yaş elde edilmiştir (Higgins ve diğerleri, 2015). Bu çalışmada, Erciyes Fayı'nın Valibaba ignimbiritini keserek askıda bıraktığı belirlenmiş olup, A-A' enine kesiti boyunca 273 metre net atım ölçülmüştür (Şekil 5.3). Higgins ve diğerleri (2015) tarafından elde edilen 2,73 ± 0,08 milyon yıl yaş verisi ve bu çalışmadan ölçülen 273 metre net atım birlikte değerlendirilerek yapılan hesaplamada, Erciyes Fayı'nın yıllık kayma hızı 0,1 ± 0,03 mm olarak hesaplanmıştır.

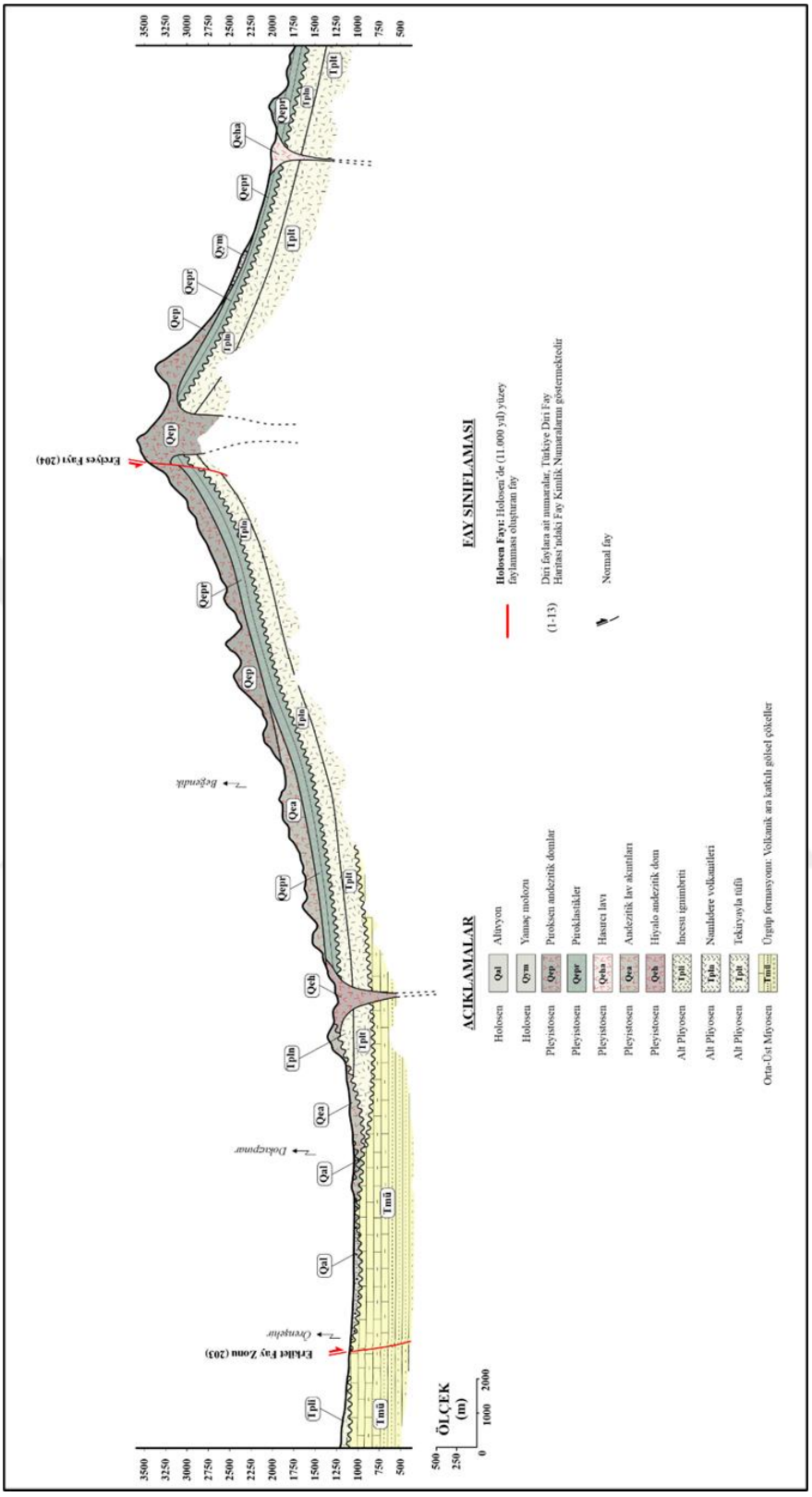
Normal faylar için öngörülen görgül eşitliklere (Wells ve Coppersmith, 1994) göre, Erciyes Fayı'nın üretebileceği en büyük deprem büyüklüğü Mw 7,17, en büyük yer değiştirme miktarı 3,03 metre ve ortalama yer değiştirme miktarı ise 1,17 metre olarak hesaplanmıştır.



Şekil 5.3. Erkilet kuzeyinden Gesi güneydoğusuna doğru KB-GD doğrultusunda alınan A-A' jeolojik enine kesit. Kesit hattı için Şekil 2.1'e bakınız. Ek-2'de sunulmuştur.



Şekil 5.4. Oymaağaç güneybatısından Melikgazi güneyine doğru KB-GD doğrultusunda alınan B-B' jeolojik enine kesit. Kesit hattı için Şekil 2.1'e bakınız. Ek-3'te sunulmuştur.

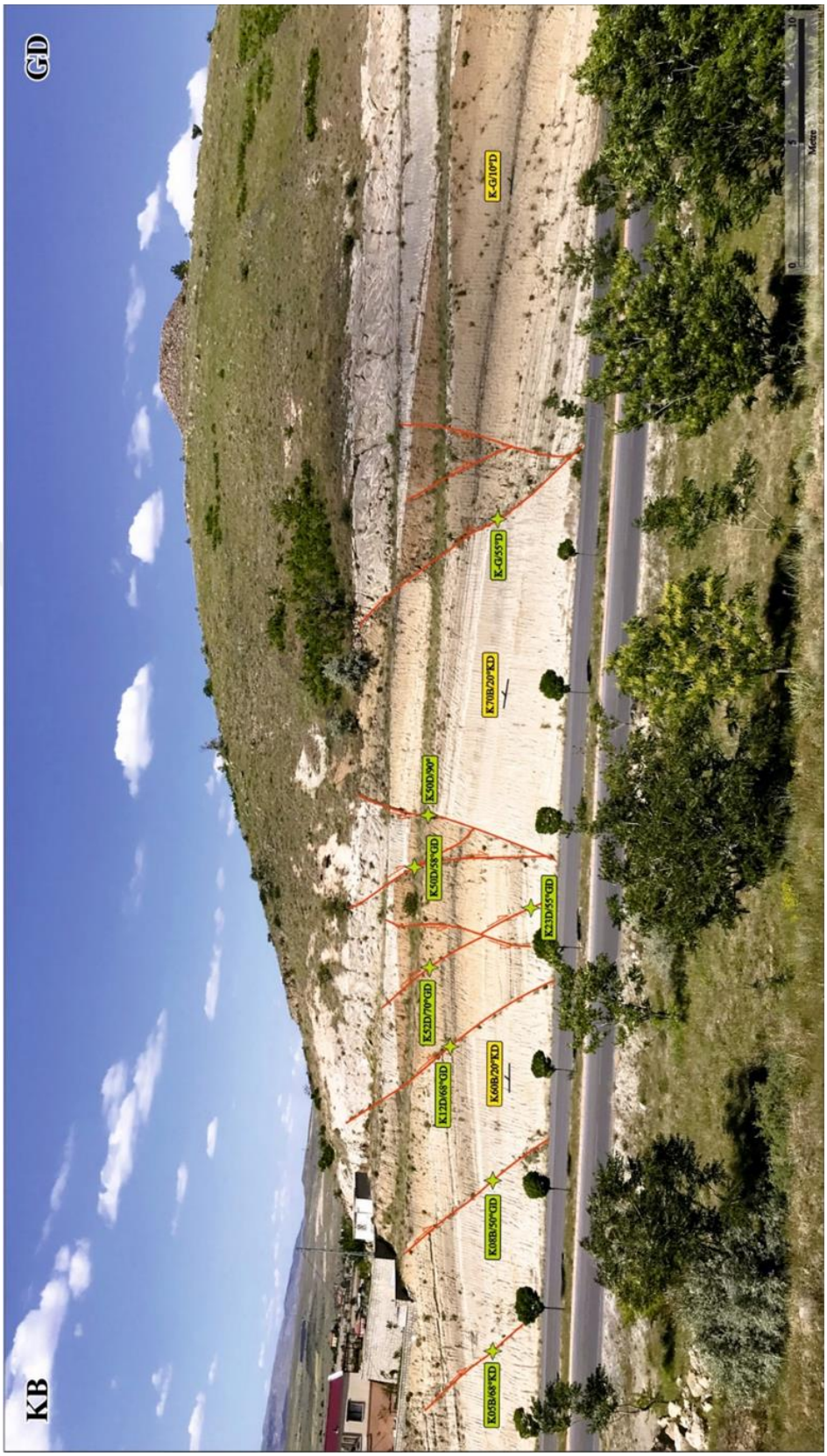


Şekil 5.5. İncesu kuzeybatısından Develi kuzeyine doğru KB-GD doğrultusunda alınan C-C' jeolojik enine kesit. Kesit hattı için Şekil 2.1'e bakınız. Ek-4'te sunulmuştur.

5.3. Kinematik Analiz

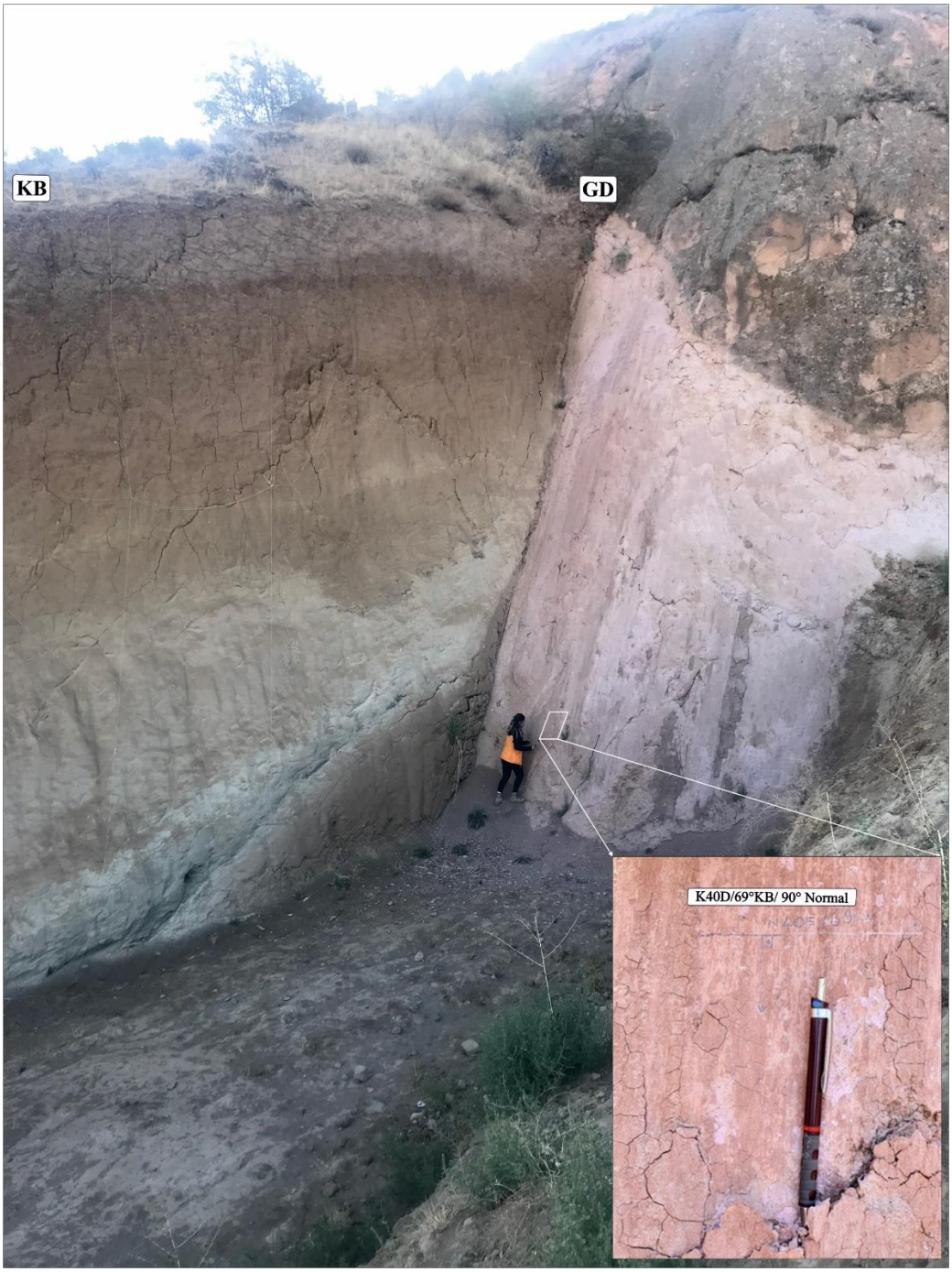
Fayın güncel aktivitesini belgeleyen çok sayıda tektonomofolojik veri yanı sıra, kinematik özelliklerini ortaya koyabilecek yapısal veriler mevcuttur (Tablo 5.1).

Erciyes Fayı'nın yapısal özelliklerine ait veriler çoğunlukla fayın orta ve kuzeydoğu bölümünden derlenmiştir. Erciyes Fayı'nın yapısal özelliklerinin en iyi gözlendiği yerlerden biri, Koramaz Vadisi boyunca Gezi'den Ağırnas'a doğru giden karayolu yarmalarıdır (Tablo 5.1). KB-GD doğrultulu yolun kuzey tarafındaki yarmada, yaklaşık 300 metre genişliğinde bir zon boyunca, alt Pliyosen yaşlı Çatakdere tüfü (Tplç) ve ignimbiritler bir dizi normal fay tarafından kesilmişlerdir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Gesi – Ağırnas yol yarmasında, alt Pliyosen yaşlı Çatakdere tüfünü ve ignimbiritleri (Tplç) kesen ve bir dizi normal fay ile temsil olunan Erciyes Fayı.

Erciyes Fayı'nın yapısal özelliklerinin net olarak diğer gözlem noktası, tarafımızdan kazılan Gesi Hendeği'dir. Gesi Hendeği'nde alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesen Erciyes Fayı tipik normal faylanma karakteri sunmaktadır (Şekil 5.7).



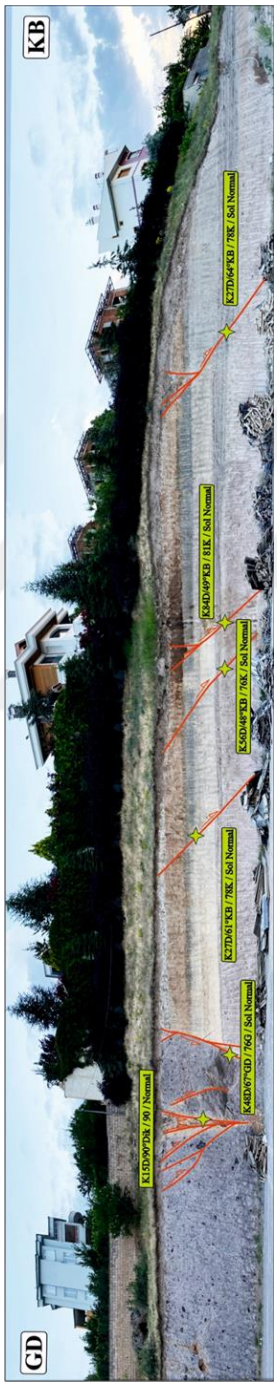
Şekil 5.7. Gesi Hendeği'nde, alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesen ve saf normal faylanma karakteri sunan Erciyes Fayı.

Erciyes Fayı, Melikgazi doğusunda alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesmektedir. Melikgazi Belediyesi tarafından kum ocağı olarak işletilen bir yarmada fay düzlemi net olarak izlenmiş ve daha sonra bu alan bir hendeğe dönüştürülerek Melikgazi Hendeği adı verilmiştir. Fayın yapısal özellikleri hendekte açığa çıkan fay düzleminde net olarak izlenebilmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Melikgazi Hendeği'nde, alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) kesen ve saf normal faylanma karakteri sunan Erciyes Fayı.

Erciyes Fayı boyunca yapısal gözlem yapılabilen son nokta, Alidağı'nın yakın kuzeyindeki inşaat yarmasıdır. Bu lokasyonda, Erciyes Fayı yaklaşık 70 metre genişliğinde bir zon boyunca alt Pliyosen yaşlı Başakpınar tüfünü (Tplb) kesmektedir (Şekil 5.9).



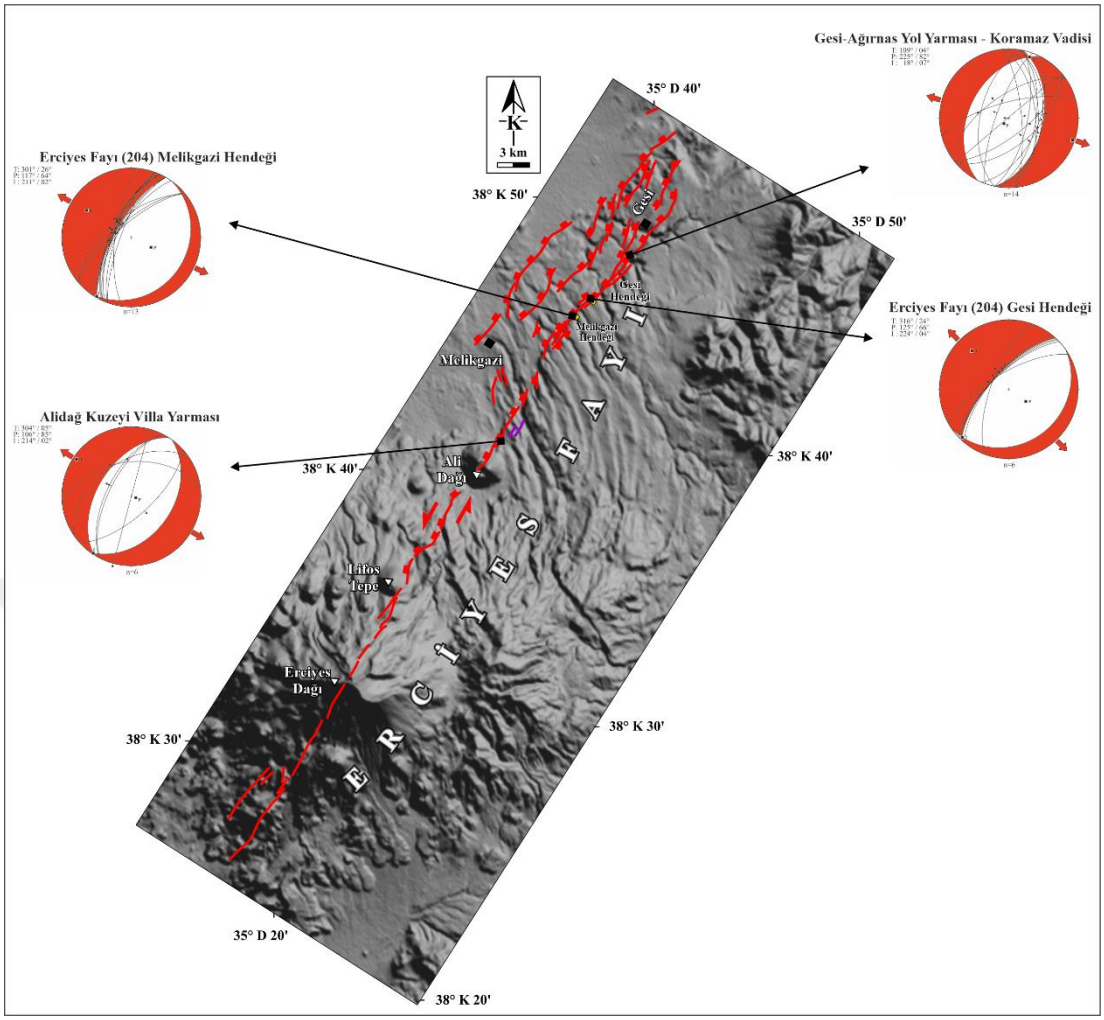
Şekil 5.9. Alidağı'nın kuzeyindeki bir inşaat yarmasında, alt Pliyosen yaşlı Başakpınar tüfünü (Tplb) kesen ve bir dizi normal fay ile temsil olunan Erciyes Fayı.

