

**TRAVERTEN ÇÖKELLERİNİN AKTİF TEKTONİK
ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNEMİ: TOKAT REŞADİYE
TRAVERTENİ (KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ,
TÜRKİYE)**

**IMPORTANCE OF TRAVERTINE DEPOSITS FOR ACTIVE
TECTONIC STUDIES: TOKAT RESADIYE TRAVERTINE
(NORTH ANATOLIAN FAULT SYSTEM, TURKEY)**

İSMAİL AYDOĞDU

PROF. DR. RAMAZAN KADİR DİRİK

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

JEOLojİ Mühendisliğı Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

İSMAİL AYDOĞDU'nun hazırladığı “Traverten Çökellerinin Aktif Tektonik Çalışmalar İçin Önemi: Tokat Reşadiye Traverteni (Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Türkiye)” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

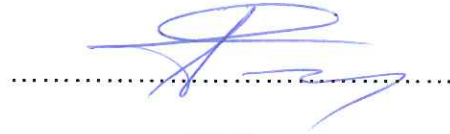
Prof. Dr. Halim MUTLU
Başkan



Prof. Dr. Ramazan Kadir DİRİK
Danışman



Prof. Dr. Emel BAYHAN
Üye



Prof. Dr. Serdar BAYARI
Üye



Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN
Üye



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

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

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

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

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

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

- ☒ **Tezimin/Raporumun 14.06.2021 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**

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

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

- ☐ **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

14/ 06 / 2018

İSMAİL AYDOĞDU

ETİK

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

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

beyan ederim.

14/06/2018

İsmail AYDOĞDU

ÖZET

TRAVERTEN ÇÖKELLERİNİN AKTİF TEKTONİK ÇALIŞMALAR İÇİN ÖNEMİ: TOKAT REŞADİYE TRAVERTENİ (KUZEY ANADOLU FAY SİSTEMİ, TÜRKİYE)

İSMAİL AYDOĞDU

Yüksek Lisans, Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. RAMAZAN KADİR DİRİK

Haziran 2018, 90 sayfa

Bu çalışma ile Tokat ili Reşadiye ilçe merkezinde yer alan Kuvaterner yaşlı travertenin gelişimi ve güncel tektonikle ilişkisini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Tez kapsamında incelenen traverten depolanması, büyük bir makaslama zonu olan sağ yanal doğrultu atımlı Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Kelkit Vadisi segmentinin ana fayına bağlı bir çatlak boyunca çökelmiştir. Traverten yaklaşık KB doğrultusuna sahip ve morfolojik sınıflandırmaya göre bir sırt tipi travertendir.

Traverten sırtı boyunca toplanan örneklerin XRD (Tüm kayaç) analizleri yapılmış ve hazırlanan ince kesitleri incelenmiştir. Analiz sonuçları ve petrografik incelemeler sonucunda örnekler tamamen kalsit minerallerinden meydana gelmiştir.

Alınan örneklerin Nadir Toprak Element (NTE) analiz sonuçları traverteni oluşturan jeotermal suların sismik bir etkinlik sonucu yüzeye hızlı bir şekilde yükseldiğini ve su-kayaç etkileşiminin kısıtlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca NTE dağılım modellerinde negatif Ce, pozitif Y ve pozitif Eu anomalileri dikkat çekmektedir.

Duraylı izotop değerleri, $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin 5,23 ila 7,85 ‰ (VPDB) aralığında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin ise (-12,05) ila (-17,83) ‰ (VPDB) arasındadır. Bu değerler travertenin meteorik kökenli olduğunun göstergesidir.

Travertenin kronolojik gelişimi ve ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan U/Th yaşlandırma yöntemi, çalışma alanından alınan 8 adet örneğe uygulanmıştır. Bu

örneklerden saptanan en küçük yaşı 0.245 ±0.182 yıl ve en büyük yaşı 6.957 ±0.657 yıl olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen yaş verileri KAFS'nin Kelkit Vadisi Segmentinde gerçekleşen tarihsel depremlerle örtüşmektedir. Bu durum Reşadiye-Termal sırt travertenini boyunca kalsit damar formasyonlarının oluşumunun depremlerle ilgili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Traverten, Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Reşadiye (Tokat), Neotektonik, Traverten Tektoniği.



ABSTRACT

IMPORTANCE OF TRAVERTINE DEPOSITS FOR ACTIVE TECTONIC STUDIES: TOKAT REŞADIYE TRAVERTINE (NORTH ANATOLIAN FAULT SYSTEM, TURKEY)

İSMAİL AYDOĞDU

Master of Science, Department of Geological Engineering

Advisor: Prof. Dr. RAMAZAN KADİR DİRİK

June 2018, 90 pages

This study aimed to explain the evolution of the Quaternary travertine and its relation with active tectonics in the city-centre of Reşadiye district of Tokat province. The travertine deposition which is investigated in the content of thesis, has been deposited along an enlarged crack as parallel compression to main fault of Kelkit Valley segment of the right lateral strike North Anatolian Fault System (NAFS) which is a large shear zone. The travertine is approximately NW-trending fissure ridge type travertine according to morphological classification.

Collected samples along the ridge of the travertine was analysed with XRD (whole all rock) technique and the prepared thin sections were examined. As results of the analysis and petrographic examinations, the samples were completely composed of calcite minerals.

Rare Earth Element (REE) analyse results of the samples show that the geothermal waters forming the travertine are rapidly rising as a result of seismic activity and the water-rock interaction is limited. In the REE distribution models, negative Ce, positive Y, and positive Eu anomalies are very notable.

Stable isotope values are between 5.23 and 7.85 ‰ (VPDB) of $\delta^{13}\text{C}$ values and between $\delta^{18}\text{O}$ values (-12.05) and (-17.83) ‰ (VPDB). These values are indicators of the meteoric origin of the travertine.

The chronological evolution of the travertine and the U / Th dating method is used to determine the relationships and applied to 8 samples taken from the study area. The minimum age of these samples is determined as 0.245 ± 0.182 years and the maximum age is 6.957 ± 0.657 years.

The obtained age data is consistent with the historical earthquakes that occurred in the Kelkit Valley segment of NAFS. This shows that formation of calcite veins along the Reşadiye-Termal fissure ridge type travertine is related to earthquakes.

Key Words: Travertine, North Anatolian Fault System, Resadiye (Tokat), Neotectonic, Travertine Tectonics.



TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, bana her konuda yol gösterici olan ve gerek sabrı gerekse hoş görüşü ile bana destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Ramazan Kadir DİRİK'e,

Tez savunmam esnasında yapmış oldukları değerli yorumları ve önerileri sebebiyle Sayın Prof. Dr. Halim MUTLU'ya, Prof. Dr. Emel BAYHAN'a, Prof. Dr. Serdar BAYARI'ya ve Doç. Dr. Erman ÖZSAYIN'a,

Tez çalışması süresince beni yalnız bırakmayan, gerek maddi gerek manevi yardımlarını benden esirgemeyen arkadaşım Berk DURUTÜRK'e,

Bugüne kadar yapmış oldukları fedakarlıklarıyla başarıya ulaşmamı sağlayan annem Raziye AYDOĞDU, babam Ramazan AYDOĞDU ve kardeşim İlhan AYDOĞDU'ya,

Tez çalışmamda, varlığı ve tüm kalbi ile yanımda olan ve sıkıntılarımı paylaşan hayat arkadaşım Ebru DALMIŞ'a sonsuz teşekkürler.

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nun (TÜBİTAK) 114Y544 nolu *"Türkiye'deki ana aktif fay sistemlerinin Geç Kuvaterner'deki paleo-depremselliğinin radyometrik yaş tayini ve izotop çalışmaları ile araştırılması"* başlıklı projesi tarafından desteklenmiştir.

İsmail AYDOĞDU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER.....	ix
ŞEKİLLER	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xiii
1.GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Alanının Genel Özellikleri	3
1.3. Çalışma Yöntemleri	3
1.3.1. Saha Öncesi Çalışmalar	3
1.3.2. Saha Çalışmaları	4
1.3.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve Tez Yazım Çalışmaları	4
1.4. Önceki Çalışmalar	5
1.4.1. Çalışma Alanına İlişkin Önceki Çalışmalar	5
1.4.2. Travertenler ile İlgili Önceki Çalışmalar	10
2. İNCELEME ALANININ BÖLGESEL JEOLJİSİ.....	15
2.1. Stratigrafi	15
2.1.1. Kuzey Blok	17
2.1.1.1. Zinav Kireçtaşı	17
2.1.1.2. Nebişeyh Formasyonu.....	19
2.1.1.3. Kapaklı Formasyonu.....	20
2.1.1.4. Kırandağ Formasyonu	22
2.1.1.5. Yolüstü Formasyonu.....	23

2.1.1.6. Hatipli Formasyonu.....	25
2.1.1.7. Reşadiye-Termal Traverteni	25
2.1.1.8. Alüvyonlar ve Yamaç Molozları	27
2.1.2. Güney Blok.....	28
2.1.2.1. Karşıkent Formasyonu	29
2.2. Yapısal Jeoloji	29
2.2.1. Uyumsuzluklar	29
2.2.2. Faylar	29
2.2.3. Çatlaklar ve Yarılımlar	30
3. ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ.....	31
3.1. Neotektonik Dönem.....	31
3.2. Kuzey Anadolu Fay Sistemi.....	33
3.3. Depremsellik	37
3.3.1. Tarihsel Dönem Depremleri.....	37
3.3.2. Aletsel Dönem Depremleri.....	46
4. TRAVERTEN TANIMI, OLUŞUM KOŞULLARI, SINIFLANDIRILMASI, YAŞLANDIRMA VE TEKTONİK İLİŞKİSİ.....	48
4.1. Traverten Sözcüğünün Kökeni, Tanımı ve Oluşumu	48
4.2. Traverten Oluşum Koşulları.....	49
4.3. Travertenlerin Sınıflandırılması	50
4.3.1. Morfolojik Görünümlerine Göre Travertenlerin Sınıflandırılması.....	51
4.3.1.1. Fay Önü Travertenleri.....	52
4.3.1.2. Koni Türü Travertenler.....	53
4.3.1.3. Teras Tipi Travertenler	53
4.3.1.4. Kendiliğinden Oluşan Kanal Tipi Travertenler	54
4.3.1.5. Göl Tipi Travertenler.....	55
4.3.1.6. Aşınmış Traverten Tabakaları	56

4.3.1.7. Şelale Tipi Travertenler	56
4.3.1.8. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler.....	57
4.4. Travertenlerde Yaşlandırma	58
4.5. Traverten-Tektonik İlişkisi.....	60
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	64
5.1. Örnekleme Stratejisi	66
5.2. Mineralojik Bileşim.....	67
5.3. Nadir Toprak Elementleri (NTE) Sonuçları	73
5.4. Karbon ve Oksijen İzotopları	76
5.5. U-Th Yaş Verileri	77
6. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	79
7. KAYNAKLAR.....	82
ÖZGEÇMİŞ	