Tablo 5.1. Erciyes Fayı boyunca ölçülen fay düzlemi kayma verileri.

Gözlem Yeri	Doğu	Kuzey	UTM Zonu	Doğrultu	Eğim Miktarı	Eğim Yönü	Yan Yatım Açısı	Fay Türü	Kaya türü
Gesi Ağısnas Yol Yarması – Koromaz Vadisi	71585,61	4297253,04	36 S	K20D	75	KB	89K	Sol Normal	Çatakdere tüfü (Tplç) Alt Pliyosen
				K05B	68	KD	89K	Sol Normal	
				K12D	56	KB	89G	Sol Normal	
				K01D	55	GD	89G	Sol Normal	
				K50D	89	KB	89G	Sol Normal	
				K50D	58	GD	89K	Sol Normal	
				K23D	55	GD	88G	Sol Normal	
				K52D	70	GD	89G	Sol Normal	
				K12D	68	GD	89G	Sol Normal	
				K08D	50	GD	80K	Sol Normal	
				K05D	58	KD	88K	Sol Normal	
				K55D	63	KB	88G	Sol Normal	
				K75D	71	KB	88K	Sol Normal	
				K10D	58	GD	86G	Sol Normal	
Gesi Hendeği	728796,74	429445,95	36 S	K40D	69	KB	90	Normal	Valibaba ignimbiriti (Tplv) Alt Pliyosen
				K60D	70	KB	90	Normal	
				K47D	70	KB	80G	Sol Normal	
				K20D	69	KB	75K	Sol Normal	
				K44D	69	KB	75K	Sol Normal	
				K45D	70	KB	80K	Sol Normal	

Tablo 5.1. devamı

Melikgazi Hendeği	727412,71	4292730,32	36 S	K24D	66	KB	80K	Sol Normal	Valibaba ignimbiriti (Tplv) Alt Pliyosen
				K20D	73	KB	77K	Sol Normal	
				K20D	78	KB	80K	Sol Normal	
				K24D	70	KB	81K	Sol Normal	
				K35D	73	KB	75G	Sol Normal	
				K50D	71	KB	90	Normal	
				K22D	69	KB	90	Normal	
				K07D	71	KB	88K	Sol Normal	
				K25D	66	KB	90	Normal	
				K30D	74	KB	87G	Sol Normal	
				K30D	72	KB	90	Normal	
				K50D	74	KB	90	Normal	
				K52D	65	KB	90	Normal	
Alidağı Kuzeyi Villa Yarması	722942,13	4283934,35	36 S	K15D	90	Dik	90	Normal	Başakpınar tüfü (Tplb) Alt Pliyosen
				K48D	67	GD	76G	Sol Normal	
				K27D	61	KB	78K	Sol Normal	
				K56D	48	KB	76K	Sol Normal	
				K84D	49	KB	81K	Sol Normal	
				K27D	64	KB	78K	Sol Normal	



Şekil 5.10. Erciyes Fayı boyunca fay düzlemi kayma verisi ölçülen noktaların diri fay haritasındaki konumları ve fay düzlemi kayma verilerinin eş alan alt yarımküresine izdüşümü. Diri faylar (Emre ve diğerleri, 2013). Fay düzlemi kayma verilerinin kinematik analizinde FaultKinWin programı (V.7.0.0) (Marrett ve Allmendinger 1990; Allmendinger ve diğerleri, 2012) kullanılmıştır). P: Sıkışma, T: Genişleme ve I: Ortaç gerilme eksenlerini göstermektedir. Sayısal Yükseklik Modeli için (GEBCO 2023) verisi kullanılmıştır.

BÖLÜM ALTI

PALEOSİSMOLOJİ

Aktif tektonik çalışmalarda, gelecekte yüzey kırılması veya deformasyonuna yol açabilecek büyüklükte deprem üretme potansiyeli taşıyan faylar diri fay olarak kabul edilmektedir. Depremsellik açısından risk içeren bölgelerde, diri fayların sismik davranış biçimlerinin belirlenmesi, deprem tehlike analizlerinin doğru ve güvenilir biçimde yapılabilmesi için önem arz etmektedir. Diri fayların sismolojik davranışlarının ortaya çıkarılmasında günümüzde kabul gören ve yaygın olarak kullanılan en önemli aktif tektonik çalışma yöntemi paleosismolojidir. Paleosismoloji; jeolojik ve jeomorfolojik verileri kullanmak koşuluyla, tarihsel dönemlerde aktif faylar üzerinde meydana gelen depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü hakkında bilgi edinmeyi hedefleyen bir aktif tektonik çalışma yöntemidir (McCalpin ve Nelson, 2009). Paleosismoloji; depremsellik ile ilgili tarihsel kayıtları, tarih öncesi zamana (pre-historic) uygulama esasına dayanır. Paleosismoloji çalışmalarında birkaç ana konu araştırılmaktadır. Bu çalışmaların temel amacı; depremin yeri, zamanı, büyüklüğü, kırılma uzunluğu, son depremden günümüze kadar geçen süre, deprem tekrarlanma aralığı, fay üzerindeki yıllık kayma hızı, deprem sırasında meydana gelen en büyük ve ortalama yer değiştirme miktarı ve fayın deprem davranış biçimi (karakteristik ya da karakteristik olmayan) gibi deprem zararlarının azaltılmasına esas oluşturacak aktif fay parametrelerini belirlemektir. Aynı fay üzerinde meydana gelen depremlerin oluşturduğu toplam yer değiştirme miktarının ölçülmesi ve her bir depremin ayırt edilerek tarihlendirilmesi, fayların sismik davranış biçimlerini belirler. Her bir deprem sonucunda meydana gelen atım miktarı, fayın yıllık kayma hızı, yüzey kırık uzunluğu, deprem tekrarlanma aralığı ve son büyük depremden bu zamana kadar geçen zaman gibi değişkenler, sismik tehlikenin olasılık analizlerinin esasını ve segmentasyon modellerinin geliştirilmesinde kullanılan jeolojik veri tabanını oluşturur. Bir paleosismoloji çalışması sonucunda ulaşılmak istenen ana hedefler şunlardır (McCalpin ve Nelson, 2009; Demirtaş, 1997; Kürçer, 2012; Kürçer ve diğerleri, 2016);

- Depremde meydana gelen yer değiştirmelerin ölçülmesi,
- Fay üzerindeki yıllık kayma hızının (slip rate) hesaplanması,
- Fayın deprem davranış biçiminin belirlenmesi,
- Fay, karakteristik deprem davranış biçimi sergiliyor ise deprem tekrarlanma aralığının (reccurrence interval) bulunması,
- Son depremden günümüze kadar geçen sürenin (elapsed time) hesaplanmasıdır.

Paleosismoloji araştırmalarında yukarıda sıralanan hedeflere ulaşılabilmesi için; fay izinin birkaç metre hassasiyetle haritalanması, fay kazısı (hendek) planlanan alanlarda, fay tarafından kesilen ve ötelenen genç çökellerin bulunması, kazı yapılan alanlardaki çökellerin zamansal açıdan günümüze kadar kesiksiz bir stratigrafi sunması, hendek çökellerinin radyometrik yöntemlerle tarihlendirilebilecek özellikte olması ve yer altı su koşullarının hendek çalışmalarına engel oluşturmayacak veya hendeğe zarar vermeden tahliye edilebilir miktarda olması gibi ön koşulların sağlanmış olması gerekmektedir (Kürçer, 2012; Kürçer ve diğerleri, 2016).

Faylanma tipine bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte, aktif faylar boyunca meydana gelen tekrarlı yüzey faylanmaları sonucunda çizgisel fay sarplıkları, sistematik ötelenmiş drenaj sistemleri, askıda kalmış vadiler, üçgen yüzeyler, bataklık gölleri (sag-pond), topografik eğer yapıları (topographic seddle) gibi bazı tektonomorfolojik yapılar gelişmektedir. Hava fotoğrafı analizlerinin yanı sıra, yapısal jeoloji ve jeomorfolojik veriler kullanılarak, paleosismolojik amaçlı hendek çalışmalarının yapılacağı lokasyonlar belirlenmektedir.

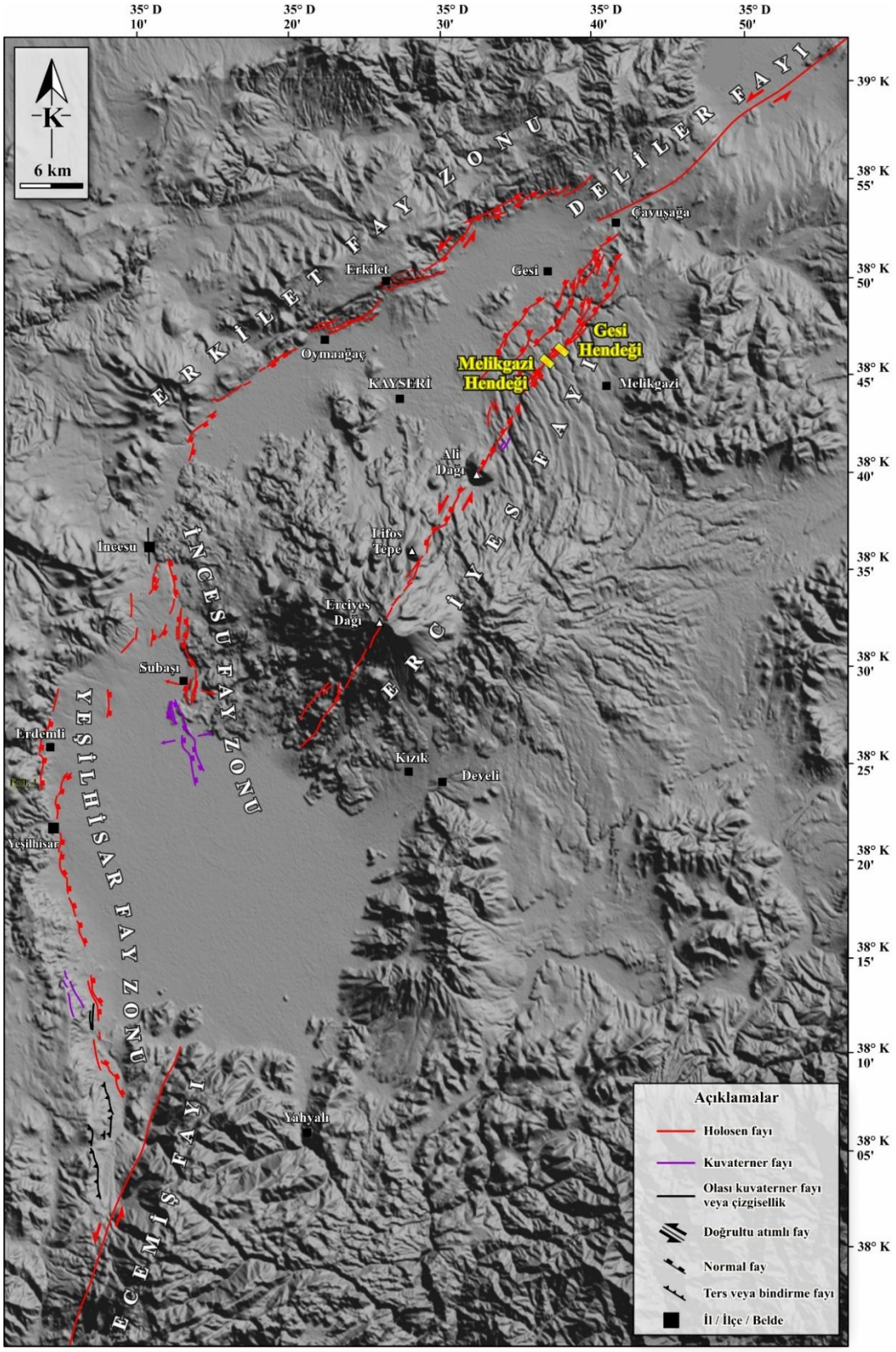
Hendekli paleosismoloji çalışmaları (paleoseismological trenching), paleosismolojik araştırmalarda kullanılan en önemli yöntemlerdendir. Bu yöntem; diri faylar boyunca geçmişte yüzey kırığı oluşturmuş eski depremlerin izlerini kaydeden genç çökeller içerisinde kazılacak hendeklerde, eski depremlerin tanımlanması ve uygun radyometrik yöntemler ile yaşlandırılması esasına dayanır.

Hendekli paleosismolojik çalışmalar 1970'li yılların sonlarında Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya'da başlamıştır. Ülkemizde ise paleosismoloji araştırmaları 1990'lı yılların başlarından itibaren Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü ve Japonya Jeolojik Araştırma Kurumu ortaklığında Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) üzerindeki çalışmalar ile başlamıştır. Yüzey kırığı oluşturmuş diri faylar üzerinde yürütülen aktif tektonik ve hendekli paleosismolojik çalışmalar, çalışılan fayın jeolojik özelliklerine ve hendek alanının fiziksel koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermekle birlikte genellikle şu aşamalardan oluşmaktadır;

- Hendek kazı, tesviye ve temizleme çalışmaları
- Karelajlama
- Fotoğraflama
- Fotomozayik oluşturulması
- Loglama
- Örnekleme
- Örneklerin tarihlendirilmesi
- Paleosismolojik yorum

Bu çalışmada, MTA envanterine kayıtlı 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafı analizi, 1:25.000 ölçekli diri fay haritaları ve jeolojik gözlemler temel alınarak Erciyes Fayı üzerinde 2 adet paleosismolojik hendek çalışması gerçekleştirilmiş olup, bu hendekler Melikgazi ve Gesi Hendekleri olarak adlandırılmışlardır (Şekil 6.1).

Hendeklerden derlenen 13 adet numune Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi (TÜBİTAK-MAM) laboratuvarında radyokarbon yöntemi (^{14}C) ile tarihlendirilmiştir (Tablo 6.1). Buna ilaveten Erciyes Fayı üzerinde kazılan hendeklerden derlenen 3 adet numune Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) yöntemi kullanılarak Ankara Üniversitesi Fizik Bölümü laboratuvarı'nda analiz ettirilmiştir (Tablo 6.2).



Şekil 6.1. Kayseri yöresi diri fay haritası ve hendek yerlerini gösteren harita. Diri faylar (Emre ve diğerleri, 2013). Sayısal Yükseklik Modeli için GEBCO (2023) verisi kullanılmıştır.

Tablo 6.1. Hendeklerden derlenen örneklerin Radyokarbon (^{14}C) tarihlendirme sonuçları.

No	**Örnek Kodu**	**Tübitak Lab. No**	**Fay**	**Hendek**	**Duvar**	**Malzeme**	**Ölçülmüş ^{14}C yaşı (G.Ö)**	**Kalibre edilmiş Yaş aralığı (2δ)**
1	ERC-1	TÜBİTAK-2233	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	18275 ± 61	MÖ.20125-19400
2	ERC-3	TÜBİTAK-2234	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	9410 ± 66	MÖ. 8884-8534
3	ERC-5	TÜBİTAK-2235	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	18500 ± 76	MÖ. 20387-19878
4	ERC-6	TÜBİTAK-2236	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	25690 ± 98	MÖ. 28195-27914
5	ERC-8	TÜBİTAK-2237	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	22608 ± 78	MÖ. 25258-24920
6	ERC-9	TÜBİTAK-2238	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	23364 ± 85	MÖ. 25805-25407
7	ERC-10	TÜBİTAK-2239	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	17987 ± 62	MÖ. 19647-18919
8	ERC-11	TÜBİTAK-2240	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	16303 ± 54	MÖ. 17607-17329
9	ERG.KD.C-1	TÜBİTAK-2241	Erciyes	Gesi	Kuzeydoğu	Sediman	19675 ± 66	MÖ. 21891-21274
10	ERG.KD.C-2	TÜBİTAK-2242	Erciyes	Gesi	Kuzeydoğu	Sediman	11900 ± 40	MÖ. 11915-11715
11	ERG.GB.C-1	TÜBİTAK-2243	Erciyes	Gesi	Güneybatı	Sediman	17785 ± 59	MÖ. 19395-18723
12	ERG.GB.C-2	TÜBİTAK-2244	Erciyes	Gesi	Güneybatı	Sediman	6119 ± 32	MÖ. 5083-4957
13	ERG.GB.C-3	TÜBİTAK-2245	Erciyes	Gesi	Güneybatı	Sediman	14157 ± 56	MÖ. 15332-14516

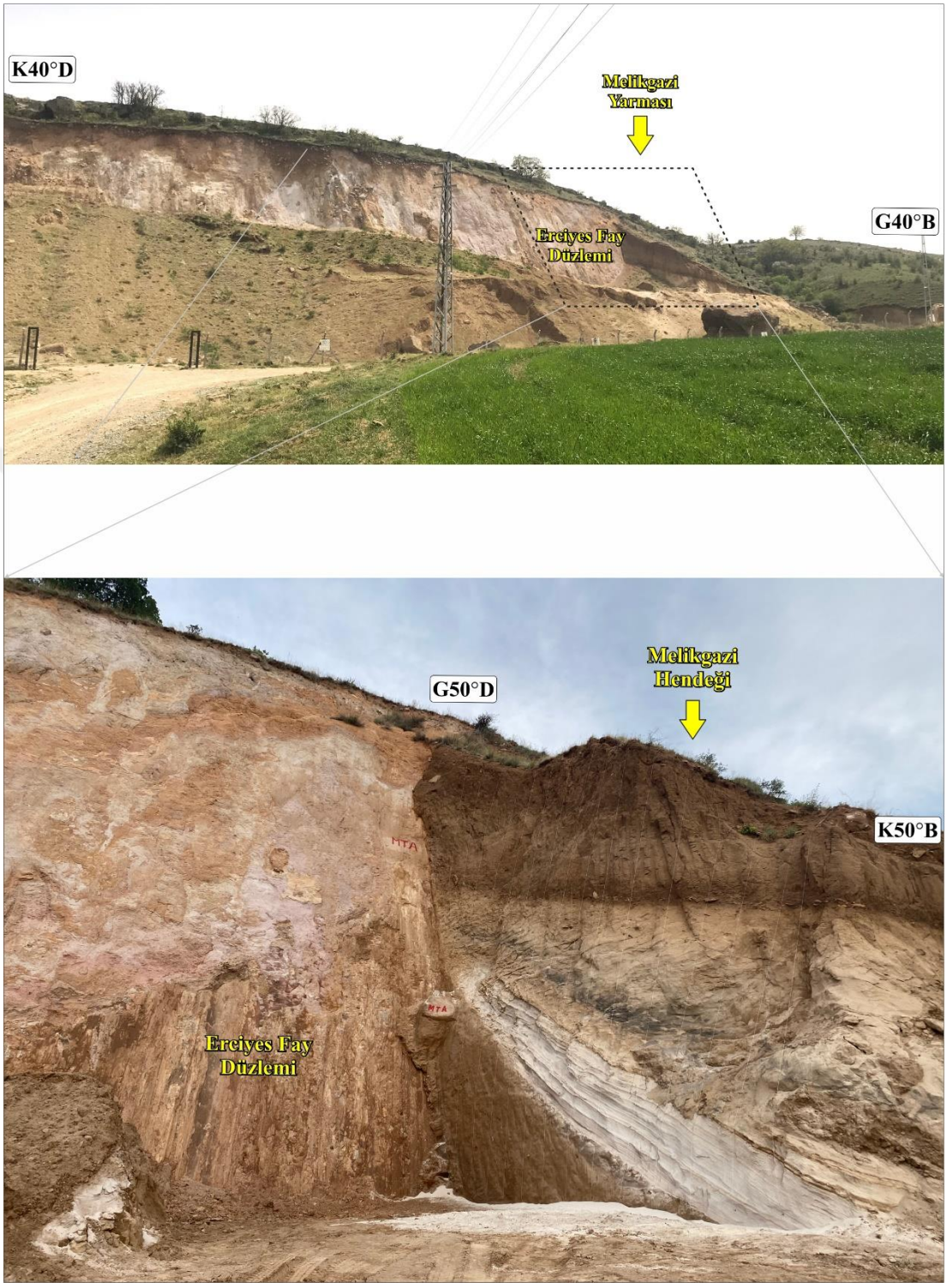
Tablo 6.2. Hendeklerden derlenen örneklerin Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) tarihlendirme sonuçları.

No	Örnek Kodu	Fay	Hendek	Duvar	Malzeme	Ölçülmüş OSL yaşı (G.Ö)
1	ERC-OSL.1	Erciyes	Melikgazi	Güneybatı	Kil	25600 ± 2900
4	ERG-OSL.1	Erciyes	Gesi	Kuzeydoğu	Kum	58900 ± 6400
5	ERG-OSL.2	Erciyes	Gesi	Kuzeydoğu	Kum	19900 ± 3500

6.1. Melikgazi Hendeği

Erciyes Fayı, Kayseri şehir merkezinin doğusunda ve kuzeydoğusunda; Ağırnas, Gesi, Melikgazi ve Tavlasun ilçe sınırları dahilinde, bir dizi çizgisel fay sarplığı ile temsil olunur. Bu fay sarplıklarından en kesiksiz izlenebileni, Ağırnas'ın batısından başlayıp Mimarsinan Fatih Mahallesi'ne (Melikgazi, Kayseri) kadar uzanır (bkz. Şekil 6.1). Fay bu alanda, alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritini (Tplv) ve bunun üzerindeki Geç Pleyistosen-Holosen yaşlı çökelleri kesmektedir (bkz. Şekil 5.2).

Mimarsinan Demokrasi Mahallesi'nin (Melikgazi, Kayseri) 1,3 km güneydoğusundaki K40ºD doğrultulu çizgisel fay saplığı üzerinde, Melikgazi Belediyesi tarafından toprak alınan K50ºB doğrultulu bir yarmada Erciyes Fayı yapısal olarak gözlenmiştir. Fay düzleminin bir bölümünün açığa çıktığı, faya dik doğrultudaki bu yarmada, kesit görüntüsündeki faya ait izler, en yukarıdaki 5 metrelik bölümde izlenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında, Melikgazi yarmasında ayrıntılı kazı, temizleme, karelajlama ve fotoğraflama çalışmaları gerçekleştirilmiş ve söz konusu yarma, 20 metre uzunluğunda ve 20 metre derinliğinde kapsamlı bir hendek duvarına dönüştürülmüştür (Şekil 6.2). Melikgazi Hendeği'nin koordinatları: 727412, 71 Doğu ve 4292730,32 Kuzey'dir (Evrensel Enlem Merkatörü / UTM, Zon 36).



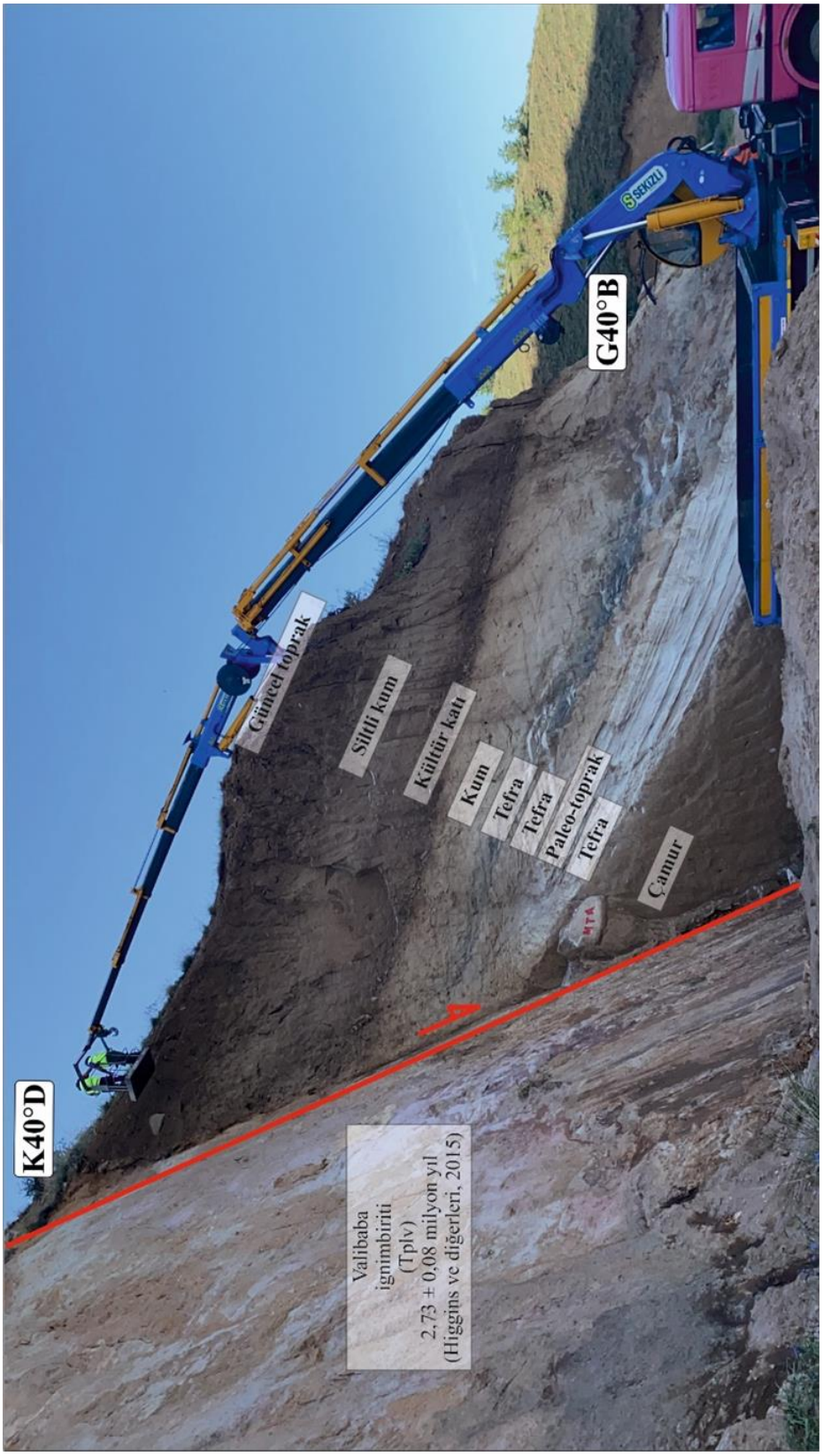
Şekil 6.2**.** Erciyes Fayı üzerinde, Melikgazi Belediyesi tarafından toprak alınan Melikgazi yarması ve bu çalışma kapsamında paleosismolojik hendek duvarına dönüştürülen Melikgazi Hendeği.

6.1.1. Yer Seçimi

Melikgazi Hendeği'nin yer seçiminde, MTA envanterine kayıtlı 1:35.00 ölçekli hava fotoğrafları ve 1:25.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları birincil kaynak olarak kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, Erciyes Fayı boyunca yürütülen yapısal gözlem ve jeomorfoloji çalışmaları sırasında tespit edilen Melikgazi Yarması, fayın doğrultusuna dik doğrultuda bir hendek duvarına dönüştürülebilecek olması nedeniyle doğrudan hendek alanı olarak belirlenmiştir.

6.1.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Melikgazi Hendeği'nde, fayın taban bloğunda Erciyes Stratovolkanı'nın ürünü olan ve ^{40}Ar / ^{39}Ar yöntemiyle 2,73 ± 0,08 milyon yıl yaşında olduğu belgelenen (Higgins ve diğerleri, 2015) Valibaba ignimbiriti (Tplv) yüzeylemektedir. Hendeğin taban bloğunda ise çamur, kum, farklı tefra seviyeleri ve bunları ayıran paleo-toprak katmanları ve çanak, çömlek parçaları içeren bir kültür katından oluşan 9 farklı mikrostratigrafik seviye tanımlanmıştır. Hendek içerisindeki fay zonunun genişliği yaklaşık 3 metre olup, faylanma tipi basit normal faylanmayı işaret etmektedir (Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Melikgazi Hendeği'nin stratigrafik ve yapısal özelliklerini gösteren fotoğraf.

6.1.3. Tarihlendirme

Melikgazi Hendeği'nden toplam 8 adet radyokarbon (^{14}C) ve 1 adet Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) örneği alınmış ve tarihlendirilmiştir (bkz. Tablo 6.1 ve 6.2). Melikgazi Hendeği'nde, fayın taban bloğunda, yaşı Higgins ve diğerleri (2015) tarafından ^{40}Ar / ^{39}Ar yöntemiyle 2,73 ± 0,08 milyon yıl olarak belirlenmiş olan Valibaba ignimbiriti (Tplv) yüzeylemektedir. Tavan blokta yaşları MÖ. 28195-27914 ile MÖ. 5083-4957 yılları arasında değişen çökeller yüzeylemektedir (Şekil 6.4).

Hendeğin tavan bloğunda yüzeyleyen en alttaki 2 numaralı seyrek çakıllı çamurdan 2 adet radyokarbon (^{14}C) örneği (ERC-6 ve ERC-9) ve 1 adet Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) örneği (ERC-OSL.1) derlenmiş ve tarihlendirilmiştir. 2 numaralı birimin görülebilen taban seviyesine yakın bir yerden derlenen ERC-OSL.1 numaralı örnekten 25600 ± 2900 yıl OSL yaşı elde edilmiştir. Aynı birimin görülebilen tabanına yakın kesiminden derlenen ERC-6 örneğinden MÖ. 28195 - 27914 yıl ve orta-üst seviyelerinden derlenen ERC-9 numaralı örnekten MÖ. 25805 – 25407 yıl radyokarbon (^{14}C) yaşları elde edilmiştir. 2 numaralı birimin üzerine çökelmiş olan, beyaz renkli, ortalama 1,50 metre kalınlığındaki 3 numaralı birim ve daha üstte çökelmiş olan bej renkli, ortalama 0,60 metre kalınlığındaki 5 numaralı birim ayrı ayrı iki tefra seviyesidir. 3 ve 5 numaralı tefra sevilerinin arasında yer alan, koyu kahverengi ve oldukça ince (10 cm) olan 4 numaralı paleo-toprak seviyesinden derlenen ERC-8 numaralı radyokarbon (^{14}C) örneğinden MÖ. 25258 – 24920 yıl yaş elde edilmiştir. 4 numaralı birimden elde edilen MÖ. 25258 – 24920 yıl yaş verisi, paleo-toprak seviyesinin gelişiminden önce ve sonra bölgede volkanizmanın iki defa faaliyete geçtiğini kanıtlamaktadır. Söz konusu 1. ve 2. tefra seviyelerinin aynı kaynaktan beslendiği kabul edilirse, 3 numaralı tefra seviyesinin (1. Tefra) oluşumundan sorumlu volkanik püskürmenin daha şiddetli olabileceği değerlendirilebilir. Şu ana kadar sunulan yaş verilerine göre ilk püskürmenin MÖ. 25805 – 25407 yıl ile MÖ. 25258 – 24920 yılları arasında yani M.Ö. yaklaşık 25000'li yıllarda (Geç Pleyistosen) meydana geldiği değerlendirilmektedir. 5 numaralı ikinci tefra seviyesi ile bu birimin hemen üzerine çökelmiş olan 6 numaralı 3. tefra seviyesi arasında herhangi bir paleo-toprak seviyesi gözlenmemiştir. Bu veri;

2. ve 3. tefra seviyelerine neden olan volkanik püskürmeler arasında, paleo-toprak oluşabilecek kadar zaman geçmediği şeklinde yorumlanmıştır. Hendeğin orta seviyelerinde gözlenen 8 numaralı birim, içerisinde oldukça bol çanak, çömlek parçaları içeren bir kültür katıdır (Şekil 6.5). Bu kültür katının tabanına yakın bir seviyeden alınan ERC-5 numaralı örnekten MÖ. 20387 – 19878 yıl radyokarbon (^{14}C) yaşı elde edilmiştir.

Anadolu'da en eski seramiklere MÖ. 8300 – 7800'lü yıllar arasına tarihlendirilen Boncuklu Höyük (Konya) kazılarında rastlanılmaktadır (Spataro ve diğerleri, 2017). Bununla birlikte; insanlık tarihinin bilinen en eski icadı olarak kabul edilen çanak, çömlek (pottery) ve seramik türü malzemelerin tarihçesi incelendiğinde, bu tür malzemelerin ilk defa MÖ. 29000 – 25000 yılları arasında, Çek Cumhuriyeti'nde Gravettian kültürüne ait "Venus of Dolní Věstonice" figüründe kullanıldığı görülmektedir (Lienhard, 1989). Çin'in Jiangxi bölgesindeki Xianrendong mağarasında MÖ. 18000'li yıllara tarihlendirilen çanak (vessel), Japonya'da Jömon kültürüne ait olan ve MÖ. 10500'lü yıllara tarihlendirilen çanak-çömlekler bulunmaktadır (Diamond, 1998). Rusya'nın uzak doğusunda MÖ.14000 yıl (Derevianko ve diğerleri, 2004), Afrika'daki Sahra Çölü'nde MÖ. 9400 yıl (Bradley, 2007), Güney Amerika'da MÖ. 9000 – 7000'li yıllar arası ve Orta Doğu'da MÖ. 7000 – 6000'li yıllar arası (Roosevelt, 1996) dönemlere tarihlendirilen çanak-çömlekler tespit edilmiştir (https://en.wikipedia.org/wiki/Pottery#cite_note-Jomon-3). Diğer taraftan, ilk insanın ortaya çıkışından günümüze kadar geçen yaklaşık 200.000 yıllık süreçteki göç yollarını gösteren haritalar incelendiğinde, Arap Yarımadası'nda 70.000 – 50.000 yıl arasına, Avrupa'da ise 40.000-25.000 yıl arasına tarihlendirilen bulgulara rastlanılmaktadır. Anadolu Yarımadası gibi Afrika, Asya ve Avrupa arasında yer alan bir doğal kara köprüsünde, 50.000 yıl ile 25.000 yıl arasında insanoğluna ait bir bulguya ulaşılamamış olması sorgulanması gereken bir araştırma konusudur. Söz konusu zaman diliminde, Anadolu'nun pek çok bölümünde etkin olan şiddetli volkanizmanın, insanoğluna ait izleri silmiş ya da örtmüş olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır.

8 numaralı kültür katının kemen üzerine çökelmiş olan 9 numaralı silti kum seviyesinin tabanından, orta bölümünden ve tavanına yakın kesimden üç numune derlenmiştir. Tabandan derlenen ERC-1 numaralı örnekten MÖ. 20125 – 19400 yıl, orta seviyeden derlenen ERC-10 numaralı numuneden MÖ. 19647 – 18919 yıl ve tavana yakın kesimden derlenen ERC-11 numaralı numuneden ise MÖ. 17067 – 17329 yıl yaş elde edilmiştir.

Melikgazi Hendeği'nde, en üstte yer alan 10 numaralı toprak seviyesinin tabanından alınan ERC-3 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 8884 – 8534 yıl, bu hendekten elde edilen en güncel yaştır.

Melikgazi Hendeği'nden elde edilen ^{14}C ve OSL yaşları, Erciyes Fayı'nın Geç Pleyistosen – Holosen döneminde deprem üreten bir diri fay olduğunu ve zaman zaman aktif tektonizmaya volkanizmanın eşlik ettiğini ortaya koymuştur.