ÇİZELGELER

Sayfa

Çizelge 3.1. Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca yapılan çalışmalar ve KAFS'nin yaş, atım ve jeolojik hızına ilişkin parametreler	36
Çizelge 3.2. Tan ve diğ. [98] 'ne göre Reşadiye (Tokat) ve çevresinde meydana gelmiş tarihsel depremler ($M \geq 6.5$ veya büyüklüğü belirlenmemişler). (Referans açıklamaları için adı geçen kaynaklar; HS [95], AJ [97], EG [94], ST [98], EG2 [91], KU [99])	39
Çizelge 3.3. MS. 343 Niksar depremi	41
Çizelge 3.4. MS. 499 Suşehri depremi	41
Çizelge 3.5. MS. 1045 Erzincan depremi	42
Çizelge 3.6. 11 Ekim 1254 Erzincan-Suşehri depremi	43
Çizelge 3.7. 1419 Amasya-Erzincan depremi	43
Çizelge 3.8. 1579 Amasya-Çorum depremi.....	44
Çizelge 3.9. 24 Kasım 1666 Erzincan depremi.....	44
Çizelge 3.10. 17 Ağustos 1668 Kuzey Anadolu depremi.....	46
Çizelge 4.1. Travertenlerin makroskopik ölçekteki yaygın sınıflandırılmaları	51
Çizelge 5.1. Reşadiye-Termal traverten örneklerinin XRD yarı nicel mineralojik analiz sonucu	73
Çizelge 5.2. Termal (Reşadiye-Tokat) Travertenlerinin nadir element (REE) verisi (ppb).....	75
Çizelge 5.3. Reşadiye-Termal (Tokat) Traverteninin duraylı izotop (Karbon $\delta^{13}C$ – Oksijen $\delta^{18}O$, ‰) verisi	76
Çizelge 5.4. Reşadiye-Termal Travertenini üzerinden alınan örneklerin konumu ve yaş sonuçları	78

ŞEKİLLER

Sayfa

Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. (a) Anadolu ve çevresinin genel tektonik yapısı. KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, KDAF: Kuzeydoğu Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı. (b) İnceleme alanını gösteren harita.	2
Şekil 2.1. İnceleme alanının jeoloji haritası	16
Şekil 2.2. Çalışma alanına ait jeolojik kesitler	17
Şekil 2.3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti [22-25]	18
Şekil 2.4. Delice Deresi'nin Kelkit Çayı'na karıştığı noktada Zinav kireçtaşının görünümü (D'ya bakış)	19
Şekil 2.5. Nebişeyh Formasyonunun Delice Deresi'ndeki görünümü (Bakış GD'ya)	20
Şekil 2.6. Kapaklı Formasyonunun görünümü, (b) Altıparmak Köyü yakınları (Bakış Kuzeye)	21
Şekil 2.7. Reşadiye kuzeyi Akyarbaşı Tepesi mevkiinde Kırandağ Formasyonu'nun görünümü (Bakış GD'ya)	23
Şekil 2.8. Kelkit Çayı'nın kenarında yüzeyleyen Yolüstü bazaltının genel görünümü (β, Yolüstü bazaltı, krü2, Kapaklı Formasyonu, KAFS, Kuzey Anadolu Fay Sistemi)	24
Şekil 2.9. Akyarbaşı Tepesi'nden Yolüstü bazaltının genel görünümü (β, Yolüstü bazaltı, krü2, Kapaklı Formasyonu, krü3, Kırandağ Formasyonu, Qal, Alüvyon). Bakış güneybatıya	24
Şekil 2.10. Reşadiye-Termal Traverteni'nin havadan görünümü (üstteki fotoğraf bakış GD'ya, alttaki fotoğraf bakış KB'ya) [56]	26
Şekil 2.11. RHS-1 nolu sıcaksu sondajı logu [21]	27
Şekil 2.12. Reşadiye-Termal Traverteni'nin arazi görüntüleri; a: genel görünüm (bakış kuzeydoğuya), b: böbreksi (bakış kuzey), c: kabuk tipi travertenler (bakış kuzeydoğuya).	28

Şekil 2.13. Reşadiye ve çevresindeki Kuzey Anadolu Fay Sistemine ait fay örgüsünü gösterir harita ([16]'ten sadeleştirilerek).....	30
Şekil 3.1. Türkiye'nin önemli neotektonik yapıları ve neotektonik bölgeleri [70]	32
Şekil 3.2. GPS ölçümlerine göre levhaların hareket yönleri [81].....	33
Şekil 3.3. Reşadiye (Tokat) ve çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü $M>6.5$ 'dan yüksek ve büyüklükleri belli olmayan tarihsel depremlerin çeşitli kataloglardan derlenerek [98] harita üzerinde izdüşümü.	38
Şekil 3.4. 17 Ağustos 1668 depreminin yaratmış olduğu yüzey kırığı [61]. (Koyu çizgi yüzey kırığını, kesikli çizgiler ise kırığın batı ve doğuya doğru olası uzantılarını gösterir)	45
Şekil 3.5. Çalışma alanı çevresinde 1900-2018 yılları arasında meydana gelen 3 ve üzeri büyüklükteki depremler (Kandilli Rasathanesi ve AFAD verilerinden üretilmiştir).....	46
Şekil 4.1. Fay önü tipindeki travertenlerin blok diyagramda gösterimi (Ayaz [40]'dan değiştirilerek).	52
Şekil 4.2. Koni tip travertenlerin blok diyagram üzerindeki görünümü ([40]'dan değiştirilerek)	53
Şekil 4.3. Teras tipi traverten morfolojisi ve bu alanlarda oluşan havuz yapılarının ölçeksiz blok diyagramdaki görünümü ([40]'dan değiştirilerek).....	54
Şekil 4.4. Kanal tipi traverten morfolojisi gösteren blok diyagram ([9]'tan değiştirilerek)	55
Şekil 4.5. Sığ göl dolgusu tipi travertenin gösterimi.	56
Şekil 4.6. Aşınmış traverten tabakalarının blok diyagram üzerinde gösterimi	56
Şekil 4.7. Şelale tipi travertenlerin blok diyagram üzerinde şematik görünümü ([39]'dan değiştirilerek).	57
Şekil 4.8. Çatlak sırtı tipi travertenlerin blok diyagram üzerinde şematik görünümü ([39]'dan değiştirilerek).	58
Şekil 4.9. Başlangıçta ^{230}Th bulunmayan kapalı sistemdeki $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ve $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranları [113].....	59
Şekil 4.10. Bantlı travertenlerde yaş ilişkisini gösteren ölçeksiz blok diyagram	62

Sekil 4.11. Çatlak eksenlerinde a-Orantılı açılma, b- Kademeli açılma [53].	63
Şekil 5.1. Reşadiye Traverten sırtının genel görünümü (a, bakış KB'ya). Traverten sırtı ve açılma yarığının genel görünümüleri (b, GD'ya bakış; c, KB'ya bakış)	65
Şekil 5.2. Reşadiye-Termal Travertenini'nin yol kenarındaki görünümü. bt: bantlı traverten, tt: tabakalı traverten	66
Şekil 5.3. Reşadiye Travertenini'nin konumu ile örnek yerlerini gösteren harita. krü2: Üst Kretase Kapaklı Formasyonu, PIQ: Alüvyon, Qtr: Traverten, Qal: Alüvyon	67
Şekil 5.4. Reşadiye Travertenini RS-1a örneğinin optik mikroskop görüntüsü 1a, 1b, 2, 3, 4, 6	68
Şekil 5.5. Reşadiye Travertenini RS-1a örneğinin optik mikroskop görüntüsü 3, 4, 6, 7.	69
Şekil 5.6. Reşadiye-Termal Travertenini'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları	70
Şekil 5.7 Reşadiye-Termal Travertenini'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları	71
Şekil 5.8. Reşadiye-Termal Travertenini'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları	72
Şekil 5.9. Reşadiye-Termal (Reşadiye-Tokat) Traverten örneklerinin PAAS göre değişim diyagramı.	74
Şekil 5.10. Reşadiye-Termal (Reşadiye-Tokat) Travertenini'nin Karbon-13 ($\delta^{13}C$) ve Oksijen-18 ($\delta^{18}O$) dağılım grafiği	74
Şekil 6.1. Reşadiye-Termal (Tokat) Travertenini'nin yaş verilerine karşılık çizilen $\delta^{13}C$ - $\delta^{18}O$ (‰, VPDB) izotop değerleri grafiği	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

μ	: mikro
δ	: del

Kısaltmalar

B	: Batı
By	: Bin yıl
D	: Doğu
D-B	: Doğu-Batı
DAFS	: Doğu Anadolu Fay Sistemi
GB	: Güney
GD	: Güneydoğu
GÖ	: Günümüzden Önce
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
K	: Kuzey
KB	: Kuzeybatı
KD	: Kuzeydoğu
KAFS	: Kuzey Anadolu Fay Sistemi
M.S.	: Milattan Sonra
TK	: Takvim Yılı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

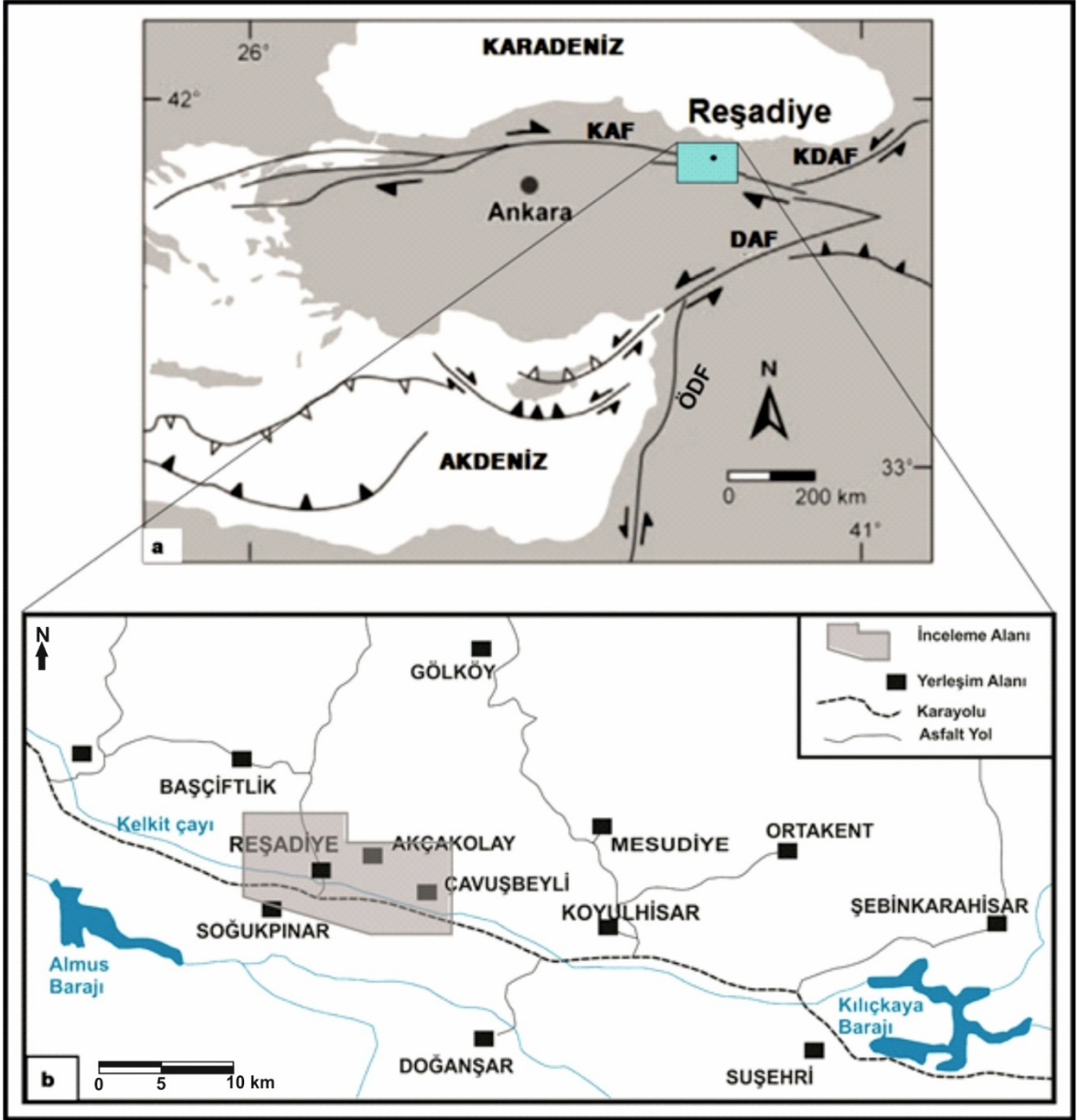
1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Travertenler özel koşullarda ve ortamlarda meydana gelmeleri, meydana geldikleri alanın jeolojik ve tektonik özellikleri ile ilgili büyük öneme sahip bilgileri içermelerinden dolayı birçok araştırmacılar tarafından detaylı bir şekilde incelenmiştir [1-8].