6.1.4. Paleosismolojik Yorum

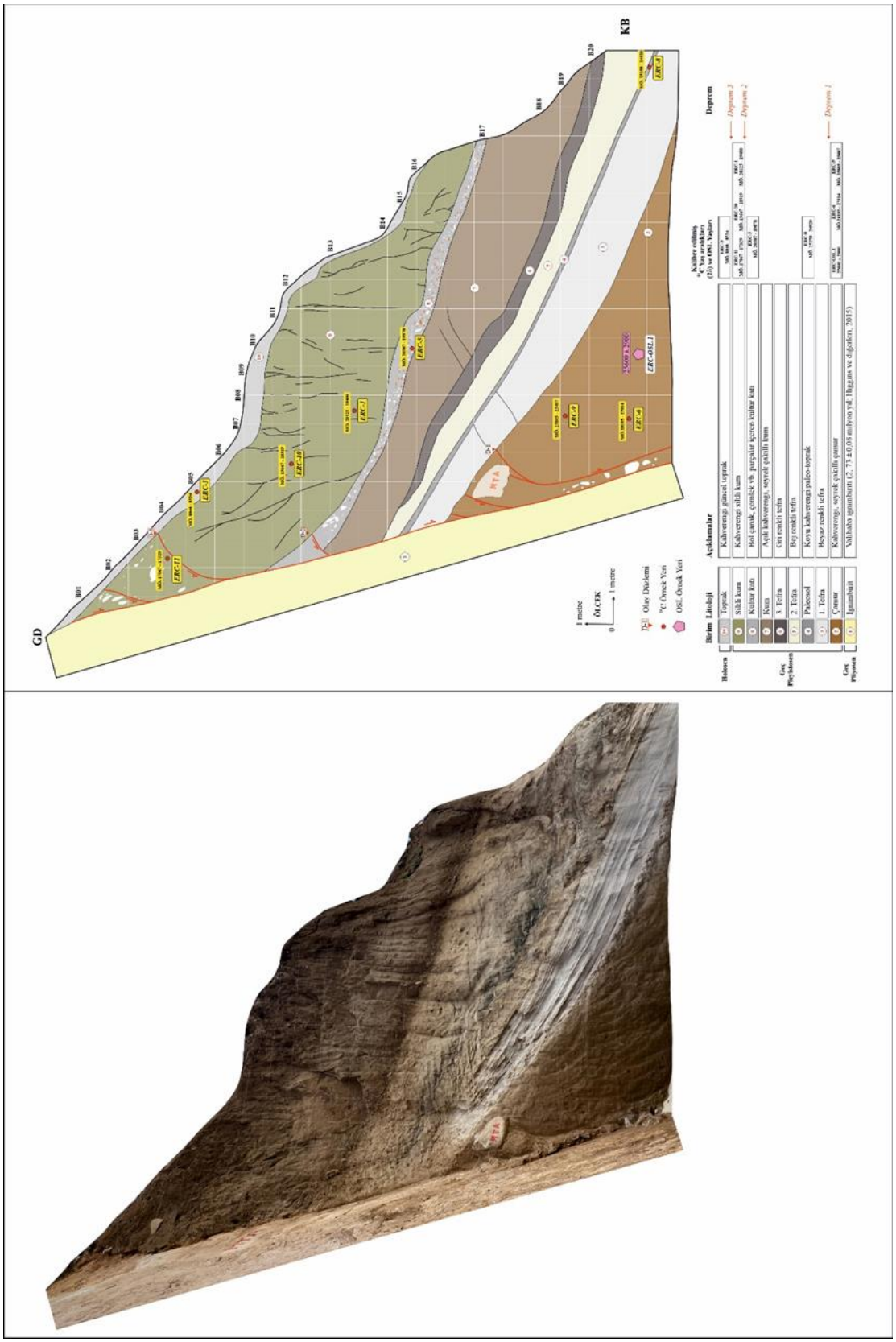
Melikgazi Hendeği'ndeki yapısal ve stratigrafik ilişkiler ile fay kollarının yukarıya doğru sonlanması gibi paleosismolojik ölçütler bir arada değerlendirildiğinde, yaklaşık olarak son 27.000 yıldan günümüze kadar geçen süre içerisinde en az üç deprem tanımlanmış ve tarihlendirilmiştir (Şekil 6.4).

Deprem 1; Melikgazi Hendeği'nde tespit edilen ilk deprem olup, bu deprem için olay düzlemi 2 numaralı seyrek çakıllı kahverengi çamur ile 3 numaralı 1. tefra seviyesi arasıdır. Hendeğin 5. ve 6. metreleri arasında, tabanda ana faya koşut olarak izlenen, ancak üste doğru, paleo-topografik eğime bağlı olarak kuzeybatıya doğru devrilen bir normal fay, 2 numaralı birimi kesmiş, 3 numaralı birim tarafından örtülmüştür. Bu normal fay ile ana fay düzlemi arasında kalan zon, uzun ekseni fay kollarına koşut olacak şekilde yönlenmiş çakıllar tarafından doldurulmuştur. İki fay arası açıklığın en fazla olduğu en üst kesime ise, taban bloktan türeme 120 cm x 90 cm boyutlarında bir ignimbirit bloğu düşmüştür (bkz. Şekil 6.4'te MTA yazılı blok). Deprem 1'in alt yaşı 2 numaralı birimin tavan seviyesinden alınan ERC-9

numunesinden elde edilen radyokarbon (^{14}C) yaşına göre MÖ. 25805 – 25407 yıldır. Olay düzleminin hemen üzerindeki 3 numaralı birimden (1. tefra) radyometrik yaş elde edilememiş olsa da bunun hemen üzerindeki 4 numaralı paleo-toprak seviyesinden alınan ERC-8 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 25258 – 24920 yıl yaş verisi, bu depremin üst yaşı olarak değerlendirilmiştir. Bu yaş verilerine göre Deprem 1; MÖ. 25805 – 25407 ile 25258 – 24920 yılları arasında meydana gelmiştir.

Deprem 2; Melikgazi Hendeği'nin 2. ve 4. metreleri arasında, 8 numaralı kültür katını kesen antitetik fay yardımıyla tanıımlanan bu deprem için olay düzlemi 8 ve 9 numaralı birimlerin arası olarak belirlenmiştir. Depremin tarihlendirilmesi amacıyla, 8 numaralı kültür katından alınan ERC-5 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 20387 – 19878 yıl ile olay düzlemini örten 9 numaralı siltli kumun tabanına yakın bir kesiminden alınan ERC-1 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 20125 – 19400 yıl radyokarbon (^{14}C) yaş verileri kullanılmıştır. Dolayısıyla Deprem 2'nin bu tarihler arasında meydana geldiği değerlendirilmiştir.

Deprem 3; Melikgazi Hendeği'nde tanımlanan en genç deprem olarak değerlendirilen bu olay için olay düzlemi 10 numaralı güncel toprak seviyesinin tabanı olarak belirlenmiş olup, bu deprem, hendeğin 1. ve 3. metreleri arasında izlenen bir antitetik normal fay yardımı ile tanımlanmıştır. Deprem 1'in tarihlendirilmesi amacıyla, 9 numaralı siltli kumun tavanına yakın bir kesiminden alınan ERC-11 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 17067 – 17329 yıl ile güncel toprak seviyesinin tabanından alınan ERC-3 numaralı numuneden elde edilen MÖ. 8844 - 8534 yıl yaş verileri kullanılmıştır. Bu yaş verilerine göre Deprem 3; MÖ. 17067 – 17329 ile 8844 - 8534 yılları arasında meydana gelmiştir.



Şekil 6.4. Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. Ek-5'te sunulmuştur.

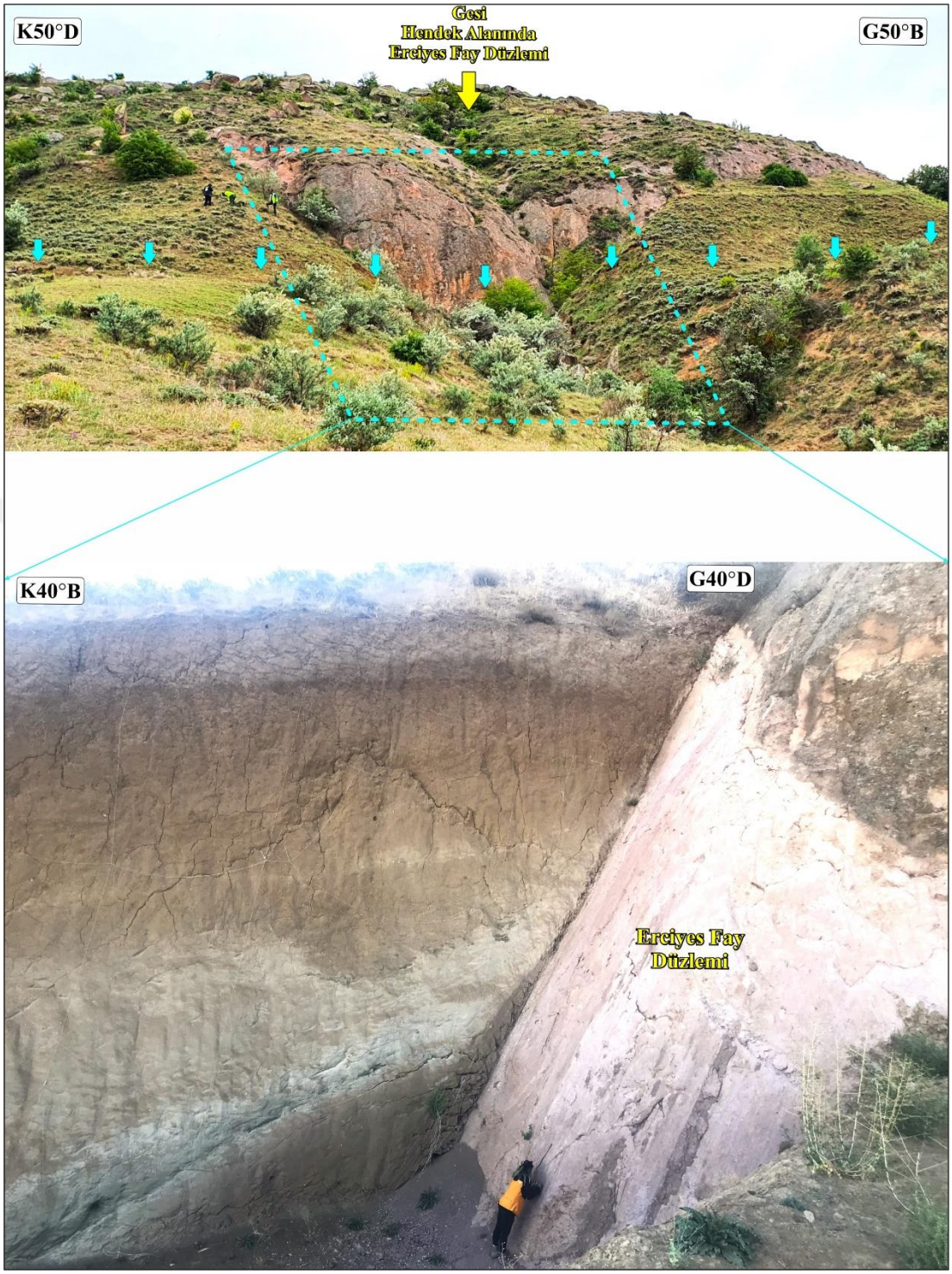


Şekil 6.5. Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na gözlenen kültür katı.

6.2. Gesi Hendeği

Gesi Hendeği, Erciyes Fayı'nın, kuzeydoğu bölümünde, Melikgazi Hendeği'nin 1,9 km kuzeydoğusunda, alt Pliyosen yaşlı Valibaba ignimbiritinin (Tplv) yüzeylediği bir alanda gelişmiş, K50ºD doğrultulu çizgisel fay saplığı üzerinde, fay sarplığına dik olacak şekilde K40ºB doğrultusunda kazılmıştır (bkz. Şekil 5.2).

Gesi hendek alanında, Erciyes Fayı'nın bir bölümü açığa çıkmış ve düzlemsel olarak izlenebilmiştir. Hendek alanında yapılan kapsamlı kazı, temizleme, karelajlama ve fotoğraflama çalışmaları ile fay düzlemi net olarak ortaya çıkartılmış ve bu alan, kuzeydoğu ve güneybatı duvarları ile temsil olunan bir hendeğe dönüştürülmüştür (Şekil 6.6). Gesi Hendeği'nin kuzeydoğu duvarı 41 metre uzunluğunda ve en fazla 14 metre derinliğinde, güneybatı duvarı ise 24 metre uzunluğunda ve en fazla 11 metre derinliğindedir. Gesi Hendeği'nin koordinatları: 728796, 74 Doğu ve 4294045,95 Kuzey'dir (Evrensel Enlem Merkatörü / UTM, Zon 36).



Şekil 6.6. Gesi hendek alanında bir kısmı açığa çıkmış olan Erciyes Fayı üzerinde kazılan Gesi Hendeği.

6.2.1. Yer Seçimi

MTA envanterine kayıtlı 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve 1:25.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritaları'nın birincil kaynak olarak kullanıldığı ön çalışmalar sonucunda, Erciyes Fayı boyunca yürütülen yapısal gözlem ve jeomorfoloji çalışmaları ile fay düzleminin bir bölümünün yüzeyde gözlendiği alan Gesi hendek alanı olarak seçilmiştir.

6.2.2. Stratigrafi ve Yapısal Özellikler

Gesi Hendeği'nde, ana fayın taban bloğunda Valibaba ignimbiriti (Tplv), tavan bloğunda ise geç Kuvaterner yaşlı kum, çamur, volkan külü, tefra, siltli kum ve fay önünde çökelmiş koluviyal malzemeden oluşan bir istif yüzeylemektedir. Gesi hendeğinde 17 mikro-stratigrafik seviye tanımlanmıştır. Hendek duvarları arasında belirginleşen fay düzlemi, Erciyes Fayı'nın neredeyse saf normal faylanma karakteri sunduğuna işaret etmektedir (Şekil 6.7).

6.2.3. Tarihlendirme

Gesi Hendeği'nden toplam 5 adet radyokarbon (14C) ve 2 adet Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) örneği alınmış ve tarihlendirimiştir (bkz. Tablo 6.1 ve 6.2). Hendeğin taban bloğunda, Melikgazi Hendeği'ne benzer olarak, 2,73 ± 0,08 milyon yıl yaşlı (Higgins ve diğerleri, 2015) Valibaba ignimbiriti (Tplv) yüzeylemektedir. Ana fayın tavan bloğunda ise yaşları G.Ö. 58900 ± 6400 yıl (OSL yaşı) ile MÖ. 5083 – 4957 yılları (^{14}C yaşı) arasında değişen çökeller yüzeylemektedir (Şekil 6.8 ve 6.9).

Hendeğin tavan bloğunda, tabana yakın bir kesimde yüzeyleyen 4 numaralı çamur seviyesinden alınan ERG-OSL.1 numaralı örnekten 58900 ± 6400 yıl, bunun üzerinde çökelmiş olan 5 numaralı volkan külünden alınan ERG-OSL.2 numaralı numuneden ise 19900 ± 3500 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzlemleri gözetilerek yapılan değerlendirme sonrasında, Deprem 2'yi tarihlendirebilmek amacıyla, olay düzleminin altındaki 12 numaralı siltli kumdan derlenen ERG.KD.C-1 numaralı numuneden MÖ.21891 – 21274 yıl, olay düzleminin üzerinde yer alan 13 numaralı

kumdan alınan ERG.GB.C-1 numaralı örnekten ise MÖ.19395 – 18723 yıl yaş elde edilmiştir. Bu birimin üzerine çökelmiş olan 14 numaralı kumun tabanına yakın bir seviyesinden ERC.GB.C-3 örneği alınmış ve bu örnekten 15332 – 14516 yıl yaş elde edilmiştir. Deprem 3 ile ilişkili olarak çökeldiği yorumlanan 15 numaralı kolüvyonu örten 16 numaralı güncel toprak seviyesinden, ERG.KD-C-2. ve ERG.GB.C-2 numuneleri derlenmiş ve bu numunelerden sırasıyla MÖ. 11915 – 11715 yıl ve MÖ. 5083 – 4957 yıl yaşlar elde edilmiştir.

Gesi Hendeği'nden elde edilen ^{14}C ve OSL yaşları, Erciyes Fayı'nın Geç Pleyistosen – Holosen döneminde deprem üreten bir diri fay olduğunu ortaya koymuştur.



Şekil 6.7. Gesi Hendeği'nin stratigrafik ve yapısal özelliklerini gösteren fotoğraf.

6.2.4. Paleosismolojik Yorum

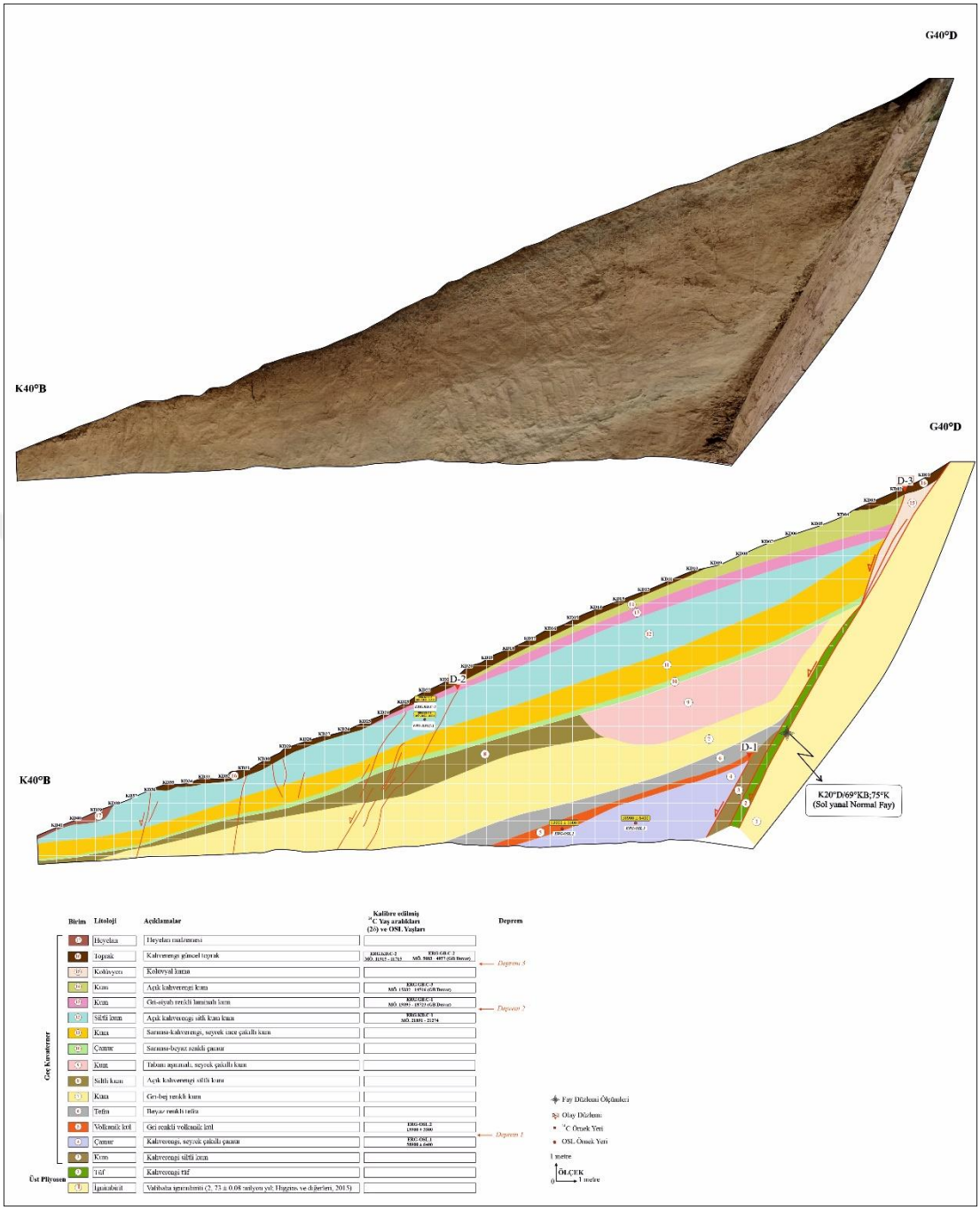
Fay kollarının yukarıya doğru sonlanması, fay koluviyal kama geometrisi gibi paleosismolojik ölçütlerin yanı sıra hendek içerisindeki yapısal ve stratigrafik ilişkiler göz önüne alınarak yapılan değerlendirmeye göre Gesi Hendeği'nde 58900 ± 6400 yıldan günümüze kadar geçen süre içerisinde en az üç deprem tanımlanmış ve radyokarbon (14C) ve Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) tekniğiyle tarihlendirilmiştir (Şekil 6.8 ve 6.9).

Deprem 1; Gesi Hendeği'nde tespit edilen ilk deprem olan bu deprem için olay düzlemi 5 numaralı volkan külünün tabanı olarak belirlenmiştir. Deprem 1; Gesi Hendeği'nin kuzeydoğu duvarında, 6. ve 8. metreler arasında, ana faya koşut olarak gelişmiş bir sintetik normal fay yardımıyla tanımlanmıştır. 3 ve 4 numaralı birimlerin sınırını kontrol eden bu normal fay, 4 numaralı birimi kesmiş ve 5 numaralı volkan külü tarafından örtülmüştür (Şekil 6.8). Bu olayın tarihlendirilebilmesi için, 4 ve 5 numaralı birimlerden Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) yöntemiyle tarihlendirmek amacıyla numuneler alınmıştır.4 numaralı çamurdan alınan ERG-OSL.1 numaralı örnekten 58900 ± 6400 yıl, 5 numaralı volkan külünden derlenen ERG-OSL.2 numaralı örnekten ise 19900 ± 3500 yıl yaş elde edilmiştir. Bu yaş verileri, Deprem 1'in bu aralıkta meydana geldiğine işaret etmektedir.

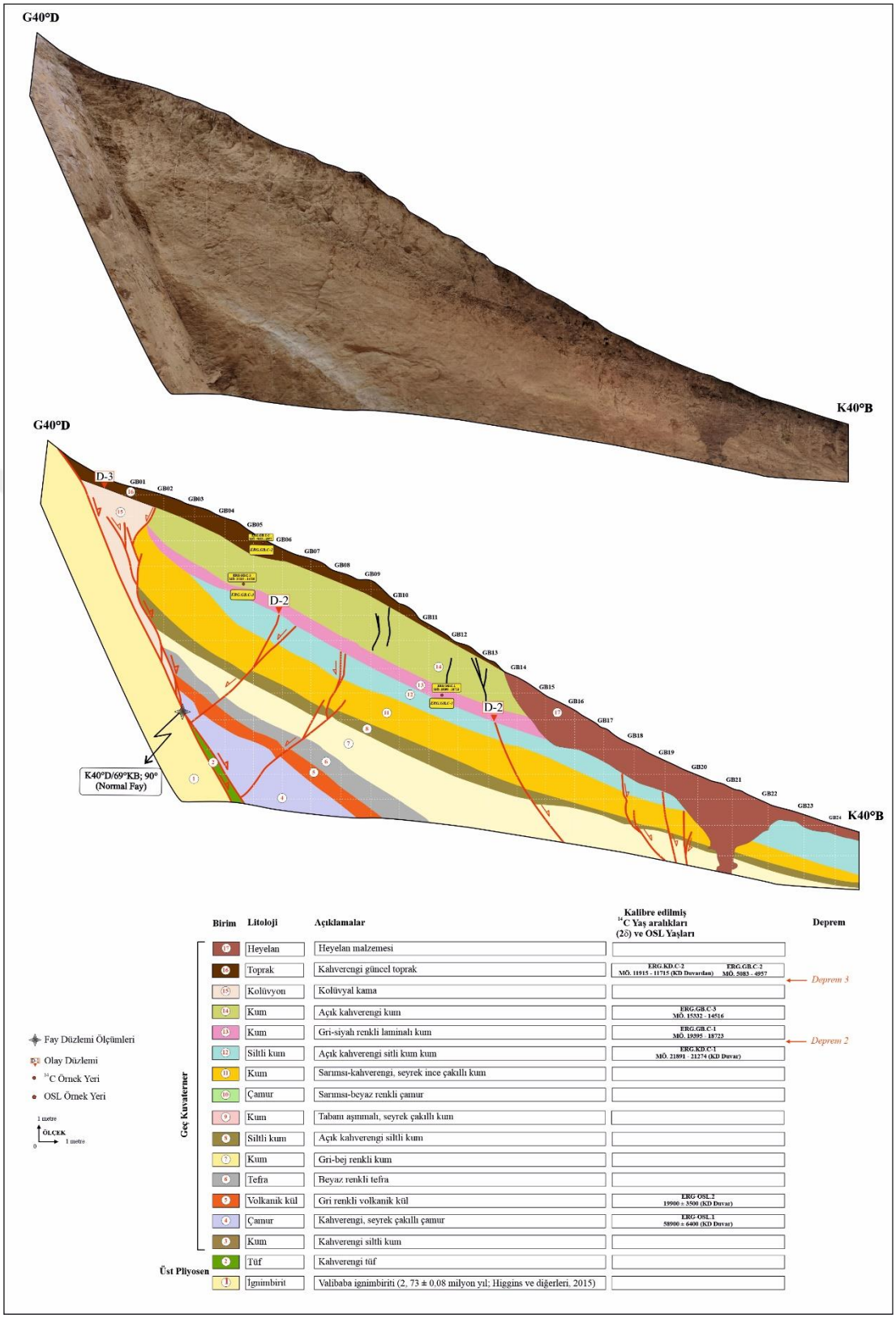
Deprem 2; Gesi Hendeği'nin her iki duvarındaki yapısal veriler yardımıyla tanımlanan bu deprem için olay düzlemi, 12 numaralı siltli kum ile 13 numaralı kum arasındaki sınır olarak belirlenmiştir. Hendeğin kuzeydoğu duvarında, 20. ve 26. metreleri arasında birbirine koşut iki sintetik normal fay, 13 numaralı birime kadar olan tüm çökelelri kesmiş ve 13 numaralı kum tarafından örtülmüştür (Şekil 6.8). Aynı olay, hendeğin güneybatı duvarında, 13. ve 16. metreleri arasında gözlenen sintetik normal fay boyunca ve bu fay ile ana fay düzlemi arasında gelişmiş iki antitetik normal fay boyunca da izlenebilmektedir (Şekil 6.9). Hendeğin güneybatı duvarında, heyelan çökellerinin altında sonlanan bir dizi normal fayın da bu olay sırasında gelişmiş yapılar olabileceği değerlendirilmektedir. Deprem 2'nin tarihlendirilmesi amacıyla, kuzeydoğu duvardan, olay düzleminin altındaki 12

numaralı birimden ERG.KD.C-1 örneği alınmış ve MÖ. 21891 - 21274 yıl radyokarbon (14C) yaşı elde edilmiştir. Olay düzleminin üzerinde yer alan 13 numaralı birimin tarihlendirilmesi amacıyla güneybatı duvardan alınan ERG.GB.C-1 numaralı örnekten ise MÖ.19395 - 18723 yıl yaş elde edilmiştir. Bu yaş verileri, Deprem 2'nin MÖ. 21891 - 21274 yıl ile MÖ. 19395 - 18723 yılları arasında meydana geldiğine işaret etmektedir.

Deprem 3*;* Gesi Hendeği'nin her iki duavrında, ana fayın önünde gelişmiş olan 15 numaralı birim, hendekte tespit edilen son deprem ile ilişkili bir koluviyal kama olarak tanımlanmıştır. Deprem 3'ün taban yaşını belirleyebilmek için 15 numaralı koluviyal kamadan uygun numune bulunamamış ancak, bu birimin hemen öncesinde çökelen 14 numaralı kumdan derlenen ERD.GB.C-3 numaralı örnekten MÖ. 15332 – 14516 yıl yaş elde edilmiştir. Olay düzleminin üzerinde yer alan 16 numaralı toprak seviyesinden, kuzeydoğu duvardan derlenen ERG.KD.C-2 numaralı örnekten MÖ. 11915 – 11715 yıl ve güneybatı duvardan alınan ERG.GB.C-2 numaralı örnekten ise MÖ. 5083 – 4957 yıl yaşlar elde edilmiştir. Bu yaş verilerine göre, Gesi Hendeği'nde tanımlanan en son deprem MÖ. 11915 – 11715 ile MÖ. 5083 – 4957 yılları arasında meydana gelmiştir.



Şekil 6.8**.** Gesi Hendeği'nin Kuzeydoğu Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. Ek-6'da sunulmuştur.



Şekil 6.9. Gesi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu. Ek-7'de sunulmuştur.

6.3. Melikgazi ve Gesi Hendeklerinin Karşılaştırılması

Melikgazi ve Gesi hendeklerinde tespit edilen eski depremlerin tarihlerini karşılaştırmak amacıyla, bu tür çalışmalarda sıkça kullanılan kavramsal mekan-zaman diyagram (McCalpin, 2009b) oluşturulmuştur (Şekil 6.10). ^{14}C tarihlendirmesi için, Libby yarılanma ömrüne (5570 yıl) göre laboratuvar tarafından ölçülen ^{14}C yaşları, Calib kalibrasyon program (Reimer ve diğerleri, 2004) kullanılarak kalibre edilmiş (Çizelge 6.3) ve ardından OxCal v.3.10 programı kullanılarak (Bronk Ramsey, 2004) olasılıksal dağılımı grafiği oluşturulmuştur (Şekil 6.11).

Erciyes Fayı üzerinde kazılan Melikgazi ve Gesi hendeklerinin karşılaştırılması sonucunda, son 27000 yıldan günümüze kadar geçen süre içerisinde, yüzey kırığı oluşturmuş 3 deprem tanımlanmış ve tarihlendirilmiştir. Bu depremlere ait bilgiler Tablo 6.3'te sunulmuştur.

Tablo 6.3. Erciyes Fayı üzerinde kazılan Melikgazi ve Gesi Hendekleri'nde tespit edilen depremlerin Calib radyokarbon kalibrasyon programı (Reimer ve diğerleri, 2004) kullanılarak elde edilen takvim yaş aralıkları.

Örnek Kodu	**Tübitak Lab. No**	**Hendek**	**Duvar**	**Malzeme**	**Ölçülmüş ^{14}C yaşı (G.Ö)**	**Kalibre edilmiş Yaş aralığı (2δ)**
ERC-1	TÜBİTAK-2233	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	18275 ± 61	**MÖ.20125-19400 (% 100)**
ERC-3	TÜBİTAK-2234	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	9410 ± 66	MÖ. 9116 – 9075 (% 23) MÖ. 9057 – 9013 (% 22) MÖ. 8911 – 8905 (% 58) **MÖ. 8884-8534 (% 95)**
ERC-5	TÜBİTAK-2235	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	18500 ± 76	**MÖ. 20387-19878 (% 100)**
ERC-6	TÜBİTAK-2236	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	25690 ± 98	**MÖ. 28195-27914 (% 100)**

Tablo 6.3. devamı

ERC-8	TÜBİTAK-2237	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	22608 ± 78	MÖ. 24793-24920 (% 25) **MÖ. 25258-24920 (% 74)**
ERC-9	TÜBİTAK-2238	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	23364 ± 85	**MÖ. 25805-25407 (% 100)**
ERC-10	TÜBİTAK-2239	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	17987 ± 62	**MÖ. 19647-18919 (% 100)**
ERC-11	TÜBİTAK-2240	Melikgazi	Güneybatı	Sediman	16303 ± 54	**MÖ. 17607-17329 (% 100)**
ERG.KD.C-1	TÜBİTAK-2241	Gesi	Kuzeydoğu	Sediman	19675 ± 66	**MÖ. 21891-21274 (% 100)**
ERG.KD.C-2	TÜBİTAK-2242	Gesi	Kuzeydoğu	Sediman	11900 ± 40	**MÖ. 11915-11715 (% 100)**
ERG.GB.C-1	TÜBİTAK-2243	Gesi	Güneybatı	Sediman	17785 ± 59	**MÖ. 19395-18723 (% 100)**
ERG.GB.C-2	TÜBİTAK-2244	Gesi	Güneybatı	Sediman	6119 ± 32	MÖ. 5207 – 5144 (% 24) MÖ. 5139 – 5091 (% 10) **MÖ. 5083-4957 (% 65)**
ERG.GB.C-3	TÜBİTAK-2245	Gesi	Güneybatı	Sediman	14157 ± 56	**MÖ. 15332-14516 (% 100)**

Hendeklerde tespit edilen en eski depremin (Deprem 1) MÖ. 25407 – 25258 yılları arasında, sondan bir önceki depremin (Deprem 2) MÖ. 20125 – 19878 yılları arasında ve en son depremin (Deprem 3) ise (Deprem 1) MÖ. 14516 – 11915 yılları arasında meydana geldiği değerlendirilmiştir.

Erciyes Fayı üzerinde meydana geldiği tespit edilen en eski deprem (Deprem 1) ile sondan bir önceki deprem (Deprem 2) arasındaki süre yaklaşık 5000 yıldır. Sondan bir önceki deprem (Deprem 2) ile son deprem (Deprem 1) arasındaki süre ise

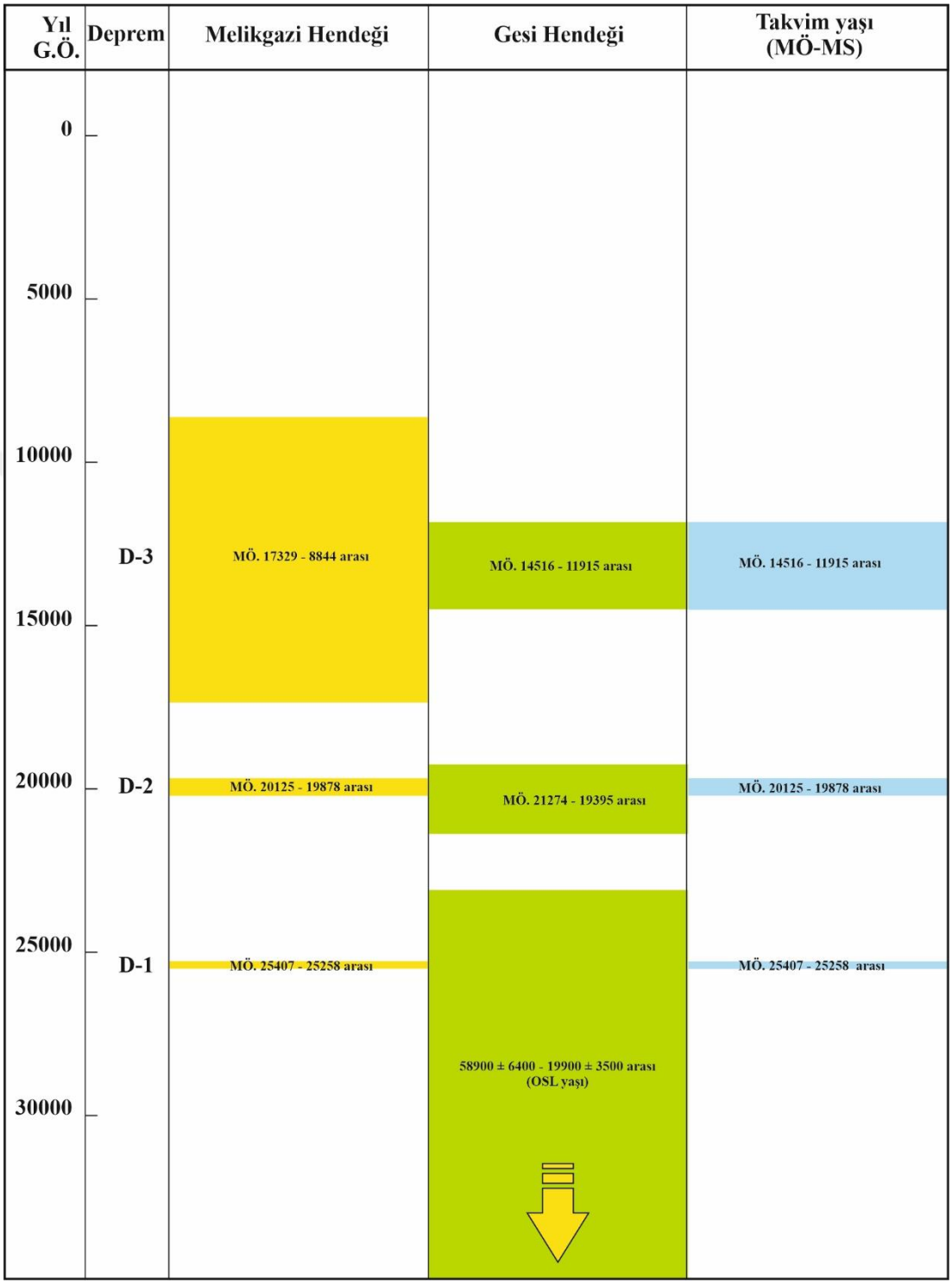
yaklaşık 7000 yıl olarak tespit edilmiştir. Erciyes Fayı üzerinde tespit edilebilen en son depremden günümüze kadar geçen süre ise yaklaşık 15000 yıldır.

Erciyes Fayı tarafından kesilen, 2,75 ± 0,08 milyon yıl yaşındaki (Higgins ve diğerleri, 2015) Valibaba ignimbiritinden (Tplv), A-A' enine kesiti boyunca ölçülen 273 metre net atım (bkz. Şekil 5.3) verisinden hareketle, Erciyes Fayı'nın uzun dönem yıllık kayma hızı 0,1 ± 0,03 mm olarak hesaplanmıştır.