Hidrotermal kaynağın yeryüzüne çıkmasında en önemli rolü faylar ve çatlaklar oynamaktadır. Türkiye de birçok alanda yaygın olarak jeotermal sahaları bulunmaktadır. Bu sahaların etrafında birden fazla traverten oluşumları bulunmaktadır. Traverten yüzleklerinin Pliyo-Kuvaterner'den günümüze kadar oluşmaya başlamış olması, aktif tektonizma etkinliğinin yakın jeolojik geçmiş ve günümüzde de devam etmesinin en büyük işaretidir. Bu sebeple tektonik bakımdan aktif zonların ve traverten birikimlerinin meydana gelmeleri arasında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. En önemlisi günümüzde oluşması devam etmekte olan travertenlerin içlerinde oluşan yapılar, bölgesel aktif tektoniğin güncel izlerini gösterir özellikleri verebilmektedir [1-8,10-11]. Travertenlerin çökmesi anındaki meydana gelen yapılar, çökme anındaki ve sonrasında tektonik kuvvetin yön ve zamanı ile ilgili çok önemli bilgileri içerir. Hidrotermal çözeltiler zaman zaman radyoaktif olan elementleri içeriklerinde bulundurmaktadırlar. Bu nedenle bu çözeltilerden meydana gelen karbonatlı birikimler de U, Th gibi radyoaktif elementler bu tip çökellerin içeriğinde yer alabilmektedir. Radyoaktif olan bu elementlerin izotoplarından faydalanılarak U/Th yaşlandırma yönteminin uygulanması ile traverten örneklerinin yaşları hesaplanabilmektedir [3-4].

Çalışma alanı, Tokat İli, Reşadiye İlçesi'nin kuzey kısmında yer alır ve 1/25.000 ölçekli TOKAT-H 38-b1 paftası ile sınırlıdır. İnceleme alanı, Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) ve 1939 Erzincan depremi sonucunda meydana gelen ~350 km uzunluğa sahip yüzey kırığının bir parçasını da içeren, Kelkit Vadisi'nin kuzey kesimini kapsamaktadır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası. (a) Anadolu ve çevresinin genel tektonik yapısı. KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi, KDAF: Kuzeydoğu Anadolu Fayı, DAF: Doğu Anadolu Fayı, ÖDF: Ölü Deniz Fayı. (b) İnceleme alanını gösteren harita.

Travertenler, meydana geldikleri bölgenin jeolojik geçmişine ait ortam, iklim ve tektonik bilgilerinin içerisinde bulunduğu bir arşiv görevi üstlenmektedirler. Bu özelliğinden yararlanarak, Yüksek Lisans Tezi projesi kapsamında Reşadiye ve yakın civarında, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin (KAFS) kuzey bölümünde çökelmiş olan travertenden jeokimya, duraylı izotop ve jeokronolojik çalışmalar sonucu elde edilen verileri değerlendirerek, bunun oluşumunu kontrol eden KAFS'nin aktivitesi ile bahsedilen travertenin yaşı, kökeni ve depolanma tipinin

açıklanması amaçlanmıştır. Bu çalışma ile KAFS'nin yaşı ve aktivitesi hakkında daha detaylı bilgilerin ortaya konulması gibi konulardaki çalışmalara katkıda bulunulmuş olacaktır.

1.2. Çalışma Alanın Genel Özellikleri

Çalışma alanı, Orta Karadeniz bölümünün iç kısımlarında bulunmaktadır. Bölgenin genel özelliği olan engebeli yapı özelliğine sahiptir. Bundan dolayı sahanın kuzeyinde Canik Dağları, güneyinde de Köse dağları yer almaktadır. Bu iki dağ silsilesinin arasında Kelkit Çayı sınır görevi görmektedir. Kelkit Çayı alandaki en büyük akarsudur. Ayrıca, Delice ve Zinav Dereleri bölgedeki başlıca akarsulardır. Çalışma bölgesinde, sıcak ve ılıman bir iklim görülmektedir. Kış aylarında yaz aylarına göre çok daha fazla yağış düşmektedir. Bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı 11,8°C'dir. Ortalama yıllık yağış miktarı ise 566 mm'dir.

1.3. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma aşağıda belirtilen 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1.3.1. Saha Öncesi Çalışmalar

Tez çalışmasının temelini oluşturmak için gereken belge ve bilgileri temin etmek amacıyla çalışmanın merkezinde bulunan travertenler hakkında, bugüne kadar çalışılan ve hakkında yazılan makale, dergi, tez çalışmaları ve kitap gibi çeşitli kaynaklar taranmış ve detaylı bir biçimde literatür çalışmasında bulunulmuştur. Bunun yanında çalışma alanındaki travertenin meydana gelmesinde etkili olan KAFS'nin jeolojik ve sismolojik özelliklerini belirlemek amacı ile yapılan kaynaklar toplanmıştır. Çalışma bölgesinde 1900 yılından başlayıp günümüze değin oluşmuş olan depremler, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ve Deprem Dairesi Başkanlığı kataloglarından bir araya getirilmiştir.

Çalışma sahasına ait 1/25.000, 1/100.000 ölçekli topoğrafik ve jeolojik haritalar alınarak incelemelerde bulunulmuştur. Yapılan incelemeler, çalışılacak alanın topoğrafik ve jeolojik özellikleri hakkında bize önemli bilgiler sağlamıştır.

1.3.2. Saha Çalışmaları

Saha çalışmaları, 2015 ve 2017 yılı içerisinde farklı zamanlarda yapılmıştır. Bu çalışmalarda, 1/25.000 ölçeğine sahip topoğrafik harita kullanılmıştır. Lokasyon ve çevresinin jeolojik ve tektonik haritalaması gerçekleştirilmiştir. Traverten hakkında detaylı bilgiler toplanması amacıyla incelemelerde bulunulmuştur.

Bunların yanında, belirlenen amaçlara ulaşmak adına haritalama esnasında mineralojik bileşim analizi, duraylı izotop ($\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$) analizi, jeokimyasal analiz ve jeokronolojik analiz için örnekleme yapılmıştır. Bütün bu çalışmalarda, konumun hassas olarak belirlenebilmesi için GPS alıcısı kullanılmıştır.

1.3.3 Verilerin Değerlendirilmesi ve Tez Yazım Çalışmaları

Bu bölümdeki çalışmalar, saha çalışmaları esnasında yapılan tektonik ve jeolojik haritalama, fotoğraf çekimi, analizler sonucu elde edilen veriler ve traverten üzerinde alınan örneklerin yerlerinin belirtildiği çizim ve gereçlerin, değerlendirilmesi ve yazımı esnasında kullanmak için bilgisayar ortamına aktarılmasıyla başlamıştır.

Çalışma sahasından alınan mineralojik analiz (XRD yöntemi ile) için 8 örnek Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bünyesindeki X Işınları (XRD) laboratuvarlarında, ince kesit için 7 örnek Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği bünyesindeki İnce kesit-Parlatma (Petrografi) laboratuvarında, duraylı izotop analizi analiz için 9 örnek Amerika'da University of Arizona Environmental Isotope Laboratory'de ve jeokronoloji amaçlı U-Th yaş tayinleri için 8 örnek, University of Queensland Stable Isotope Geochemistry Laboratory'de analiz edilmiştir. Analiz sonucunda $^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ yaşları GÖ (1950)'ye göre düzenlenmiştir. Şimdiki zaman değiştiğinden dolayı, zaman cetvelinin başlangıç tarihi 1 Ocak 1950'i olarak kullanılması standartlaşmıştır. Yaşların GÖ (1950)'ye göre düzenlenmesi aşağıdaki formüller yapılmaktadır [12].

$$\text{GÖ}_{(1950)} = 1950 - \text{Analizin yapıldığı tarih} + ^{230}\text{Th}/^{238}\text{U Yaş}$$

GÖ (1950)'ye göre düzeltilmiş yaşlar TY (1950)'ye göre düzenlenerek kullandığımız takvim yılına göre örneklerin yaşları belirlenmiştir. GÖ (1950)'ye düzenlenen yaşların TY (1950)'ye göre düzenlenmesi aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$TY_{(1950)} = 1950 - GÖ_{(1950)}$$

Saha ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen bütün veriler, bölgesel çalışmalar ile ilgili kaynaklar doğrultusunda yorumlanmıştır. Elde edilen neticelerle beraber Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzu'na uygun bir biçimde yüksek lisans tezi haline getirilmiştir.

1.4. Önceki Çalışmalar

1.4.1. Çalışma Alanına İlişkin Önceki Çalışmalar

Blumenthal [13], Çalışma alanında ilk jeolojik incelemeyi yapmıştır. Yeşilırmak Havzası boyunca yapmış olduğu çalışmada yaygın olarak filiş, metadiyabaz ve mermerlerden oluşan temeli ilk kez Tokat Masifi olarak adlandırmıştır. Masif üzerinde yer alan Jura-Kretase kireçtaşlarının Amasya Kireçtaşları olarak isimlendiren yazar, bu kireçtaşları üzerinde Üst Kretase yaşlı filişlerin yer aldığını belirtmiştir.

Birkan ve Kartal [14], Reşadiye dolayında yer alan bentonit sahalarına ilişkin jeolojik incelemelerde bulunmuş, çalışma sahasının 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmış ve bentonitin rezervini hesaplamışlardır. Bu araştırmada, bentonit ve filiş karakterindeki birime Eosen yaşı verilmiştir.

Kalyoncuoğlu ve diğerleri [15], Reşadiye dolayındaki bentonit sahalarına ait çalışmalar sonucunda; sahanın jeolojisi, yapısı, bentonitleşmenin kökeni ve bazı yatakların rezervini ortaya çıkarmışlardır. Bentonitin ana kayacının Üst Kretase yaşlı andezitik tüflerin oluşturduğunu söylemişlerdir.

Seymen [16], doktora tezi kapsamında Kelkit Vadisi'nin Niksar-Reşadiye kesiminde Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin her iki kısmında çalışmıştır. Çalışma alanı içerisindeki birimlerin ayrıntılı özellikleri ve birbirleri ile olan ilişkisini incelemiştir. Yaptığı çalışma sonucunda Zinav Kireçtaşının üzerine gelen birim ile uyumlu olduğunu bildirmiştir. Bunun yanında çalışma alanının tektonik durumunu açıklamıştır. Bölgenin jeotektonik evrimi hakkında bir model sunmuştur. Sunuş olduğu modele göre çalışma bölgesinin bir ada yayı olabileceğini bildirmiştir. Okyanusal kabuk ile kıtasal kabuğun Kuzey Anadolu Fay Sistemi ile bir açı yapmaktadır.

Terlemez ve Yılmaz [17], tarafından Ünye-Ordu-Reşadiye-Koyulhisar-Kayaçayır-Hafik arasında kalan bölgede yapılan ayrıntılı jeolojik çalışmalarda çeşitli birimler ayırtılarak haritalanmış, adlandırma yapılmış, birbirleriyle olan ilişkileri ortaya konulmuş ve yorumlaması yapılmıştır. Ayrıca güney blok, plaka tektoniği kuramına göre yorumlanarak bir model sunulmuştur. Kelkit vadisinin kuzey yamacındaki Erdembaba tepesi dolayında özellikle Mesudiye-Reşadiye-Koyulhisar üçgeni arasında Erdembaba bazaltlarının geniş yayılıma sahip olduğu ve bu bazaltlarında genç ve çok genç bazaltlar şeklinde ikiye ayrıldığı belirtilmiştir. Genç bazaltların siyah ve yer yer gri renkli, tabakasız, yer yer tabakalı ve tabaka eğimleri yataya yakın olan, cüruf görünümüne sahip, koyu renkli amfibol fenokristalleri ve ikincil olarak yerleşmiş sarımsı silis kristalleri içeren bazaltlar olduğunu belirtmişlerdir. Çok genç bazaltların ise genellikle siyah ve mat renkli, tabakasız ya da az tabakalı, dokusu pek belli olmayan, oldukça sert, çürüme yüzeyleri kirli kahverengi likenlerle kaplı olan bazaltlar olduklarını belirtmişlerdir.