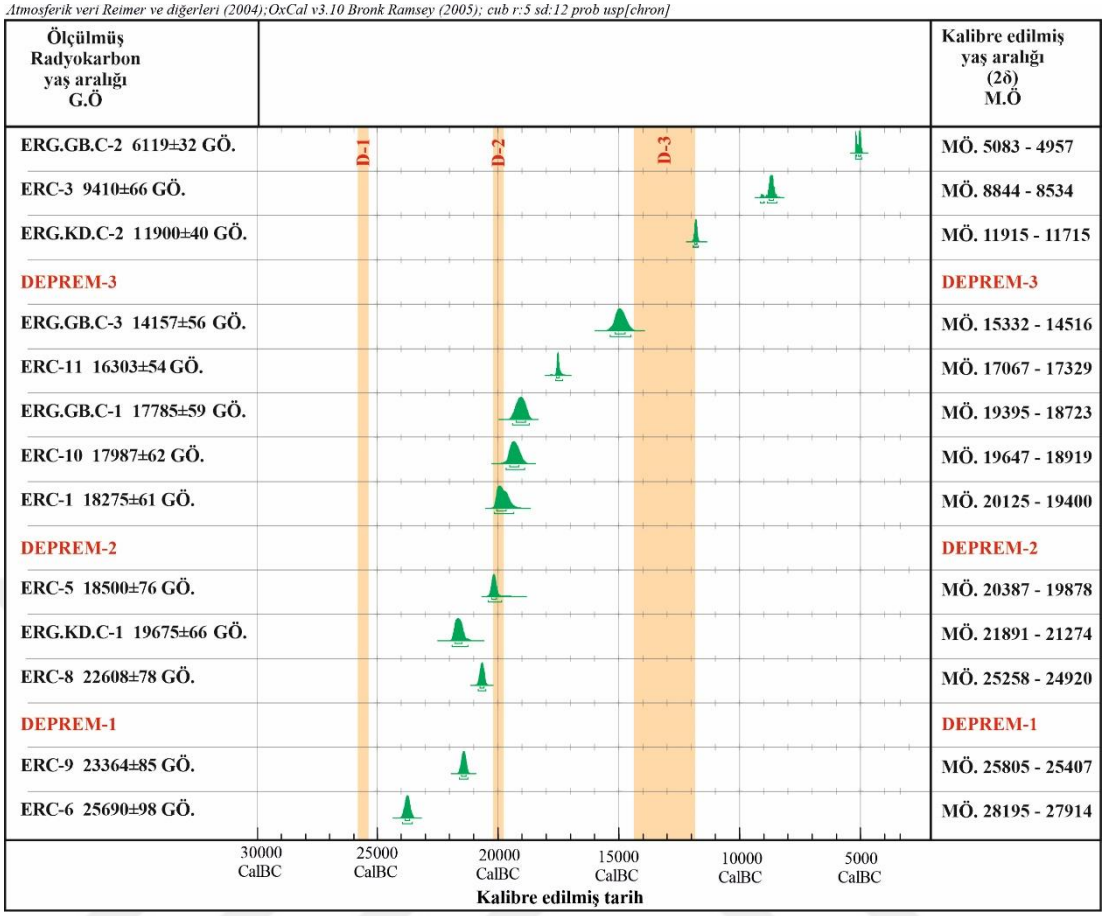
Wells ve Coppersmith (1994) tarafından normal faylar için öngörülen görgül eşitliklere göre, Erciyes Fayı'nın üretebileceği en büyük deprem büyüklüğü Mw 7,17, en büyük yer değiştirme miktarı 3,03 metre ve ortalama yer değiştirme miktarı ise 1,17 metre olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmadan elde edilen son depremden günümüze kadar geçen 15000 yıl süre ve yıllık 0,1 ± 0,03 mm kayma hızı kullanılarak yapılan hesaplamaya göre, Erciyes Fayı üzerinde ortalama 1,5 metre yer değiştirme meydana getirebilecek bir depremin yamulma enerjisinin biriktiği anlaşılmaktadır. Görgül yaklaşımla, 1,5 metre ortalama yer değiştirme meydana getirebilecek bir depremin büyüklüğü Mw 7,34 olarak hesaplanmıştır.

Son depremden günümüze kadar geçen 15000 yıl içerisinde biriken yamulma enerjisine neden olabilecek depremin büyüklüğünün (Mw 7,34), görgül yaklaşımla hesaplanan en büyük deprem büyüklüğünü (Mw 7,17) aşmış olması, Erciyes Fayı'nın her an deprem üretebilecek bir diri fay olduğuna işaret etmektedir.



Şekil 6.10. Melikgazi ve Gesi hendeklerinde tanımlanan ve tarihlendirilen depremlerin karşılaştırması.



Şekil 6.11. Melikgazi ve Gesi hendeklerinden elde edilen 14C yaşlarının OxCal 3.10 yazılımı (Bronk Ramsey, 2004) kullanılarak kalibre edilmesiyle oluşturulan olasılıksal dağılımı grafiği.

BÖLÜM YEDİ

DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada Kayseri yöresindeki diri faylarından Erciyes Fayı'nın aktif tektonik ve paleosismolojik özellikleri araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Kayseri ve çevresi, neotektonik bölgeler açısından Orta Anadolu Ova Bölgesi'nde yer almaktadır. Bu bölgedeki en önemli kıta içi aktif doğrultu atımlı fay sistemi biri olan Orta Anadolu Fay Sistemi (OAFS), kuzeydoğuda Deliler Fayı, orta bölümde Erciyes yöresi diri fayları ve güneybatıda Ecemiş Fayı ile temsil olunan, toplam 450 km uzunluğunda, sol yanal doğrultu atımlı aktif bir fay sistemidir.

2. OAFS'nin kuzey bölümünü 204 km uzunluğundaki, K70ºD doğrultulu Deliler Fayı, güney bölümünü ise toplam 109 km uzunluğundaki, K20ºD doğrultulu Ecemiş Fayı oluşturur. Erciyes Çek-Ayır Havzası, bu iki ana doğrultu atımlı fayın sola doğru sıçrama yaptığı alanda gelişmiş olan bir neotektonik yapıdır. Kayseri yöresi diri fayları bu yersel genişlemeli tektonik rejime uygun olarak normal ya da sol yanal doğrultu atım bileşenli normal faylar ile karakteristiktir.

3. Erciyes Çek-Ayır Havzası yaklaşık 120 km uzunluğunda, 35 km genişliğinde, KD-GB doğrultusunda uzanan bir havzadır. Havzanın kuzeybatı ve batı sınırını Erkilet Fay Zonu, İncesu Fay Zonu ve Yeşilhisar Fay Zonu kontrol eder.

4. Erciyes Fayı, Erciyes Çek-Ayır Havzası'nı ve bu havza içerisinde yükselen Erciyes Starovolkanı'nı kesen, K30°D genel doğrultusunda uzanan, çoğunlukla KB'ya eğimli, normal ya da çok küçük oranda sol yanal doğrultu atım bileşenli normal faylardan oluşan aktif bir faydır. Kuzeydoğuda Çavuşağa (Kocasinan-Kayseri) ile güneybatıda Kızık (Develi-Kayseri) arasında uzanan Erciyes Fayı toplam 56 km uzunluğundadır.

5. Erciyes Fayı'nın yaklaşık 20 km uzunluğundaki kuzeydoğu bölümü, en fazla 5 km genişliğinde bir zon içerisine dağılmış, birbirine koşut kısa fay parçalarından

oluşurken, Melikgazi doğusundan itibaren daha yalın bir geometriye bürünür. Erciyes Fayı, orta bölümde, Erciyes Dağı'nın kuzeyindeki Ali Dağı ve Lifos Tepe gibi parazit volkan konilerini, devamında ise Erciyes Dağı'nın ana çıkış merkezini kesmektedir.

6. Erciyes Fayı'nın güncel tektonik etkinliğini belgeleyen çok sayıda tektonomorfolojik veri bulunmaktadır. Bunlar arasında; fay boyunca gözlenen çizgisel fay sarplıkları, faylar tarafından kesilen alüvyon yelpazeleri, üçgen yüzeyler, taban blokta askıda kalmış vadiler, fay boyunca dizilmiş volkan konileri ve tavan blokta gözlenen geriye doğru eğimlenmeler sayılabilir.

7. Erciyes Fayı, uzanımı boyunca, taban bloğunda yüzeyleyen Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanitleri ve volkanosedimanter çökelleri ve bunlardan türeyen genç çökelleri keser.

8. Bu çalışmada Erciyes Fayı'nın uzun dönem kayma hızı, fayın her iki bloğunda da yüzlek veren Valibaba ignimbiritinden (Tplv) ölçülen 273 metre net atım ve söz konusu birimden ^{40}Ar / ^{39}Ar yöntemiyle, Higgins ve diğerleri (2015) tarafından elde edilen 2,73 ± 0,08 milyon yıl yaş verisi kullanılarak hesaplanmıştır. Bu veriler yardımıyla Erciyes Fayı'nın uzun dönem kayma hızı yıllık 0,1 ± 0,03 mm olarak hesaplanmıştır.

9. 56 km uzunluğundaki Erciyes Fayı'nın deprem potansiyeline yönelik hesaplamalarda Wells ve Coppersmith (1994) tarafından normal faylar için öngörülen görgül eşitlikler kullanılmıştır. Bu eşitliklere göre; Erciyes Fayı'nın üretebileceği en büyük deprem büyüklüğü Mw 7,17, en büyük yer değiştirme miktarı 3,03 metre ve ortalama yer değiştirme miktarı ise 1,17 metre olarak hesaplanmıştır.

10. Erciyes Fayı'nın kinematik özelliklerine ışık tutabilecek yapısal veriler çoğunlukla fayın orta ve kuzeydoğu bölümünden derlenmiştir. Ölçülen fay düzlemi kayma verilerinin FaultKinWin programı (V.7.0.0) (Marrett ve Allmendinger 1990; Allmendinger ve diğerleri, 2012) kullanılarak değerlendirilmesi sonucunda, Erciyes

Fayı'nın normal faylanma karakteri sunduğu ve K44-71°B – G44-71°D yönlü genişlemeli bir tektonik rejim altında geliştiği anlaşılmıştır. Bu genişleme yönü, Orta Anadolu Fay Sistemi'nin Deliler ve Ecemiş Fayı arasında sola sıçramalı bir mekanizma ile gelişmiş olan Erciyes Çek-Ayır Havzası'nın oluşumu ve gelişimiyle son derece uyumludur.

11. Erciyes Fayı üzerinde, Melikgazi ve Gesi ilçe sınırları dahilindeki iki alanda paleosismolojik hendek çalışmaları gerçekleştirilmiş olup, hendekler Melikgazi ve Gesi Hendeği olarak isimlendirilmişlerdir.

12. Melikgazi ve Gesi hendeklerinde, son 27000 yıldan günümüze kadar geçen süre içerisinde, yüzey kırığı oluşturmuş 3 deprem tanımlanmıştır. Tanımlanan depremlerin tarihlendirilmesi amacıyla 13 adet radyokarbon (14C) ve 2 adet Optik Uyarıcı Lüminesans (OSL) örneği derlenmiş ve analiz ettirilmiştir.

13. Yaşlandırma sonuçlarına göre; hendeklerde tespit edilen en eski depremin (Deprem 1) MÖ. 25407 – 25258 yılları arasında, sondan bir önceki depremin (Deprem 2) MÖ. 20125 – 19878 yılları arasında ve en son depremin (Deprem 3) ise (Deprem 1) MÖ. 14516 – 11915 yılları arasında meydana geldiği değerlendirilmiştir.

14. Tespit edilen en eski deprem (Deprem 1) ile sondan bir önceki deprem (Deprem 2) arasındaki süre yaklaşık 5000 yıldır. Sondan bir önceki deprem (Deprem 2) ile son deprem (Deprem 1) arasındaki süre ise yaklaşık 7000 yıl olarak belirlenmiştir. Erciyes Fayı üzerinde tespit edilebilen en son depremin ise yaklaşık olarak 15000 yıl önce meydana geldiği ortaya konmuştur.

15. Erciyes Fayı üzerinde yürütülen paleosismolojik hendek çalışmalarında, güncel volkanik etkinliği temsil eden tefra seviyeleri ve bu seviyeleri kesen faylar tespit edilmiştir. Bu veri, Erciyes Fayı'nın tarihsel dönemlerde Erciyes Volkanizması'na eşlik ettiğine işaret etmektedir.

16. Son depremden günümüze kadar geçen 15000 yıllık sürede, yıllık 0,1 ± 0,03 mm kayma hızına göre, Erciyes Fayı üzerinde ortalama 1,5 metre yer değiştirme meydana getirebilecek bir depremin yamulma enerjisinin biriktiği hesaplanmıştır. Görgül yaklaşımla, 1,5 metre ortalama yer değiştirme meydana getirebilecek bir depremin büyüklüğü ise Mw 7,34'tür. Bu değer, 56 km uzunluğundaki bir normaldan beklenen en büyük deprem büyüklüğü olan Mw 7,17'yi aşmaktadır. Bu veri, Erciyes Fayı'nın deprem potansiyelinin oldukça arttığına ve her an deprem üretebilecek bir diri fay olduğuna işaret etmektedir.

KAYNAKLAR

AFAD, 2015. Disaster and Emergency Management Presidency, Earthquake Department Catalogue.www.deprem.gov.tr/sarbis/Veritabani/DDA.aspx?param=1

Aksoy, A., Bayhan, A. A., Demir, A., Feyzioğlu, A. K., … 2010. Kayseri Ansiklopedisi Cilt 2. Kayseri Büyükşehir Belediyesi Kültür Yayınları No: 76.

Aktuğ, B., Parmaksız, E., Kurt, M., Lenk, O., Kılıçoğlu, A., Gürdal, M. A., & Özdemir, S., 2013. Deformation of central anatolia: GPS implications. Journal of Geodynamics, 67, 78-96.

Allmendinger, R.W., Cardozo, N.C., Fisher, D., 2012. Structural Geology Algorithms: Vectors and Tensors. Cambridge University Press, 289 p.

Alsan, E., Tezuçan, L., and Bath, M., 1975. An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval 1913-1970. Kandilli Observatory Seismological Department and Sweden Seismological Institute, Report No 7-75, İstanbul.

Ambraseys, N. N, Finkel, C. F., 1987. Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915. Annales Geophysicae 5 (6): 701-725.

Ambraseys, N. N and Finkel, C., 1991. Long Term Seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea Region, Terra Nova, 3,5-527-539.

Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. Geophys. J. Int. 133, 390–406.

Ambraseys, N., 2009.Earthquakes in the Mediterranean and Middle East A Multidisciplinary Study of Seismicity up to 1900, London: Imperial College Press.

Arpat, E., & Şaroğlu, F., 1972. Doğu Anadolu Fayi ile ilgili bazi gözlemler ve düşünceler. Bulletin of the Mineral Research and Exploration, 78(78), 44-50.

Ataman, G., 1972, Ankara'nın güneydoğusundaki granitik-granodiyoritik kütlelerden Cefalık Dağının radiyometrik yaşı hakkında ön çalışma: Hacettepe Fen ve Müh. Bilimleri Derg., 2, 44-49.

Ayan, M., 1963, Contribution a l' etüde petrographique et géologique de la région située au NE de Kaman: MTA Yayınları, 155, 332 s.

Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N., Üçer, S. B., 1981. Turkey and Surrounding Earthquake Catalogue 1881-1980. Boğaziçi University Publications.

Ayhan, A., Lengeranlı, Y., Çeltek, N., & Aksoy, E., 1984. Aladağlar (Batı Zamantı) Yöresi (Yahyalı-Çamardı) Jeolojisi ve Kurşun-Çinko Etüdleri, MTA Rapor No: 1483, 112 shf. MTA Ankara.

Baran B., Erkmen C., 1998.14 Aralık 1998 Kayseri Depremi, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı Sismoloji Şube Müdürlüğü Ön Rapor.

Başarır-Baştürk N, Özel N. M, Altınok Y, Duman T. Y., 2017. Türkiye ve yakın çevresi için geliştirilmiş tarihsel dönem (MÖ 2000-MS 1900-) deprem kataloğu. In: Duman TY (editor). Türkiye. Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı. Ankara, Turkey: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, pp. 34-239 (in Turkish).

Berryman, K., Beandland, S., 1991. Variation in fault behaviour in different tectonic provinces of New Zeland, J. of Struct. Geol. 13, 177-189.

Birgili, Ş., Yoldaş, R., & Ünalan, G., 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rapor, Rapor, (5621).

Blumenthal, M.M., 1941, Niğde ve Adana vilâyetleri dahilinde Torosların jeolojisine umumi bakış: Maden Tetkik Arama Enat., Ankara, No 8, 48 s.

Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey- a synthesis. Geodinamica Acta 14, 3-30.

Bradley, A, S., 2007. Swiss-led team of archaeologists has discovered pieces of the oldest African pottery in central Mali, dating back to at least 9,400BC Archived 2012-03-06 at the Wayback Machine, SWI swissinfo.ch – the international service of the Swiss Broadcasting Corporation (SBC), 18 January 2007.

Crone, A.J., Machete, M.N., Bonilla, J.J., Lienkaemper, Pierce, K.L., Scott, W.E., Bucknman, R.C., 1987. Surface faulting accompaying the Borah Peak earthquake and segmentation of the Lost River fault, Central Idaho, Bull. Seismo. Soc. Am. 77, 739-770.

Crone, A.J., Haller, K.M., 1991. Segmentation and the coseismic behaviour of Baisn and Range normal faults: examples from east-central Idaho and Southwestern Montana, USA. J. of Struct. Geol. 13, 151-164.

Dalkılıç, H., 2009a. Türkiye Jeoloji Haritaları, 1: 100.000 ölçekli Kayseri-L35 Paftası. Publ General Directorate Min Res Exp, 124.

Dalkılıç, H., 2009b. Türkiye Jeoloji Haritaları, 1: 100.000 ölçekli Kayseri-K35 Paftası. Publ General Directorate Min Res Exp, 123.

Demirtaş, R., 1997. Paleosismoloji, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, 245 s.

DePolo, C.M., Claek, D.C., Slemmons, D.B., Ramelli, A.R., 1991. Historical surface faulting in the basin and range province, Western North America: İmplications for fault segmentation, J. Struct. Geol. 13. 123-136.

AFAD (deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu). https://deprem.afad.gov.tr/ddakatalogu

Derevianko A.P., Kuzmin Y.V., Burr G.S., Jull A.J.T., Kim J.C., 2004. AMS 14C Age Of The Earliest Pottery From The Russian Far East; 1996–2002. Nuclear Instruments And Methods In Physics Research. B223–224 (2004) 735–39.

Dewey, J. F. ve Şengör, A. M. C., 1979. Aegean and surrounding regions. Complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone. Geological Society of America Bulletin 90, 84–92.

Diamond, J., 1998. "Japanese Roots". Discover. Discover Media LLC. Archived from the original on 2010-03-11. Retrieved 2010-07-10.

Dirik, K., 2001. Neotectonic evolution of the northwestward arched segment of the Central Anatolian Fault Zone, Central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta, 14(1-3), 147-158.

Dirik, K., & Göncüoglu, M. C., 1996. Neotectonic characteristics of central Anatolia. International Geology Review, 38(9), 807-817.

Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A.E., 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanitleri. MTA Raporu, Rapor No: 10575, Ankara.

Duman, T. Y., Çan, T., Emre, Ö., Kadirioğlu, T., Başarır-Baştürk, N., Kılıç, T., Arslan, S., Özalp, S., Kartal, R. F., Kalafat, D., Karakaya, F., Eroğlu-Azak, T., Özel, N. M., Ergintav, SA., Akkar, S., Altınok, Y., Tekin, S., Cingöz, A., Kurt, A.İ., 2018. Seismotectonic data base of Turkey. Bulletin of Earthquake Engireening, 16, 3277-3316.

Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı H., Olgun, Ş., 2011, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Kayseri (NJ 36-8) Paftası, Seri No: 32, Maden Tetkik veArama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.

Emre, Ö., Duman, T. Y, Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F., 2013. Active Fault Map of Turkey with an Explanatory Text. 1:1,250.000 Scale, General Directorate of Mineral Research and Exploration, Special Publication Series-30, Ankara

Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T., 2018. Active fault database of Turkey. Bull Earthq Eng16(8):3229–3275. https:// doi. org/ 10. 1007/ s10518- 016- 0041-2

EMSC/CSEM, https://www.emsc-csem.org.

Erdağ, D., Ş., 2007. Ecemiş Fay Zonu'nun Yahyalı (Kayseri)-Pozantı (Adana) Arasında Kalan Kesiminin Morfotektoniği ve Paleosismik Aktivitesi

Erdağ, D. S., 2007. Ecemiş Fayı'nın Yahyalı (Kayseri)-Pozantı (Adana) Arasında Kalan Kesiminin Morfotektoniği ve Paleosismik Aktivitesi. Istanbul Teknik Universitesi, 206.

Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z, 1967. Türkiye ve civarının deprem kataloğu. İTÜ Yayınları, No: 24, İstanbul-Turkey.

Ershov, A. V., & Nikishin, A. M., 2004. Recent geodynamics of the Caucasus-Arabia-east Africa region. Geotectonics, 38(2), 123-136.

Eyidogan H., Güçlü U., Utku Z., Degirmenci E., Türkiye büyük depremleri Makro-sismik rehberi (1900 1988), İstanbul Teknik Üniv., Maden Faktültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 1991.

Faccenna, C., Becker, T. W., Jolivet, L., & Keskin, M., 2013. Mantle convection in the Middle East: Reconciling Afar upwelling, Arabia indentation and Aegean trench rollback. Earth and Planetary Science Letters, 375, 254-269.

GEBCO Compilation Group (2023) GEBCO 2023 Grid (doi:10.5285/f98b053b-0cbc-6c23-e053-6c86abc0af7b)

Gezgin, C., Erdoğan, H., Ekercin, S., Tiryakioğlu, İ., Gürbüz, E., 2023. Tuz Gölü Fat Zonu Depremselliğinin Jeodezik Gerinim Özellikleri ve Coğrafi Blgi Sistemleri ile Analizi: Aksaray Segmenti. Ulusal Deprem Araştırma Çalıştayı, Deprem ve Risk Azaltma Genel Müdürlüğü, AFAD, 2023, s. 102-103.

Ghebreab, W., 1998. Tectonics of the Red Sea region reassessed. Earth-Science Reviews, 45(1-2), 1-44.

Göncüoğlu, M. C., 1986. Orta Anadolu Masifinin Güney Ucundan Jeokronolojik Yaş Bulguları. Mea Dergisi, (105-106), 27-28.

Göncüoğlu, M. C., 1977. Geologie des westlichen Niğde massivs. Unpublished PhD thesistBonn.

Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the 10th Century. Instituto Nazionale di Geofisica, Roma, pp. 502p.

Guidoboni. E., Comastri. A., Triana, G. 1994. Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean Area up to the10th Century. Istituto Nazionale di Geofisica, p. 504, ISBN 88- 85213-06-5.

Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2nd. Princeton University Press, Princeton.

The Harvard Centroıd Moment Tensor Catalog, The Global Centroid-Moment-Tensor (GCMT), Project, 1976-2012, http://www.globalcmt.org.

Higgins, M., Schoenbohm, L. M., Brocard, G., Kaymakci, N., Gosse, J. C., & Cosca, M. A., 2015. New kinematic and geochronologic evidence for the Quaternary evolution of the Central Anatolian fault zone (CAFZ). Tectonics, 34(10), 2118-2141.

Hofmann, C., Courtillot, V., Féraud, G., Rochette, P., Yirgu, G., Ketefo, E., and Pik, R., 1997, Timing of the Ethiopian flood basalt event and implications for plume birth and global change: Nature, v. 389, p. 838–841.

https://en.wikipedia.org/wiki/Pottery#cite_note-Jomon-3

International Seismological Centre, Focal Mechanism Catalog, http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/fmechanisms.

Kadirioğlu, F.T., Kartal, R.F., Kılıç, T., Kalafat, D., Duman, T.Y., Eroğlu Azak, T., Özalp, S., Emre, Ö., 2018. An Improved earthquake catalogue (M≥4.0) for Turkey and its near vicinity (1900–2012). Bull. Earthq. Eng. 16, 3317–3338.

Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yılmazer, M., 2011. A revised and extended earthquake catalogue for Turkey since 1900 (M≥4.0). Boğaziçi University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute.

Keskin, H., Dönmez, M., Akçay, A. E., 2010. Türkiye Jeoloji Haritaları, 1: 100.000 ölçekli Kayseri-L34 Paftası. Publ General Directorate Min Res Exp, 141.

Keskin, M., 2005. Domal uplift and volcanism in a collision zone without a mantle plume: Evidence from Eastern Anatolia.

Keskin, M., 2007. Eastern Anatolia: a hotspot in a collision zone without a mantle plume.

Koçyiğit, A., 2000. Orta Anadolu'nun Genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü Ulukışla basenlerinin uygulamalı çalışlması. Bildiri Özleri, TPJD Bülteni, Özel sayı 5, 1-26, Aksaray.

Koçyiğit, A., & Beyhan, A., 1998. A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 284(3-4), 317-336.

Koçyiğit, A., & Beyhan, A., 1999. Reply to Rob Westaway's Comment on 'A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey'. Tectonophysics, Volume 314, Issue 4, 30 December 1999, Pages 481-496.

Koçyiğit, A., & Erol, O., 2001. A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta, 14(1-3), 133-145.

Koçyiğit, A., & Özacar, A., 2003. Extensional neotectonic regime through the NE edge of the outer Isparta Angle, SW Turkey: new field and seismic data. Turkish Journal of Earth Sciences, 12(1), 67-90.

KOERİ-UDİM. http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/zeqdb/.

Kondorskaya, N. V., & Ulomov, V. I., 1999. Special earthquake catalogue of Northern Eurasia from ancient times through 1995 (SECNE). Joint Institute of Physics of the Earth (JIPE), Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Kürçer, A. 2012. Tuz Gölü Fay Zonu'nun Neotektonik Özellikleri ve Paleosismolojisi, Orta Anadolu, Türkiye (Doktora Tezi yayınlanmamış, Tez No: 318203, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 318 sayfa.

Kürçer, A., Özalp, S., Özdemir, E., Uygun Güldoğan, Ç., Duman, T. Y., 2016. Yüzey Kırığı Oluşturmuş Faylar Üzerinde Aktif Tektonik ve Paleosismoljik Araştırmalar Hakkında Örnek Çalışma: Yenice Gönen Fayı, KB Türkiye. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, 2016, 21, 1-18.

Kürçer, A., Özdemir, E., Olgun, Ş., Özalp, S., Çan, T., & Elmacı, H., 2021. Active tectonic and paleoseismological characteristics of the Dinar Fault, SW Anatolia, Turkey. Mediterranean Geoscience Reviews, 3(2), 219-251.

Kürkçüoglu, B., Sen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., & Gündogdu, N., 1998. Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 85(1-4), 473-494.

Lienhard, J., H., 1989. "No. 359: The Dolni Vestonice Ceramics". The Engines of Our Ingenuity. University of Houston. Archived from the original on January 9, 2010. Retrieved September 4, 2010.

McCalpin, J.P., Nelson, A.R., 2009. Introduction to Paleoseismology. In Paleoseismology, International Geophysics Series vol. 95. James P. McCalpin (ed). Academic Pres is an imprint of Elsevier, pp. 1-25., California, USA.

Mcclusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., ... & Veis, G., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 105(B3), 5695-5719.

McKenzie, D. P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. Geophys. J. R. Astron. Soc. 30 (2), 109–185.

Okay, A. I., & Tüysüz, O., 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications, 156(1), 475-515.

Oral, M. B., 1994. Global Positionong System (GPS) measurments in Turkey (1988-1992): Kinematics of the Africa-Arabia-Eurasia plate Collision Zone, Ph.D. thesis, 344 pp., MIT.

Özgül, N., 1976. Toroslar'm bazı temel jeoloji özellikleri. Bulletin of the Geological Society of Turkey, 19, 65-78.

Poisson, A., 1977. Recherches geologiques dans les Taurides occidentales (Turquie): These d'Etat Univ. Paris-Sud (Orsay). 795 s. (yayımlanmamış).

Reilinger, R., McClusky, S., Oral, M., King, R., Toksöz, M., Barka, A., Kınık, I., Lenk, O., Sanlı, I., 1997. Global Positioning System Measurements of Present-Day Crustal Movements in the Arabia-Africa-Eurasia Plate Collision Zone. Journal of Geophysical Research 102, 9983-9999.

Reilinger R, McClusky S, Vernant P, Lawrence S, Ergintav S et al., 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. Journal of Geophysical Research 111 (B5): B05411.

Roosevelt, A. C., 1996. "The Maritime, Highland, Forest Dynamic and the Origins of Complex Culture". In Frank Salomon; Stuart B. Schwartz (eds.). The Cambridge History of the Native Peoples of the Americas. Cambridge, England New York: Cambridge University Press. pp. 264–349. ISBN 978-0-521-63075-7. Archived from the original on 2019-12-07. Retrieved 2019-10-17.

Salomon-Calvi W., 1940. 20 Şubat 1940 Tarihinde Erciyes'de Vukubulan Yer Sasıntısı, Bull. Min. Re. Expl. lnst. Turkey 5 x 180-182.

Schmidt, C. C. 1960. AR/MEM/365-366-367 sahalarının nihai terk raporu, Pet. İş. Gn. Müd., Ankara, (unpublished).

Schwartz, D. P., & Coppersmith, K. J., 1984. Fault behavior and characteristic earthquakes: Examples from the Wasatch and San Andreas fault zones. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 89(B7), 5681-5698.

Seymen, İ., 1982. Kaman Dolayında Kırşehir Masifi'nin Jeolojisi, Doçentlik Tezi. İ TÜ. Maden Fakültesi, İstanbul.

Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu, TUBİTAK Proje No: TBAG 341, 124 s.

Spataro, M., Fletcher, A., Cartwright, C. R., & Baird, D., 2017. Boncuklu Höyük: The earliest ceramics on the Anatolian plateau. Journal of Archaeological Science: Reports, 16, 420-429.

Şaroğlu, F., Boray, A., Emre, Ö., 1987. Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:8174 (yayınlanmamış).

Şen, E., Kürkcüoğlu, B., Aydar, E., Gourgaud, A., & Vincent, P. M., 2003. Volcanological evolution of Mount Erciyes stratovolcano and origin of the Valibaba Tepe ignimbrite (Central Anatolia, Turkey). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 125(3-4), 225-246.

Şengor A. M. C., 1980. Turkiye'nin Neotektoniği'nin Esasları, Türkiye Jeoloji Kurumu Konferans Serisi 2.

Şengör, A. M. C., Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study. In: Biddle, K., Christie-Blick, N. (Eds.), Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publications 37, pp. 227–264.

Şengör, A. M. C., Kidd, W. S. F., 1979. Post-collisional tectonics of Turkish-Iranian plateau and a comparison with Tibet. Tectonophysics 55, 361–376.

O.Tekeli, A.Aksay, İ. Evren-Ertan, ve B. M. Ürgün, Toros ofiyolit projeleri, Aladağ projesi. MTA Derleme Rapor No. 6976, 1981. (Yayımlanmamış).

Tekeli, O., Aksay, A., Ürgün, B.M. and Işık, A., 1984, Geology of the Aladağ Mountains: Int. Symp. on the Geology of the Taurus Belt, Ankara-Turkey, Proceedings (Ed: Tekeli, O. and Göncüoğlu, M.C.), 143-158

Türkecan, A., 2015. Türkiye'nin senozoyik volkanitleri. Maden Tetkik Arama Müdürlüğü.

U.S. Geological Survey, 2020, Earthquake Lists, Maps, and Statistics, accessed (2020). https://www.usgs.gov/natural-hazards/earthquake-hazards/lists-maps-and-statistics.

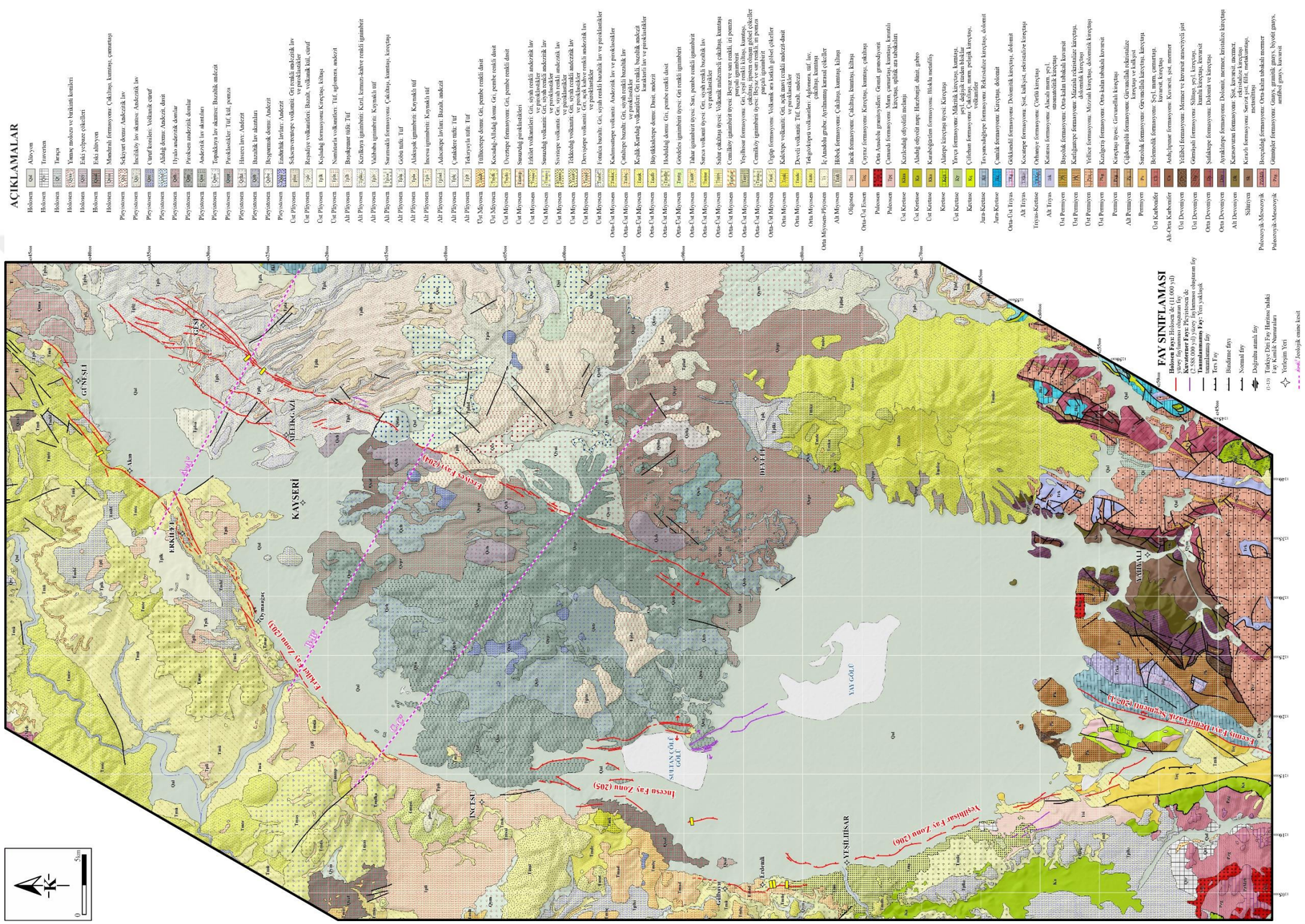
Weldon, R.J., 1991. Active Tectonic Studies in the Uniated States, 1987-1990, Rev. Geophys. pp. 890-906.

Wells, D. L., Coppersmith, K. J., 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area, and Surface Displacement. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 4, pp. 974-1002.

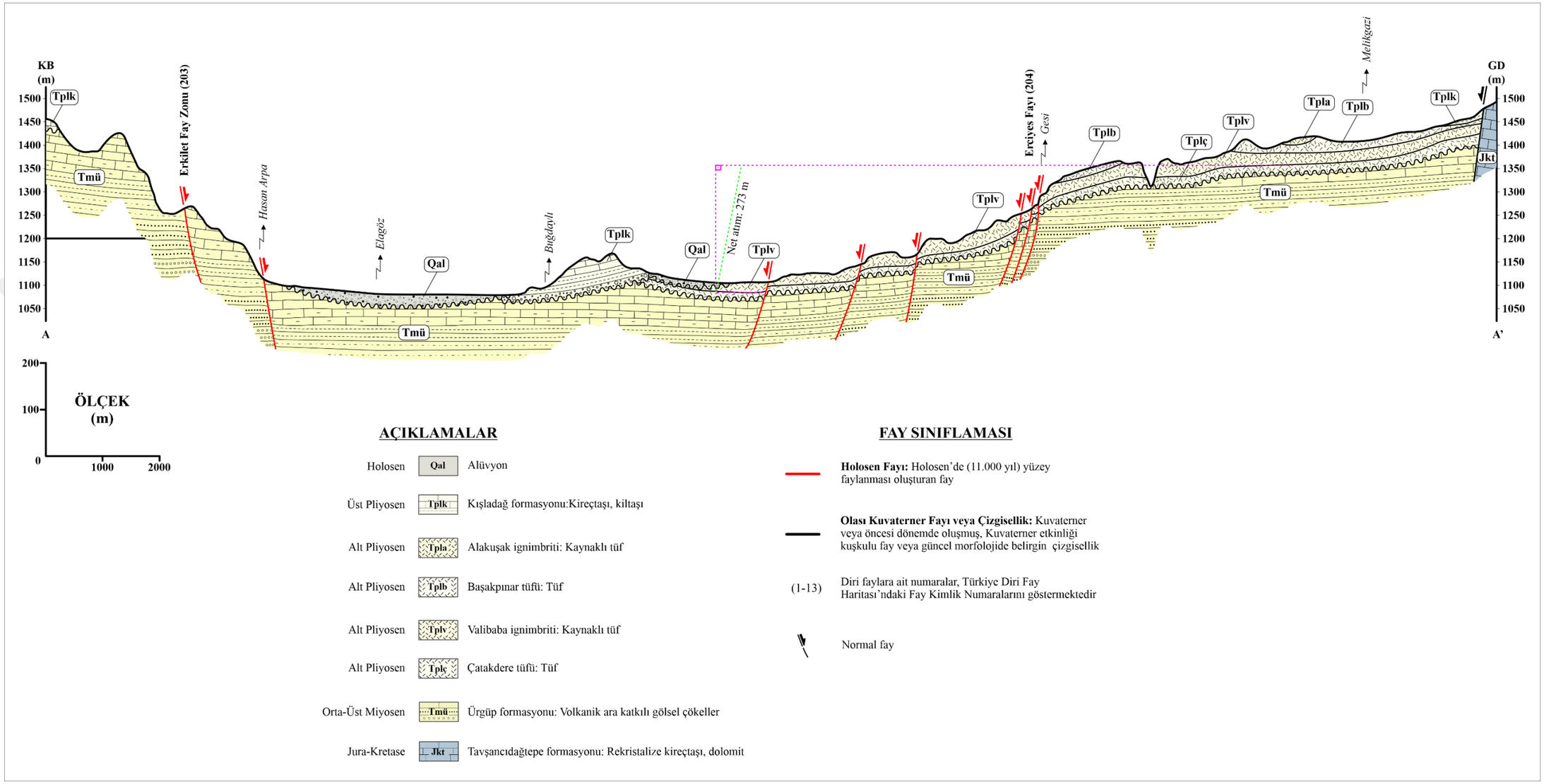
Zhang, P., Slemmons, D.B., Mao, F., 1991. Geometric pattern, rupture termination and fault segmentation of the Dixe Valley-Pleasent Valley active normal fault system, Nevada, USA. J. Struct. Geol. 13, 165-176.