Yılmaz [18], Tokat ve Sivas dolayında yaptığı çalışmada, bölgenin jeodinamik evriminin anlaşılmasında temel olabilecek verileri bir bütün halinde sunmuş, genelde metamorfitletlerin ofiyolitli karışığının özellikleri ve ilişkilerini ortaya koymuş, Eosen ve Miyosen yaşlı kayaçların özelliklerini ve tektonik öğelerin niteliklerini saptamıştır.

Terzioğlu [19], Doğu Karadeniz’de yapmış olduğu çalışmasında bölgedeki kayaçları Erdembaba Volkanitleri olarak adlandırmış ve bu volkanitlerin Pliyosen yaşlı, siyahımsı gri pembe ve kızılımsı kahverengi arasında değişen renklere sahip andezitik lav akıntıları olduğunu belirtmiştir. Yazar bu çalışmasında Erdembaba volkanitlerinin mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özelliklerini inceleyerek Pontitlerin jeolojik yapısıyla volkanizmanın bağdaşırlığının aranması ve volkanitlerin oluşum ve yerleşim biçimine bir yaklaşım veya katkının belirlenmesini amaçlamıştır. Diğer taraftan, yazar çalışmasında bölgedeki birimleri Kuyucak Bazaltı ve Erdembaba Volkanitleri şeklinde ayırmıştır. Kuyucak bazaltlarının kalın tabakalı gözenekli bademsi yapılı siyah, siyahımsı gri, yer yerde pembemsi rengi, Üst Miyosen yaşında ve 200 metrelik kalınlığa sahip olduklarını belirtmiştir. Erdembaba volkanitlerinin ise siyahımsı gri, pembe ve kızılımsı kahverengi

arasında değişen renkler gösteren andezitik lav akıntıları ve örtüleri şeklinde gözlenen pliyosen yaşıly hyalodasit bileşimli lavlar olduğunu belirtmiştir.

Koçak ve Erzenoğlu [20], Reşadiye Kaplıcası dolayındaki ilk hidrojeoloji incelemelerini yapmışlardır. Buna göre yer altı suyunun çıkış koşullarını ve beslenme durumlarını ortaya koymuşlardır. Sıcak ve mineralli su kaynaklarına ait kimyasal tahlillerle yer altı suyunun bileşimini, kökenini açıklamışlardır ve sınıflandırmasını yapmışlardır.

Erzenoğlu ve Cadoğlu [21], Reşadiye Kaplıcası'nı geliştirmek amacıyla kaplıcanın 450 m KB 'sın da 238,90 m derinlikte bir adet sıcak su sondajı yapılmış, çıkan suyun Jura-Alt Kretase yaşıly Zinav kireçtaşlarından beslendiği ortaya çıkarılmış, sondajdan artezyen halinde 30 lt/sn debide, 46.5 ° C sıcak su elde edildiği saptanmıştır.

Yücel ve Özgür [22], Reşadiye (Tokat) bölgesinin jeolojisi ve jeotermal olanakları için incelemeler yapmışlardır. Bölgenin ayrıntılı 1/25.000 ölçekli jeoloji ve jeomorfoloji haritalarını hazırlamış, çalışma alanındaki fayların jeotermal sistemlere etkisini incelemişlerdir. Çalışma alanı dışında prospeksiyon yaparak ve çok sayıda sıcak su kaynağı ve maden suyu kaynakları bulmuşlardır. Çalışılan bölgedeki özel koşulları dikkate alınarak yeni iki sondaj yeri önermişlerdir.

Özdemir [23], Toklar (Reşadiye-Tokat) bentonit yatağının jeolojisi ve ekonomik önemi üzerine çalışmıştır. Bentonit alanlarıyla ilgili rezerv hesaplamaları yaparak, bunların işletilme koşullarını ve yöntemini önermiştir.

Yılmaz ve Terzioğlu [24], Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye civarındaki incelemelerinde, volkanizmanın karakterini ve bölgenin jeodinamik evrimini ortaya koymuşlardır. Volkanizmanın fasiyes yayılımına ve deformasyonun şiddetine göre yayın kuzeye doğru eğimli olduğunu, asidik volkanizmanın yay nötr karaktere sahip iken bazaltik volkanizmanın ise yay tansiyonel karakterde olduğu zaman oluştuğunu vurgulamıştır.

Usgu [25], Reşadiye (Tokat) sıcak ve mineralli suların incelemesi amacıyla yüksek lisans çalışması yapmıştır. Bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasının revizyonunu yapmış, kaplıca kaynaklarından aldığı su örneklerinin tahlillerini yaptırarak bunların

hidrojeolojisi, su kimyası ortaya koymuştur. Ayrıca sıcak ve mineralli su kaynaklarının, kirletici etkilerden korunabilmesi için korunma alanlarını tespit etmiştir.

Pasvanoğlu ve Canik [26], Reşadiye (Tokat) ilçesinde bulunan termal ve mineral suların, kökensel durumlarını, kaynak şekillerini ve bunların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu kaynakların üretimini artırmak için yeni sondaj yeri önermişlerdir.

Pasvanoğlu ve Canik [27], Kuzey Anadolu Fay Sistemi içinde bulunan Reşadiye Çermik traverten alanındaki incelemelerinde, sıcak suların fiziko-kimyasal özelliklerini tanımlamışlar ve traverten birikimini etkileyen faktörleri belirlenmişlerdir. Ayrıca kaynak suları kirletici etkilerden korumak ve bunların kimyasal bileşiminin muhafazası için 3 adet koruma sınır alanı belirleyerek bu alanlarda çeşitli kısıtlama uygulamaları belirtmişlerdir. Ayrıca hidrolojik ve izotop çalışmaları sonucu alanda 3 farklı yer altı su dolaşım sistemini ortaya koymuşlardır.

Yapmış ve diğ. [28], 2000ve 2001 yılları arasında Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca yer alan toplam 7 jeotermal alanın (Efteni, Mudurnu, Bolu, Seben, Kurşunlu, Gözlek ve Reşadiye) potansiyellerini ölçmek amacıyla hem üretim kuyularından hem de doğal kaynaklardan örnekler almışlardır. Topladıkları örnekler ile yaptıkları analizler sonucunda jeotermal alanların hidrojeokimyasal özelliklerini belirlenmiş, yer altı prosesler değerlendirilmiş, rezervuar sıcaklıkları ve jeotermal potansiyellerini belirlemişlerdir. Jeotermal sular ağırlıklı olarak Na-HCO_3 tipindedir ve bu sularda silis çökmesi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Kurşunlu, Efteni ve Reşadiye için kalsit çökmesini de görmüşlerdir. Bu üç alan için tahmini rezervuar sıcaklıkları (Kurşunlu için $83-15^\circ\text{C}$, Efteni için $143-150^\circ\text{C}$ ve Reşadiye için $97-99^\circ\text{C}$) elektrik üretimi için uygun olabileceklerini düşünmektedirler.

Yaman [29], Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin kuzey kesimindeki Reşadiye ve Mesudiye ilçeleri arasındaki Üst Miyosen yaşlı Kuyucak volkanitleri ile Pliyosen yaşlı Erdembaba volkanitlerini araştırmıştır. Bunların her ikisinin de volkanit patlama ürünü olup bunun yanında piroklastik ürünler ile de karakteristik olduğunu

belirlemiştir. Ayrıca Erdembaba ve Kuyucak volkanitlerinin bileşim ve kökenini belirtmiştir.

Ertürk [30], Reşadiye (Tokat) ve yakın çevresindeki Jura-Kretase yaşlı sedimanter kayaçların stratigrafisi ve paleontolojik özelliklerini detaylıca incelemiştir. Bölgenin 1/25.000 ölçekli jeoloji haritasını ve stratigrafik dikme kesitlerini hazırlayarak çalışma bölgesindeki kayaç birimlerini bildirmiştir. Bölgedeki deformasyon için egemen olan sıkıştırma yönünü K15°B-G15°D olarak belirlemiştir.

Zabcı ve diğ. [31], çalışmasında ve Zabcı [32] Doktora tezi çalışmasında, Kuzey Anadolu Fayı'nın yapısal olarak karmaşık olan Erzincan ve Erbaa (Tokat) arasındaki bölümün sahip olduğu kırılma davranışının anlaşılabilmesi için Kelkit Vadisi segmenti üzerinde paleosismolojik hendek çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanımızda ilişkili olarak Reşadiye ve Umurca da iki hendek açmışlar ve bunlardan son bin yıl içerisinde gerçekleşmiş 1939 Erzincan depremine ek olarak 3 olay tespit etmişlerdir. Bunları sırasıyla 17 Ağustos 1668 Anadolu depremi, M.S. 1254 ve M.S. 1045 tarihsel depremlerle deneştirmişlerdir. 17 Ağustos 1668 Anadolu depreminin, Kelkit Vadisi segmenti üzerinde açılan hendeklerden elde edilen sonuçlara göre, Niksar'daki 10km genişlikteki açılmalı-sıçramayı aşarak Koyulhisar yakınlarına kadar uzanan bir alana kadar kırıldığını belirlemişlerdir. Bunun yanında tarla sınırları üzerinde yaptıkları incelemelerde farklı ötelenme miktarlarının (4m, 6.5m ve 10.8m) varlığında birden fazla deprem etkisinin olabileceği yorumunda bulunmuşlardır.

Tatar ve diğ. [33], çalışmalarında Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin doğu kısmına yoğunlaşarak Tokat ve Erzincan arasına bir GPS ağı kurarak 2006-2008 tarihleri arasında ölçüm almışlardır. Ölçüm sonuçlarına göre kayma hızlarını 16.3 ± 2.3 mm/yıldan 24.0 ± 2.9 mm/yıl şeklinde yaklaşık 400km içinde batıya doğru gittiğini göstermişlerdir. Bu çalışmayla, KAFS'nin doğu kesiminde elde ettikleri GPS sonuçları fay kinematiki ile önemli kabuk hareketlerini göstermişler ve eski bulgular ile tutarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Arslan [34], Kelkit Vadisi'nin Reşadiye (Tokat)-Koyulhisar (Sivas) arasında yüzeyleyen Eosen-Pliyosen ve Üst Miyosen yaşlı volkanik kayaçları paleomanyetik yöntemler kullanarak incelemiştir. Reşadiye-Koyulhisar bölgelerinde Eosen

volkanitlerinde saatin tersi yönünde rotasyona uğradığını bundan farklı olarak Üst Miyosen ce Pliyosen volkanitlerinin Eosenden sonra meydana gelen sağ yanal hareketle volkanik kayaların saat yönünde rotasyona uğradıklarını söylemiştir.

1.4.2. Travertenler ile İlgili Önceki Çalışmalar

Chafetz ve Folk [35], Roma'nın doğusunda bulunan Tivoli çevresindeki travertenler üzerinde çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu çalışma sonrasında ilk defa travertenleri, morfolojilerine (teras tipi, sırt tipi, fay önü tipi, tabaka ve kanal tipi) göre sınıflandırmışlardır.