EKLER

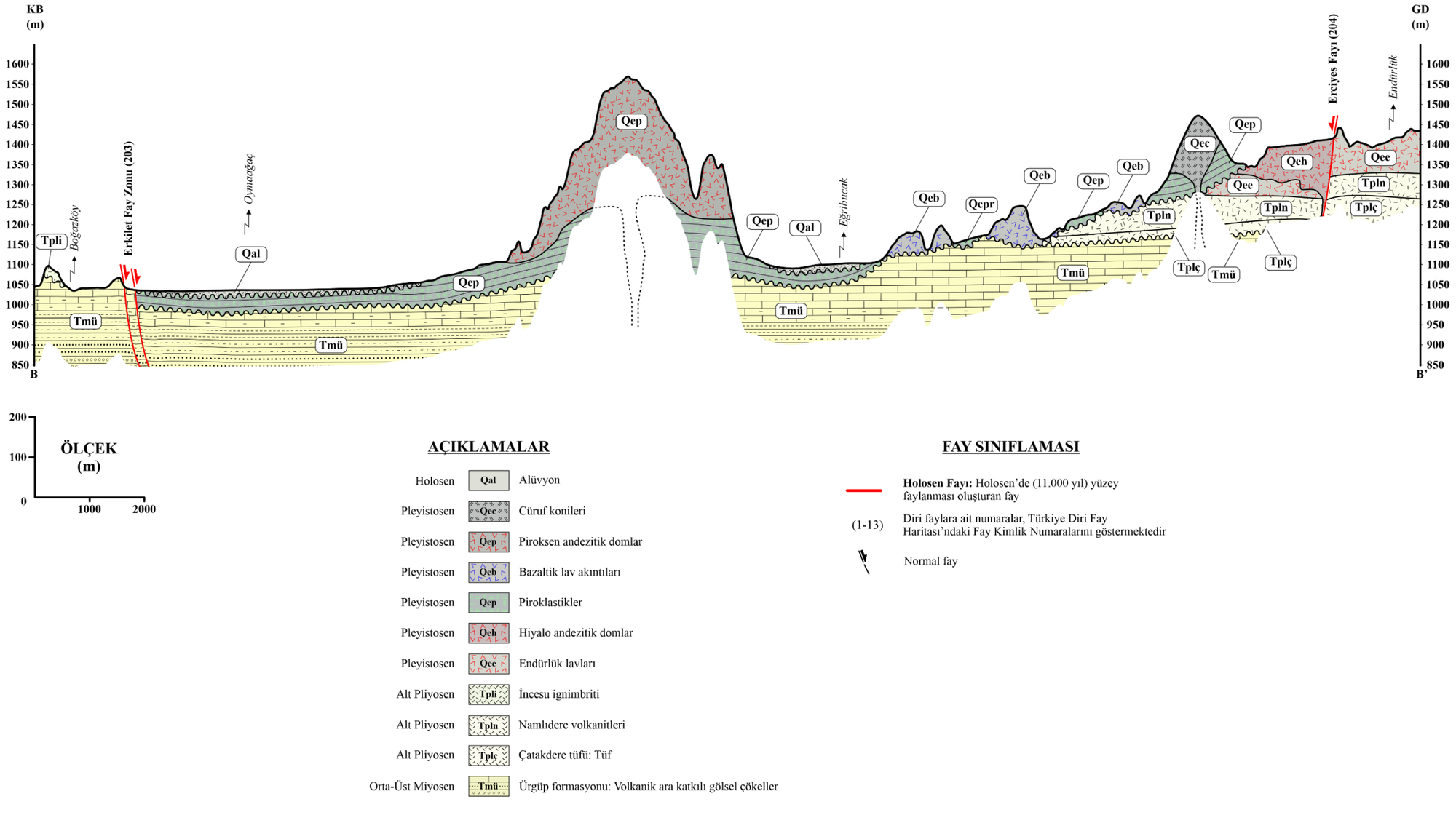
EK-1: Kayseri ve çevresinin jeoloji haritası



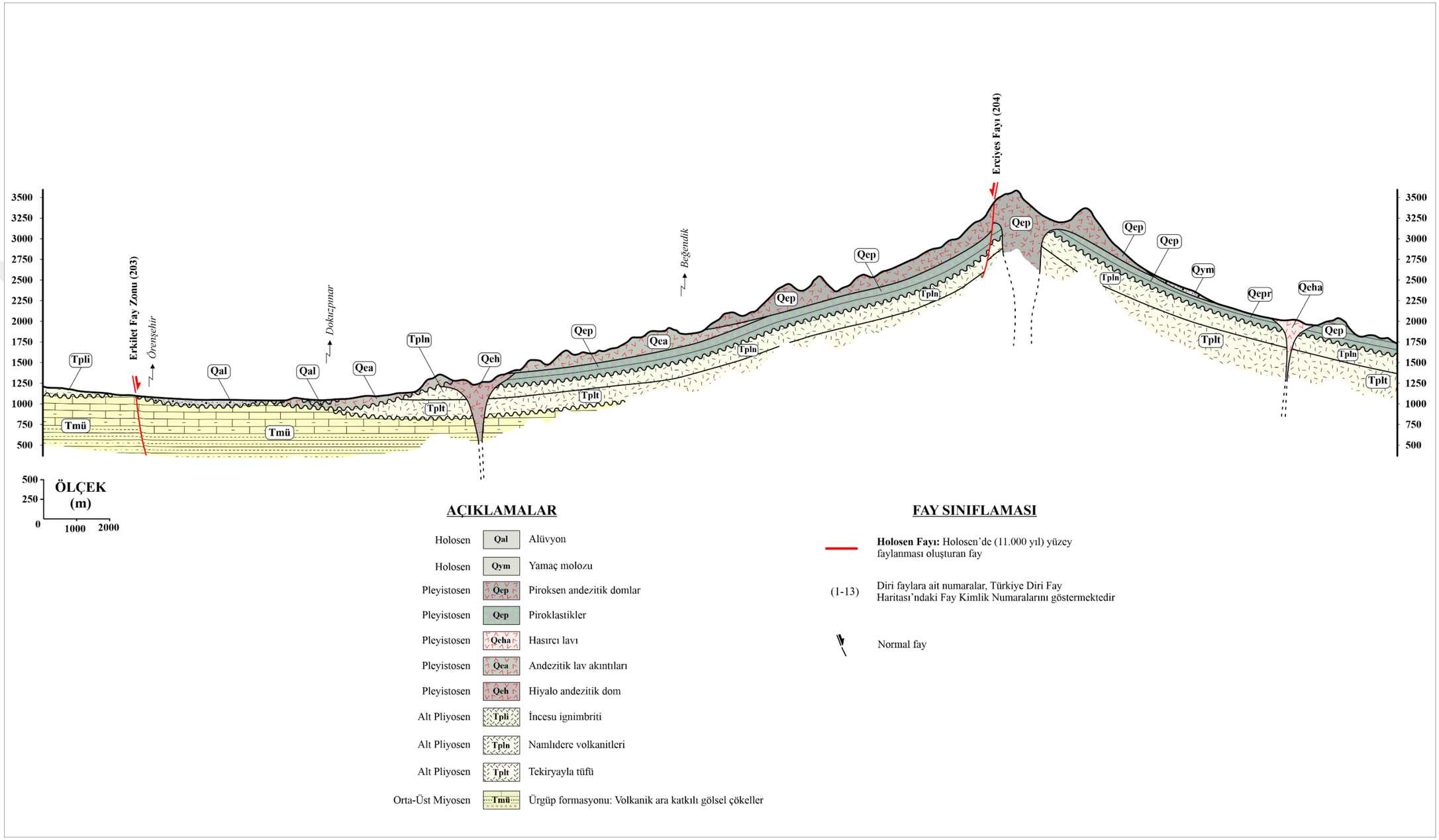
EK-2: Erkilet kuzeyinden Gesi güneydoğusuna doğru KB-GD doğrultusunda alınan A-A' jeolojik enine kesit.



EK-3: Oymaağaç güneybatısından Melikgazi güneyine doğru KB-GD doğrultusunda alınan B-B' jeolojik enine kesit.

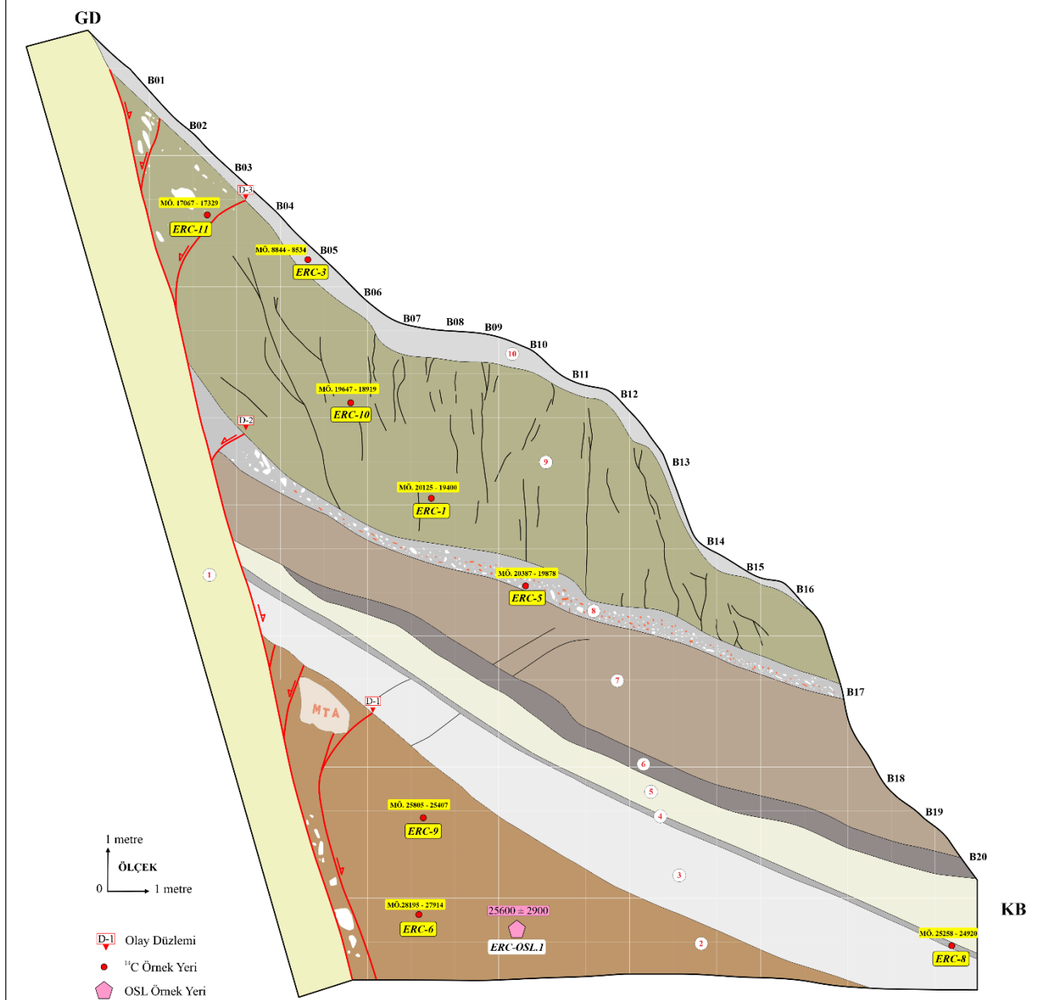


EK-4: İncesu kuzeybatısından Develi kuzeyine doğru KB-GD doğrultusunda alınan C-C' jeolojik enine kesit.



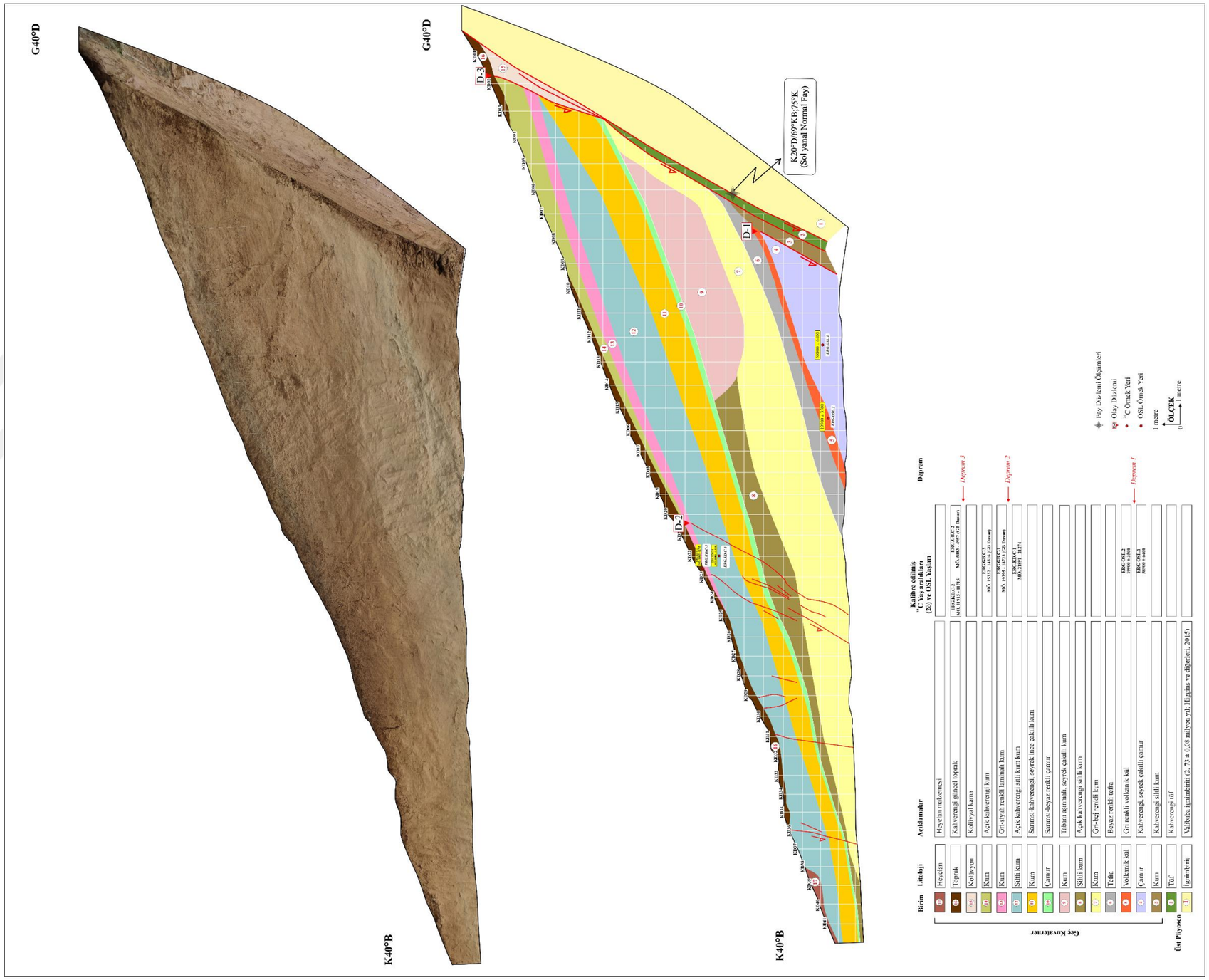
EK-5: Melikgazi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu.





	Birim	Litoloji	Açıklamalar	Kalibre edilmiş ¹⁴C Yaş aralıkları (2σ) ve OSL Yaşları	Deprem
Holosen	10	Toprak	Kahverengi güncel toprak	ERC-3 MÖ. 8844 - 8534	
Geç Pleyistosen	9	Siltli kum	Kahverengi siltli kum	ERC-11 MÖ. 17067 - 17329; ERC-10 MÖ. 19647 - 18919; ERC-1 MÖ. 20125 - 19400	← Deprem 3; ← Deprem 2
	8	Kültür katı	Bol çanak, çömlek vb. parçalar içeren kültür katı	ERC-5 MÖ. 20387 - 19878	
	7	Kum	Açık kahverengi, seyrek çakıllı kum		
	6	3. Tefra	Gri renkli tefra		
	5	2. Tefra	Bej renkli tefra		
	4	Paleosol	Koyu kahverengi paleo-toprak	ERC-8 MÖ. 25258 - 24920	
	3	1. Tefra	Beyaz renkli tefra		
	2	Çamur	Kahverengi, seyrek çakıllı çamur	ERC-OSL.1 25600 ± 2900; ERC-6 MÖ.28195 - 27914; ERC-9 MÖ. 25805 - 25407	← Deprem 1
Geç Pliyosen	1	İgnimbirit	Valibaba ignimbiriti (2, 73 ± 0,08 milyon yıl; Higgins ve diğerleri, 2015)		

EK-6: Gesi Hendeği'nin Kuzeydoğu Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu



EK-7: Gesi Hendeği'nin Güneybatı Duvarı'na ait fotomozayik ve hendek logu