Altunel ve Hancock [36], "Active Fissuring and Faulting in Quaternary Travertines at Pamukkale, West Turkey" isimli çalışmalarında, en az 400 by'dan bu yana meydana gelen ve Roma döneminden kalma tarihi Hierapolis'in (Pamukkale) bir kısmını içine alan travertenlerin, en az bir fay zonuyla ve çatlaklar yardımıyla çıkan, sıcaklıklarının 35-36°C aralığında değişen kaynak sularından oluştuğunu belirtmişlerdir. Morfolojik özellikleri bakımından üç çeşit travertenin, yapısal özellik bakımından önemli olduğunu bildirmiştir. Bunlar, fay önü travertenleri, kendiliğinden oluşan travertenler ve sırt tipi travertenlerdir. Araştırmaları sonucunda "Fay önü travertenlerinin yaşı, U/Th yöntemiyle yaklaşık 60 by olarak hesaplamışlardır. Ayrıca bu fay önü travertenleri ve yakınındaki metamorfik kayacın, genç olduğu düşünülen bir fay ile kesildiğini bildirmişlerdir. Belirtilen fayın, M.S. 60 yılında Hierapolis şehrini yıkan deprem esnasında meydana geldiği düşünülmektedir. Roma döneminden sonraki döneme ait, kendiliğinden oluşmuş kanal tipi travertenler, BKB doğrultusuna sahip iki adet sol yanal doğrultu atımlı fay ile kesilmiştir. Bu kesilme bölgede aktif tektoniğin devamına işaretler. Faylar üzerindeki hareket yönü, bölgenin güneyindeki K-G doğrultusunki gerilme ile uyum içerisindedir. Sırt tipi travertenlerin bazıları sıcak sular ile doludur. Bu travertenlerin uzun eksenlerini kesen çatlaklar, genellikle KKB-GGD ve D-B konumuna sahiptir" belirtmişlerdir.

Altunel ve Hancock [37] ile Altunel [38] çalışmalarında, Denizli Havzasının kuzey kesiminde bulunan Pamukkale Travertenleri'ni incelemişlerdir. Bu travertenleri morfolojik özellikleri bakımından beş kategoride (teras tipi, sırt tipi, fay önü, kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenler ile aşınmış örtü travertenler) sınıflara ayırmışlardır. Bu beş kategori içerisinde bulunan fay önü travertenleri,

kendiliğinden oluşan kanal tipi ve sırt tipi travertenler, oluşumları esnasında ve sonrası zamana ait tektonik özellikleri barındırmalarından dolayı tektonik bakımdan önemli oldukları bildirilmiştir. Araştırmacıların Pamukkale Travertenleri üzerinde yaptıkları uranyum serisi yaşlandırma sonucunda travertenlerin 400by'dan bu zaman kadar farklı yerlerde çökmeye devam ettiklerini belirlemişlerdir. Çalışma alanı içerisindeki travertenleri meydana getiren suların yüzeye çıkmalarında etkili olan açılma çatlaklarında, ~ 0.02 ile 0.1 mm/yıl oranında doğrultu yönüne dik bir yönde açılma, ~ 20 mm/yıl oranında ise doğrultu ile aynı yönde açıldıklarını bildirmişlerdir. Ayrıca bölgede 200by'dan günümüze KD-GB doğrultusunda 0.23 ila 0.6 mm/yıl açılma hızı tespit edilmiştir.

Altunel [39], Pamukkale travertenleri üzerine hazırlamış olduğu doktora tezi çalışmasında, Pamukkale'de bulunan travertenleri morfolojik özellikleri göz önünde bulundurarak sınıflandırmıştır. Bu travertenler üzerinde yaşlandırma analizleri yapmış, petrografik, arkeo-sismolojik ve yapısal olarak incelemelerde bulunmuştur.

Atabey [41], travertenler konusunda Türkçe bir kaynak meydana getirmek gayesiyle "Tufa ve Traverten" isimli bir derleme kitabı hazırlamıştır. Kitapta, tufa ve traverten tanımları, bunların sınıflandırılmaları, çökme modelleri, fasiyesleri, diyajenezleri ve bunların paleo-ortam yorumları, U/Th metodu yaş analizi, neotektonik bakımdan önemleri konusu ile beraber, Türkiye ve Dünya üzerinde bulunan öneme sahip tufa ve traverten birikimlerinin farklı birçok özellikleri hakkında bilgi vermiştir.

Mesci [42], doktora tezi kapsamında yapmış olduğu çalışmada ve Mesci vd. [43] çalışmalarında, Sivas yöresindeki çalışma sahası içindeki travertenleri, morfolojik özelliklerine göre büyük bölümü için sırt tipi; az bir oranda ise aşınmış tabaka tipi; birkaç noktadaysa teras ve kanal tipi traverten biçiminde sınıflandırmıştır. U/Th yaşlandırma yöntemi sonucunda saha içindeki travertenlerin birikimlerinin 400by önce başladığını belirtmiştir. Sırt tipi travertenlerin yaşları 364by ($+201\text{by}/-76\text{by}$)- 11by (± 500 yıl) aralıklarında değiştiği sonucunu elde etmişlerdir. Bununla birlikte sırt tipi travertenlerde görülen hidrotermal aktivitenin, 56by 'lık bir döngüde aktif ve pasif olduğu zamanı geçirdiği belirlenmiştir. Buna göre çalışma alanı ve çevresindeki hidrotermal etkinliği etkileyen büyük bir sismotektonik faaliyetin, 56by 'lık bir tekrarlanma döngüsünde ~ 7.4 büyüklüğüne sahip bir deprem meydana gelmesi gerekliliği ileriye sürülmüştür.

Uysal vd. [44], Uranyum seri yaşlandırma analizi kullanılması ile Batı Anadolu'da Geç Kuvaterner sismik olaylarının bağlantılı olduğu çatlakların açılma zamanlarının, kesin bir biçimde belirlemesi amacıyla yöntem geliştirmişlerdir. Bunun yanında duraylı izotop ve nadir toprak elementleri (NTE), çatlak dolgu tipi travertenler meydana getiren suların, alandaki jeotermal kökenli sular ve speleothem meydana getirmiş sulardan daha farklı bir kökende olduklarını ifade etmişlerdir.

Uysal vd. [45], Türkiye'deki aktif fay zonlarındaki doğal CO₂ çıkmasının fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bu zonlarda meydana gelen damar tipi ve bunlarla beraber bulunan breşik travertenlerin deprem faaliyetine bağlı olarak bir hidrotermal püskürme ürünü olduklarını ifade etmişlerdir.

De Filippe vd. [46], Denizli Havzasındaki çalışmalarında bantlı ve tabakalı travertenlerin, farklı iç ve dış etmenler kontrolünde aralandığını bildirmektedirler. Bu etmenler, yerel ölçekte, çatlak sırtı kenarlarındaki yanal çökme, kimyasal aşınma, akışkan ile kristallenme basıncıdır. Bölgesel ölçekte bakıldığında, tektonizmanın kontrolündeki paleoklim ve jeotermal gaz çıkışı olduğu söylenmiştir.

Mesci [47], Sivas bölgesindeki travertenler üzerindeki çalışmada, travertenlerin bünyesindeki aktif tektonik bilgileri ve jeolojik özellikleri yönünden bilimsel çalışmalar için önemine vurgu yapmıştır. Bundan dolayı travertenlerin taş ocağı amacıyla kullanılmaya başlanılmadan, kendine has özelliklerini değerlendirerek tahribini engellemek için koruma altına alınması ve jeolojik miras kapsamında değerlendirilmeye alınması hususu üzerinde durmuştur.

Mesci [48], Sivas ilinin 83km GB'sında bulunan Ortaköy çatlak sırtı tipi travertenleri üzerinde çalışma yapmıştır. Ortaköy traverten alanında KB-GD doğrultusuna sahip sıkışma ürünü olan sırt tipi travertenlerde GPR çalışmasında bulunmuştur. Buna göre çatlak dolgu kalınlığında derinlere doğru artma; U/Th yaş analizi sonucunda, inceleme alanında bulunan travertenlerinin yaşının 17.761(±268) yıl ile 128.286(+3662/-3537) yıl aralığında değiştiğini belirlemiştir. Sırt tipi travertenlerde bulunan bantlı travertenler arasındaki açıklığı kullanmak yoluyla da Sivas Havzası için açılma oranı olarak, 0.06 (+0.05/-0.01) mm/yıl olarak hesaplamıştır.

Yalçiner [49], Pamukkale'de bulunan sırt tipindeki travertenler üzerinde GPR çalışmasında bulunmuştur. Bunun sonucunda bantlı traverten kalınlığında

derinlikle doğru orantılı olarak artma olduğunu bildirmiştir. GPR profillerinden elde edilen 3D modellemelerde, sırt eksenini uzunluğunun derinde kısa olduğu ve yüzeye yakın yerlerde bu uzunluğun arttığını belirtmiştir. Bu durum sonucunda travertenin maksimum kalınlığının en derinde olduğunu söylemiştir.

Karabacak [50], yüksek lisans tezi kapsamındaki çalışmasında ve Karabacak [51], çalışmasında, İhlara Vadisi civarındaki traverten çökelimlerini morfolojik özelliklerine göre teras, çatlak sırtı ve aşınmış traverten tabakaları şeklinde üç farklı tipte sınıflandırmıştır. Çalışma sahasında aktif fay varlığına işaret eden yeterli arazi verisi olmadığından araştırmacı, çalışma sahasındaki kırık ağı ile ilişkili traverten birikimlerinin bölgedeki en genç volkanik etkinliklerle ilgili kabuksal deformasyon tarafından denetlendiği sonucuna varmıştır.

Temiz ve Savaş [52], çalışmalarında Ereğli kuzeyinde bulunan Akhüyük traverteninin morfolojik özellikleri ve aktif fay zonları arasındaki ilişkiyi anlamayı amaçlamıştır. Traverten üzerinde yapmış oldukları gözlemler neticesinde sil benzeri yapılar ve dilatasyonla çökmeden sonra deformasyonun devam ettiğini belirtmişlerdir. Akhüyük çatlak sırtı tipi travertenini kontrol eden yapıların Tuz Gölü Fay Zonu (TGFZ) ve Kuzey Anadolu Fay Sistemi olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bunlar için, aktif deformasyon oranını belirlemek amacıyla U/Th yaş analizi yapılmasını önermektedirler.

Çolak [53], “Doğu Anadolu Fay Sistemi’nin Kuzeydoğu Bölümünde Travertenlerin Neotektonik Önemi” isimli doktora tezi çalışması ve Çolak vd. [54], çalışmalarında, DAFS kuzeydoğusunda çökelen travertenlerden duraylı izotop, jeokimya ve jeokronolojik analizler sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda travertenlerin, meydana gelmesinde etkili olan ana mekanizmanın belirlenmesiyle travertenlerin kökeni, depolanma şekilleri ve yaşlarını elde etmek istemişlerdir. Çalışma alanındaki travertenler morfolojik özellikleri baz alındığında Elmalı sahası için sırt tipi ve yatay tabakalı; Hacılar sahası için ise sırt tipi traverten şeklinde sınıflandırmışlardır. Araştırmacılar, Hacılar sahasındaki travertenlerin ^{13}C ve ^{18}O değerlerini sırasıyla +4.9 ile +6.1‰ ve -18.6 ile -15.0‰ aralığında, Sr değerinin ise 7104-16292ppm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki en yüksek Sr değeri Hacılar traverten sahasında ölçülmüştür. Sr değerindeki yükseklik traverten birikimini sağlayan termal suların, derin dolaşıma sahip olabileceklerinin göstergesidir. Ayrıca alan içindeki travertenlerin U/Th

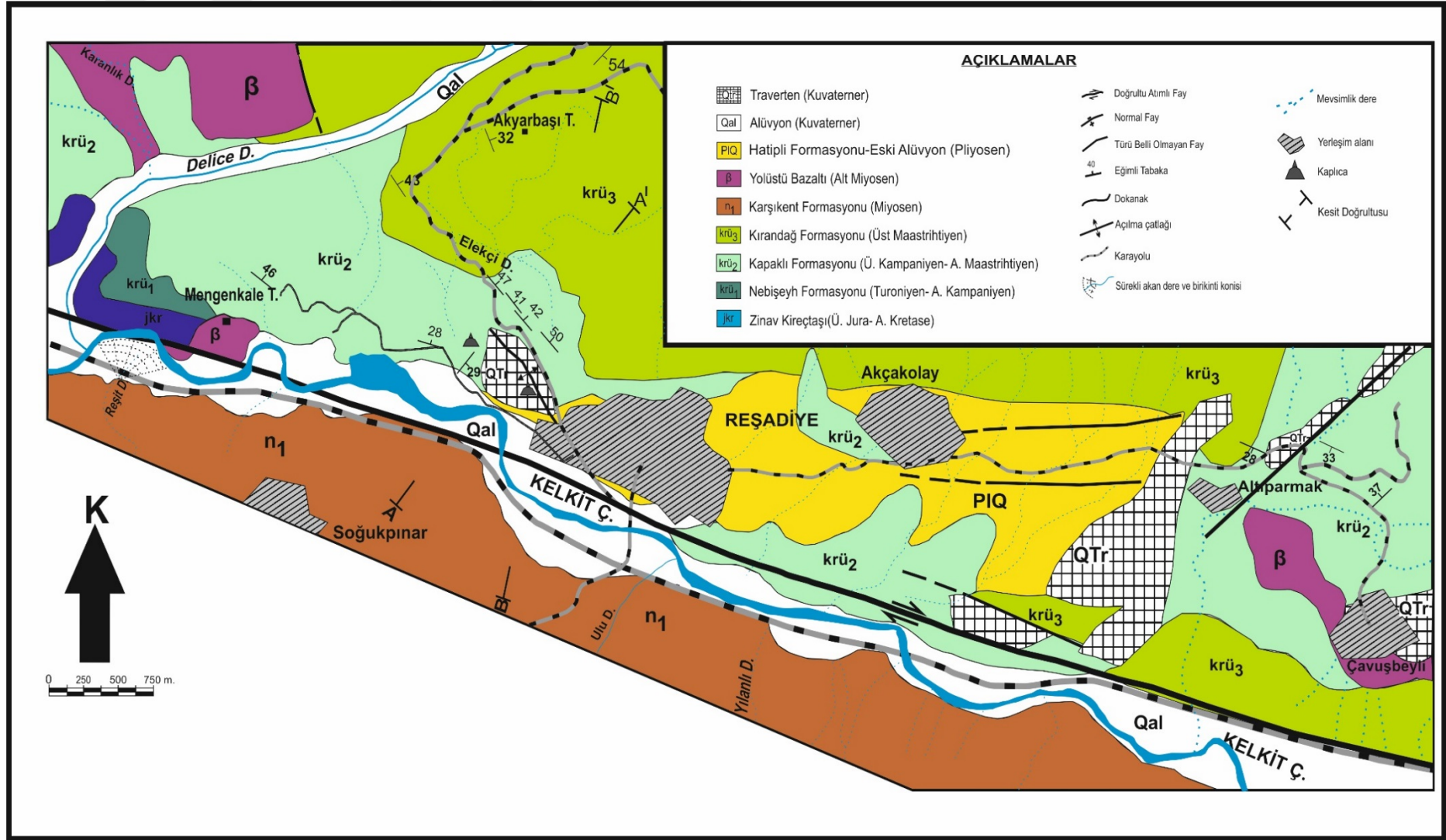
yaşlandırma analizleri sonucunda 7by önce birikime başladığı ve halen devam ettiğini bildirmişlerdir. Elmalı sahasındaki travertenlerden elde edilen ^{13}C ve ^{18}O değerleri sırasıyla +7.7 ile +11.2‰ ve -11.4 ile -9.8‰ arasında değişmektedir. Bu sahadaki travertenlerden elde edilen yaşlar, 69.67 ± 1.12 - 66.08 ± 2.22 by aralığında değişmektedir. Çalışmalar sonucunda elde edilen yaş verilerine dayanarak, traverten sahalarının üzerinde bulunduğu DAFS'ni oluşturan segmentlerin aktif olduğu zamanları gösterdiklerini ifade etmişlerdir.

Ekizoğlu [55], “Yenice (Denizli) Travertenlerinin Morfolojik ve Tektonik Özellikleri” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında, Denizli bölgesinde bulunan Yenice Travertenleri'ni morfolojik özelliklerine göre sınıflandırmayı, çalışma alanı içindeki travertenlerden U/Th yöntemini kullanarak yaş verileri elde etmeyi, elde edilen yaş verileriyle çatlak açılma hızlarını elde etmeyi amaçlamıştır. Çalışma alanı içinde kalan travertenleri morfolojik özelliklerine göre sırt tipi, fay önü ve aşınmış travertenler şeklinde sınıflandırmıştır. Travertenlerden alınan örneklerin U/Th yaşlandırma analizleri sonucunda, 359by ile 417by arasında değiştiğini belirlemiştir. Bu bölgeden elde ettiği açılma hızı 0.042-1.98 mm/yıl arasında değişirken, ortalama açılma hızını 0.610 mm/yıl olarak hesaplamıştır. Ayrıca bölgedeki sırt tipi travertenlerin normal fayların düşen bloklarında yer alan tansiyon gerilmeleri sonucu meydana geldiklerini düşünmektedir.

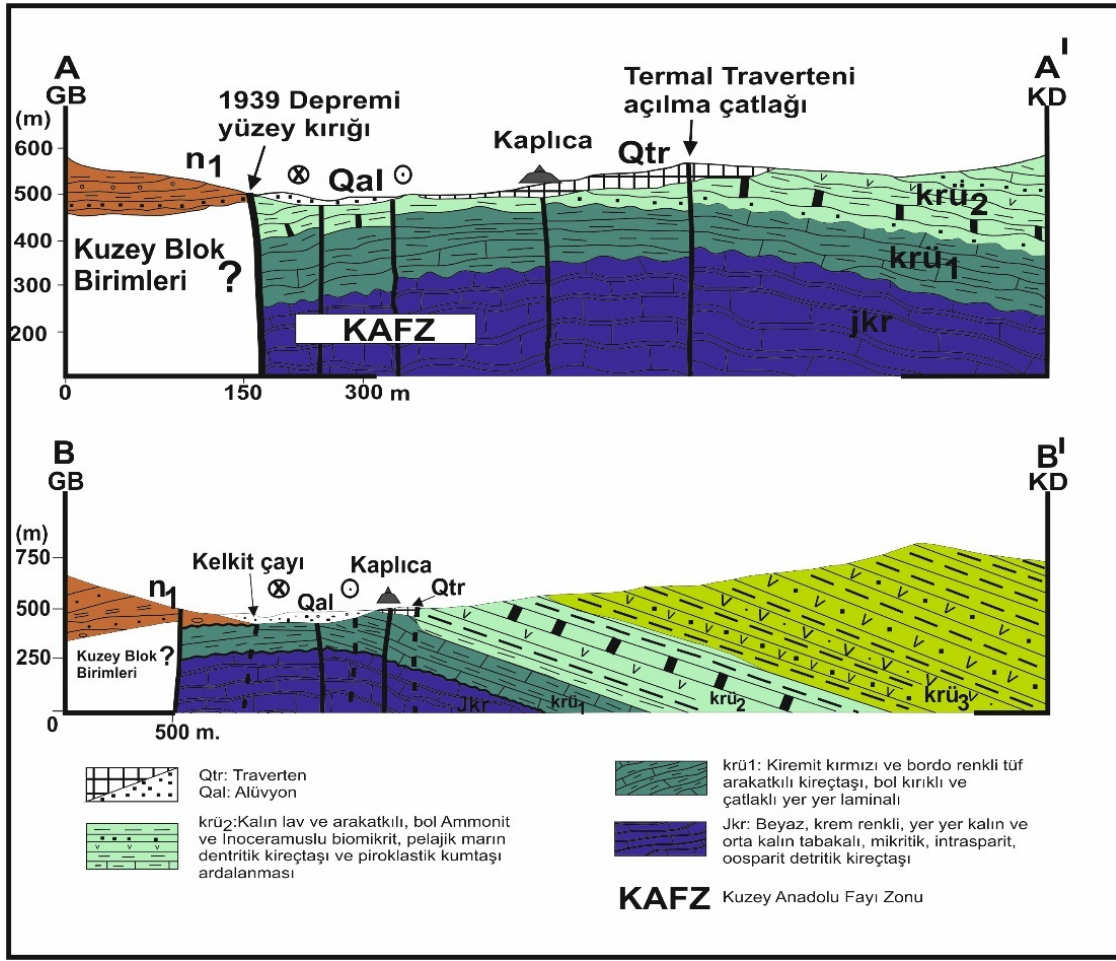
2. İNCELEME ALANININ BÖLGESEL JEOLJİSİ

2.1. Stratigrafi

Büyük bir tektonizmanın etkisi sonucu oluşan Kelkit Vadisi'nin, kuzey ve güney kısımları stratigrafik ve litolojik özellikleri bakımından birbirinden çok farklıdır. Bu farklarından dolayı iki ayrı grup altında toplanmıştır. Kelkit Vadisi'nin kuzeyindeki birimler "Kuzey Blok" ve güneyinde kalan birimler "Güney Blok" olarak isimlendirilmiştir [16]. Bu iki blok Kelkit Çayı boyunca birbirine sınır oluşturur. Bu bölümde çalışma alanı içerisinde yer alan kaya birimlerinin litolojik özellikleri, dokanak durumları ve çalışma alanındaki konumları hakkında bilgiler verilecektir. Çalışma alanımız içerisindeki Mesozoyik ve Senozoyik yaşlı birimler mostra vermektedir. Çalışma alanı ve çevresine ait jeoloji haritası Şekil 2.1'de verilmiştir. Çalışma alanına ait jeolojik enine kesitler Şekil 2.2'de sunulmuştur. Şekil 2.3'de çalışma alanının stratigrafik dikme kesiti verilmiştir. Çalışma kapsamında adı geçen Kuzey ve Güney bloktaki kaya birimlerinin formasyon adlandırmaları, yaşlandırmaları ve ortamsal yorumları için Blumenthal [13], Seymen [16], Terlemez ve Yılmaz [17] ve Koçak ve Erzenoğlu [20]' nun çalışmalarından yararlanılmıştır.



Şekil 2.1. İnceleme alanının jeoloji haritası



Şekil 2.2. Çalışma alanına ait jeolojik enine kesitler

2.1.1. Kuzey Blok

Kuzey Bloкта Mesozoyik yaşı Üst Jura – Alt Kretase yaşı Zinav kireçtaşları ile Üst Kretase yaşı Nebişeyh formasyonu, Kapaklı formasyonu ve Kırandağ formasyonu ve inceleme alanındaki Senozoyik yaşı Yolüstü formasyonu traverten, alüvyon ve yamaç molozları ile temsil edilmektedir.

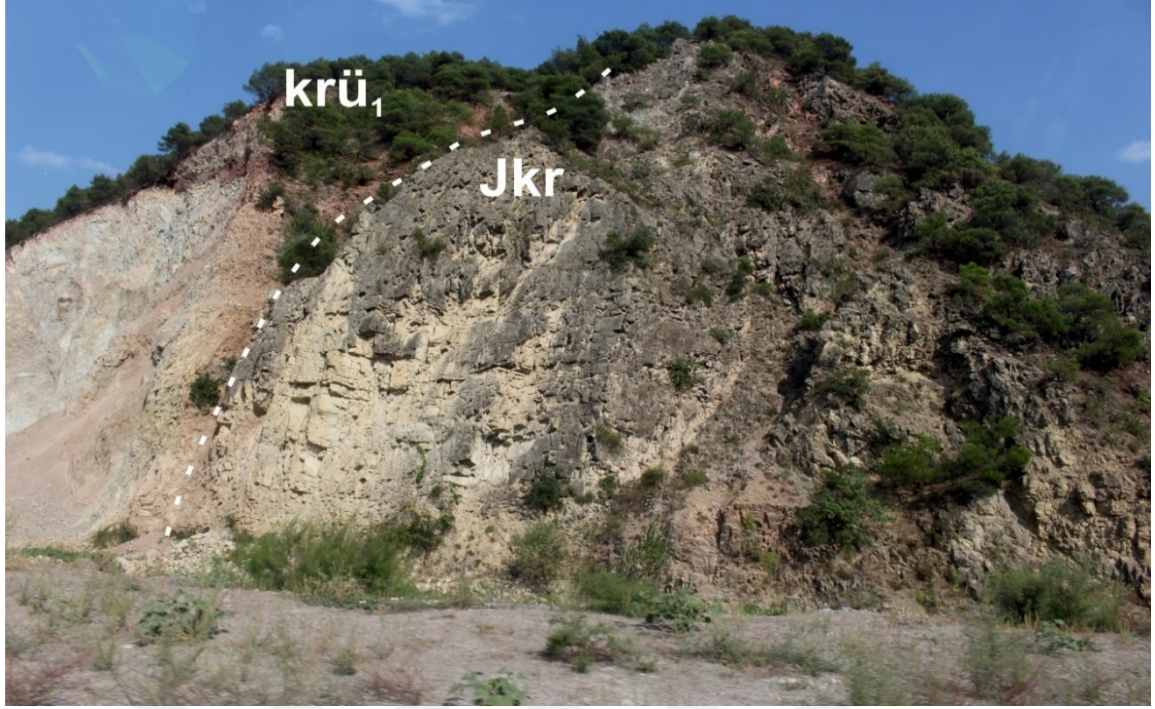
2.1.1.1. Zinav Kireçtaşı

Çalışma bölgesinin en yaşı birimini oluşturan Zinav kireçtaşları çeşitli araştırmacılar tarafından Pontid zonun Alt ve Orta Kretase kalkerleri [13], Hankırıtepesi kireçtaşı [16], Zinav kireçtaşı [17-20] gibi farklı adlandırmalarla tanımlanmıştır. Birim en iyi çalışma alanı dışındaki Zinav Gölü civarlarında mostra vermekte, inceleme alanımız içinde ise Delice Deresi'nin Kelkit Çayı'na karıştığı

Üst Sistem		Sistem		Seri	Formasyon	Kalınlık (m)	Simgesi	KAYA TÜRÜ (LİTOLOJİ)	AÇIKLAMALAR
SENZOZOYİK	KUVATERNER					35	Qtr		Traverten ve yamaç molozu
						50-60	Qal		Alüvyon
	NEOJEN	Pliyosen			Hatıplı	100	PlQ		Eski alüvyon (kil, kum, çakıl)
						100	β		Çakıltası, kumtaşı, çamurtaşı (Karşıkent Formasyonu n ₁) Koyu gri, siyah, bol gözenekli bazaltik lavlar, gri pembe andezitik lavlar, beyazımsı gri, riolititik lavlar
		Miyosen			Yolüstü Bazaltları	100	β		
						100	β		
	KRETASE	Ü. Maastrithiyen			Kırandağ	600	krü ₃		Gri, kirli sarı renkli marn ve çamurtaşları, volkanik çakıltası ara katkılı piroklastik çamurtaşı, kumtaşı
						100-150	krü ₂		Yer yer, ince tabakalı, laminalı killi ve kumlu kireçtaşı, az kil ve tüf arakatkılı gri, sarımsı gri tabakalı, fosilli marn
		Turoniyen-A. Kampaniyen			Nebişeyh	150-300	krü ₁		Koyu gri, kahve, yeşil, kırmızı, aglomera bazik akıntı, kireçtaşı, tüfit ve kumtaşı araldanması Genellikle kırmızı, ince- orta tabakalı, yer yer kumlu, gevrek yapılı, kırıntılı, marn arakatkılı kireçtaşı
						300	jkr		Beyazımsı gri, kalın-çok kalın tabakalı bol çatlaklı, kalsit dolgulu, yer yer kristalize kireçtaşı
	JURA	Ü. Jura-A. Kretase			Zinav	300	jkr		

Şekil 2.3. İnceleme alanının genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti [22-25]

yer de ufak bir alanda mostradadır (Şekil 2.4). Zinav kireçtaşı inceleme alanının en yaşlı birimidir. Bu birim yüksek tepeler ve dere içinde dik yamaçlar oluşturmakta ve tabanı görülmemektedir. Çalışma alanında görünür kalınlığı 200-300m kadardır. Nebişeyh formasyonu, Zinav kireçtaşlarının üzerine açısız uyumsuzlukla gelmektedir. Birim genel olarak açık, koyu gri renkli kireçtaşıdır. Formasyonun altı ve üstü yer yer tabakasız ya da çok kalın tabakalıdır.



Şekil 2.4. Delice Deresi'nin Kelkit Çayı'na karıştığı noktada Zinav kireçtaşı'nın görünümü (D'ya bakış)

Delice Deresi'nin Kelkit Çayı'na karıştığı yerde kireçtaşları, kalın tabakalı, çokça ezilmiş kırıklı ve çatlaklı, kırılma yüzeyi düzensiz, beyaz, krem renklidir. Çatlaklar kalsit ve yer yer demirli, silisli çökeller ile doldurulmuşlardır. Önceki çalışmacılar *Pseudocyclammina*, *Orbitonilidae*, *Dacycladeceae*, *Radiolaria* *Calpionella* varlığından birimin yaşını Üst Jura – Alt Kretase olarak belirlemişlerdir [16-17]. Zinav kireçtaşı, yer yer taşınmış organizma kalıntıları içeren düzeylerden oluşması, birimin çökme ortamının türbiditik akıntılı pelajik bir ortam olduğunu gösterir.

2.1.1.2. Nebişeyh Formasyonu

Birime, Üst Kretase flişi [13], Kızıltepe formasyonu [16] ve Nebişeyh kireçtaşı [17,20] gibi çeşitli adlandırmalar yapılmıştır. Bu birim, çalışma alanının kuzeyinde özellikle Nebişeyh ve İbrahimşeyh köylerinin yakınlarında mostra verirken, çalışma alanı içinde Delice Deresi'nin Kelkit Çayı'na karıştığı yerde de gözlenmektedir. Nebişeyh formasyonu geniş bir yayılıma sahiptir. Formasyon içinde en önemli yükseltilerinden biri litolojik özelliklerinin iyi bir şekilde izlendiği Kızıltepe'dir (1668m). Formasyonun çalışma alanındaki kalınlığı 150-300m arasında değişmektedir. Birim daha önce belirtildiği gibi Zinav kireçtaşı üzerine açısız

uyumsuzlukla gelmiştir ve üst dokanağı olan Kapaklı formasyonu ile uyumludur. Birim altta genellikle kiremit kırmızı ve bordo renkli, ince orta tabakalı, gevrek yapılı, yer yer kumlu, kırıntılı, marn ara katkılı kireçtaşları ile başlar. Üste doğru koyu gri, kahve ve yeşil renkli tabakasız, tane boyu değişken ve çoğunlukla andezit ve bazalt bloklu aglomera, çatlaklı ve çatlakları kalsit dolgulu bazik akıntı, killi, kumlu çatlaklı kireçtaşları, tabakasız ince taneli, kırılğan tüfit ve kumtaşı araldanmasından oluşmaktadır (Şekil 2.5). Formasyonda, Globigerinidae, Heterohelicidae, Globotruncana *bulloides* VOGLER Globotruncana *lapparenti* BROTZEN türüne ait planktonik foraminiferler önceki çalışmalacılar tarafından alınan numunelerde saptanmış ve bundan dolayı birime Turoniyen- Alt Kampaniye yaşı verilmiştir [16]. Nebişeyh formasyonunun pelajik foraminifera içeren marn ve tüfit araldanması şeklinde gelişmiş olması birimin çökme ortamının pelajik ortam olduğunu göstermektedir. Ayrıca tüfit ve aglomeraların varlığı zaman zaman ortamın hareketlendiği volkanik olaylarla volkanik kökenli malzemelerle beslendiğine işaret eder.

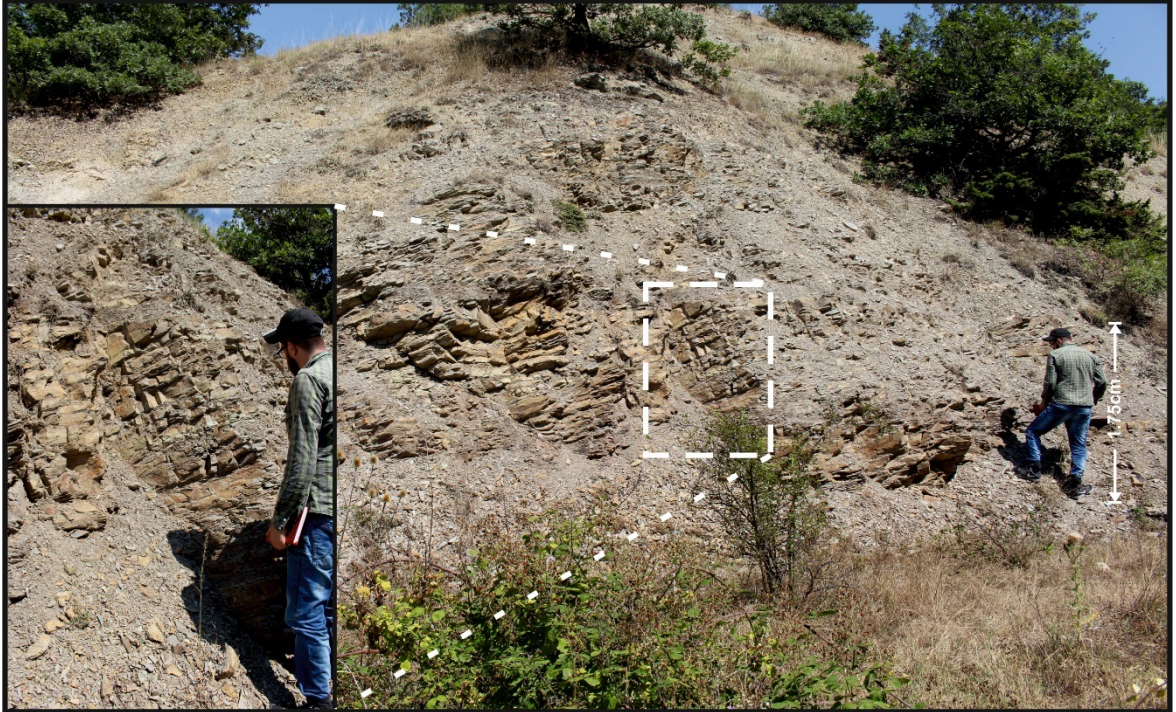


Şekil 2.5. Nebişeyh Formasyonunun Delice Deresi' ndeki görünümü (Bakış GD'ya)

2.1.1.3. Kapaklı Formasyonu

Çalışma alanında geniş yayılımlar sunan bu birime, Eosen flişi ve kalkerleri [13], Kapaklı civarında gözlenen mostralardan dolayı Kapaklı formasyonu [16], Mesudiye formasyonunun Bereketli üyesi [17] ve Üst Kretase flişi [20] çeşitli araştırmacıların çalışmaları sonucu oldukça çeşitli adlandırmalar yapmışlardır.

Formasyon yüzlekleri en iyi şekilde kuzeyde çalışma alanımız dışındaki Doğantepe, Kaşpınar köyleri ile çalışma alanımız içinde Reşadiye merkezinin kuzeybatısındaki Delice Deresi sınırında ve Altıparmak köyü civarında izlenmektedir. Formasyon yüzlekleri, büyük bir çoğunlukla engebeli ve yer yer düz alanlarda gözlenmiştir. Kapaklı formasyonunun inceleme alanındaki kalınlığı 100-150m arasında değişmektedir. Terlemez ve Yılmaz [17] yaptıkları çalışmada Reşadiye'nin kuzeyinde bu birimi 150m ölçmüşlerdir. Formasyon, Nebişeyh formasyonu ile uyumlu olarak yer almaktadır. Kumtaşı, kireçtaşı, marn ve tüflerden oluşmuştur. Birim içindeki kumtaşları, büyük oranda volkanik birimlerden oluşmuştur. Taneleri orta dereceli, yuvarlaklaşmış ve iyi boylanmışlardır. Yer yer ince-orta katmanlı genellikle tabakasız yığılımlar ve merccek şeklindedir. Kireçtaşları, kirli krem, gri, bozunmuş sarı renkte, orta kalın tabakalı, kırılğan ve kırılar arası kalsit dolgulu olarak görülür. Marnlar, koyu yeşil, gri renkli olup grimsi sarı renklere de gözlenebilen, ince tabakalı, kırılğan özelliklidir. Reşadiye ilçe merkezinin KB'sında birim tamamen parçalanmış tabakasız yığılımlar şeklindedir. Altıparmak köyü civarında ise birim kırıklı ve parçalanmış ince-orta tabakalı yer yer yığılımlar şeklinde gözlenir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6. Kapaklı Formasyonu'nun görünümü, Altıparmak köyü yakınları (Bakış Kuzeye)

Birim içerisinde tüflerin bozuşması ile bentonit oluşmuştur. Bentonit, yumuşak, kırılğan, elde yumuşak ve yağlı bir his veren bir kayadır. Rengi beyaz, sarı, krem ve pembe olabilir. Tane boyutunun küçük olmasından dolayı koloidal süspansiyonlar oluşturabilirler.

Önceki incelemelerde alınan numunelerden elde edilen fosil içeriklerine (*Pachydiscus levyi* GROSSOUVRE, *Pachydiscus colligatus* BINKHORST, *Pachydiscus sp.*, *Gaudryceras planorhiforme* BÖHM., *Gaudryceras sp.*, *Trachyschaphites spiniger* (SCHLÜTER), *Schlüteria larteti* SEUNES, *Solenoceras humei* (DOUVILLE), *Hauericeras sp.*, *Manambolites sp.*, *Hamites sp.*, *Anisoceratidae*) göre Kapaklı formasyonun yaşı, Üst Kampaniyen- Alt Maastrichtiyen olarak belirlenmiştir [16]. İçeriğindeki fosillerden dolayı bu birim genel olarak, neritik ancak ortamın derinleştiği yerlerde ise pelajik karakterli tortullar çökelmiştir.

2.1.1.4.Kırandağ Formasyonu

Çalışma alanında, kuzeyde geniş bir alanla yayılım gösteren bu birim, Eosen filiş ve kalkerleri [13], Üst Kretase filiş [20], Kırandağ dolaylarında tüm özelliklerini gösterdiğinden dolayı Kırandağ formasyonu [16] olarak isimlendirmiştir. Seymen [16], bu formasyonun içinde Kadısarağı volkanik konglomera üyesi ve Sırakayalar dentirik kireçtaşı üyesi şeklinde iki üye ayırt etmiştir. Formasyon inceleme alanımız içinde Reşadiye kuzeyinde, Akyarbaşı tepede ve Akçakolay mahallesinin kuzeyinde Çavuşbeyli'nin güneyinde izlenmekte olup, Akyarbaşı tepe dolayında 600 m kalınlığa ulaşmaktadır. Birim, Kırandağ dolaylarında tüm özelliklerini en iyi gözlemlendiğinden dolayı Kırandağ ismini almıştır. Formasyonun en üst seviyelerinde bulunan kalın tabakalı, bol fosilli dentirik kireçtaşları Sırakayalar dentirik kireçtaşı üyesini oluşturmaktadır. Akyarbaşı tepesindeki kesitinde, altta gri, kirli sarı renkli marn ve çamur taşları ile başlayarak, üstte volkanik çakıldaşı ara katkılı piroklastik çamurtaşı, kumtaşı geçişleri ile devam ederken üstte sarı-krem renkli, kalın tabakalı bir istif bulunur (Şekil 2.7). Formasyon, Elekçi dere de buna benzer bir istif sunmaktadır. Önceki çalışmalarda Reşadiye'nin kuzeyindeki marnlar içinden toplanan örneklerde tespit edilen fosillerle (*Echinocorys cf. Ovatus* LESKE; *Hemiaster cf. Delawareensis* CLARK, *Micraster cf. Duponti* LAMARCK, *Micraster sp.*, *Guettaria cf. Angladei* GAUT) yaş olarak Kampaniyen- Alt Maastrichtiyen belirlenmiştir [16]. Ayrıca Sırakayalar kireçtaşında Üst Kampaniyen-Maastrichtiyen,

bunlarla kondordan olan birimlerde Alt Paleosen'e ait karakteristik fosiller olduğundan birimin yaşı Üst Maastrichtiyen- Alt Paleosen olarak belirlenmiştir. Birimin pelajik foraminifera içeren marn ve bentonik organizmalarca zengin kireçtaşı ardalanması gelişimi ve mikritik- oolitik doku sunması pelajik bir ortamı işaret etmektedir [16].

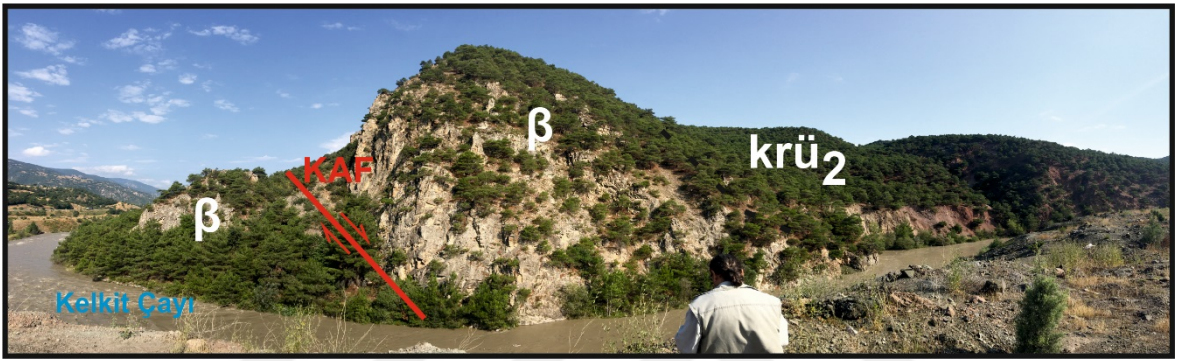


Şekil 2.7. Reşadiye kuzeyi Akyarbaşı Tepesi mevkiinde Kırandağ formasyonunun görünümü (Bakış GD'ya)

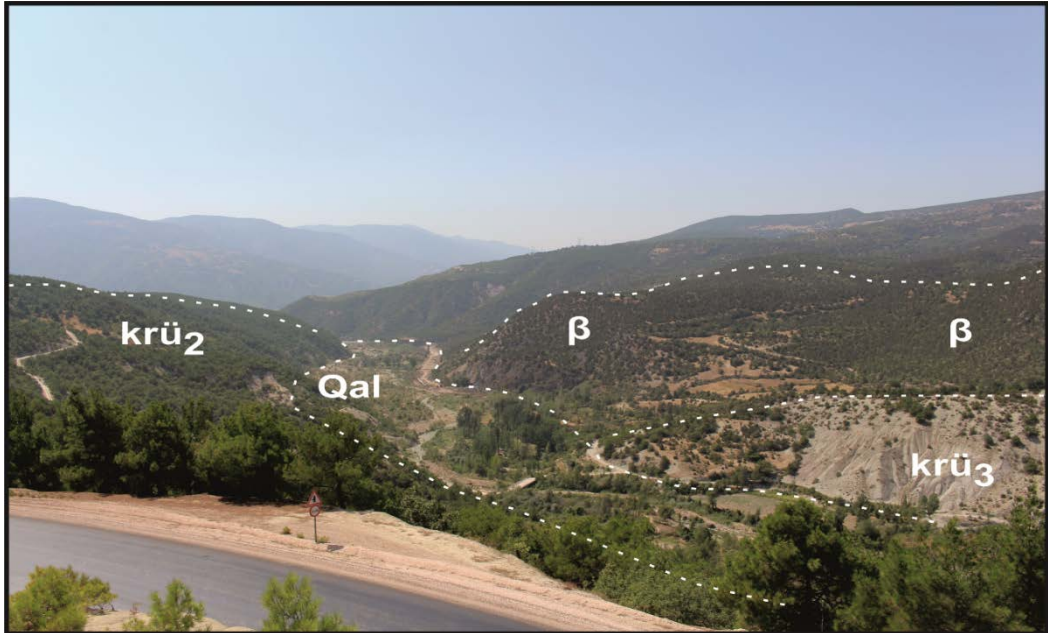
2.1.1.5. Yolüstü Bazaltı

İnceleme alanımızda, genel olarak gri, koyu gri ve siyah renkli olan bol gözenekli bazı yerlerde lav ve cüruf halinde yüzeyleyen genç bazaltlar, ilk defa Yolüstü formasyonu [16] ve Yolüstü bazaltı [17] şeklinde isimlendirilmişlerdir. Çalışma alanımız içinde ve çevresinde yüzeyleyen birim en iyi şekilde Yolüstü köyü ve çevresinde gözlemlendiğinden bu adı almıştır. Püskürme merkezlerinden her biri, birden çok krater ve lav kaynaklarına sahiptir. Ancak lav akıntıları birbiriyle ilişkili değil ve bağımsız volkanlar ayrı ayrı püskürme merkezi şeklinde kabul edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde Mengen kale Tepesi, Delice Deresi civarında ve Çabuşbeyli ile Altıparmak arasında, çalışma alanı dışında ise oldukça fazla noktada yüzeylemektedir (Şekil 2.8, Şekil 2.9). Birim Kırandağ Formasyonu

üzerine uyumsuzlukla gelmektedir ve birimin kalınlığı 100m'dir. Lavların bileşimi riodasit ve bazalttan oluşmaktadır. Riodasit lavlar, genellikle açık gri renkli ve bozunmuşlardır. Kuvars, biyotit ve feldispatlar gözle seçilebilmektedir. Vitrofirik dokulu olup, hamur sadece volkan camından oluşmuştur [16]. Minerolojik bileşimi, kuvars, K-feldispat, plajioklas, biyotit, hornblend ve apatitten oluşmaktadır. İkincil mineral olarak, kaolenit (ortoklazların ayrışması ile), kalsit (plajioklazların bozulması ile) ve serisit görülür. Bazaltik lavlar, koyu gri, siyahımsı renkte ve fazlaca çatlaklıdır. Formasyonun oluşması bölgedeki fay tektonizması ile yakından ilişkilidir.



Şekil 2.8. Kelkit Çayı'nın kenarında yüzeyleyen Yolüstü bazaltının genel görünümü (β, Yolüstü bazaltı, krü₂, Kapaklı formasyonu, KAFS, Kuzey Anadolu Fay Sistemi)



Şekil 2.9. Akyarbaşı tepesinden Yolüstü bazaltının genel görünümü (β, Yolüstü bazaltı, krü₂, Kapaklı formasyonu, krü₃, Kırandağ formasyonu, Qal, Alüvyon). Bakış güneybatıya

Çalışma alanında ve çevresinde Üst Kretase ve Eosen yaşlı kayaçları örtmektedir. Bundan dolayı, bölgedeki son volkanizma faaliyeti Alt-Orta Miyosen yaşlı olabilir. Bunun yanı sıra inceleme alanında lavların bazı yerlerde (Delice dere) genç vadi tabanlarına akması volkanizmanın Pliyosen’de de devam etmiş olabileceğini göstermektedir [17]. Birim, jeotektonik konumu itibariyle Anatolid-Pontid kıta-kıta çarpışma zonu içerisinde, çarpışma sonrası bölgede oluşan rejimin etkisi sonucundaki volkanizma ile oluşmuştur.

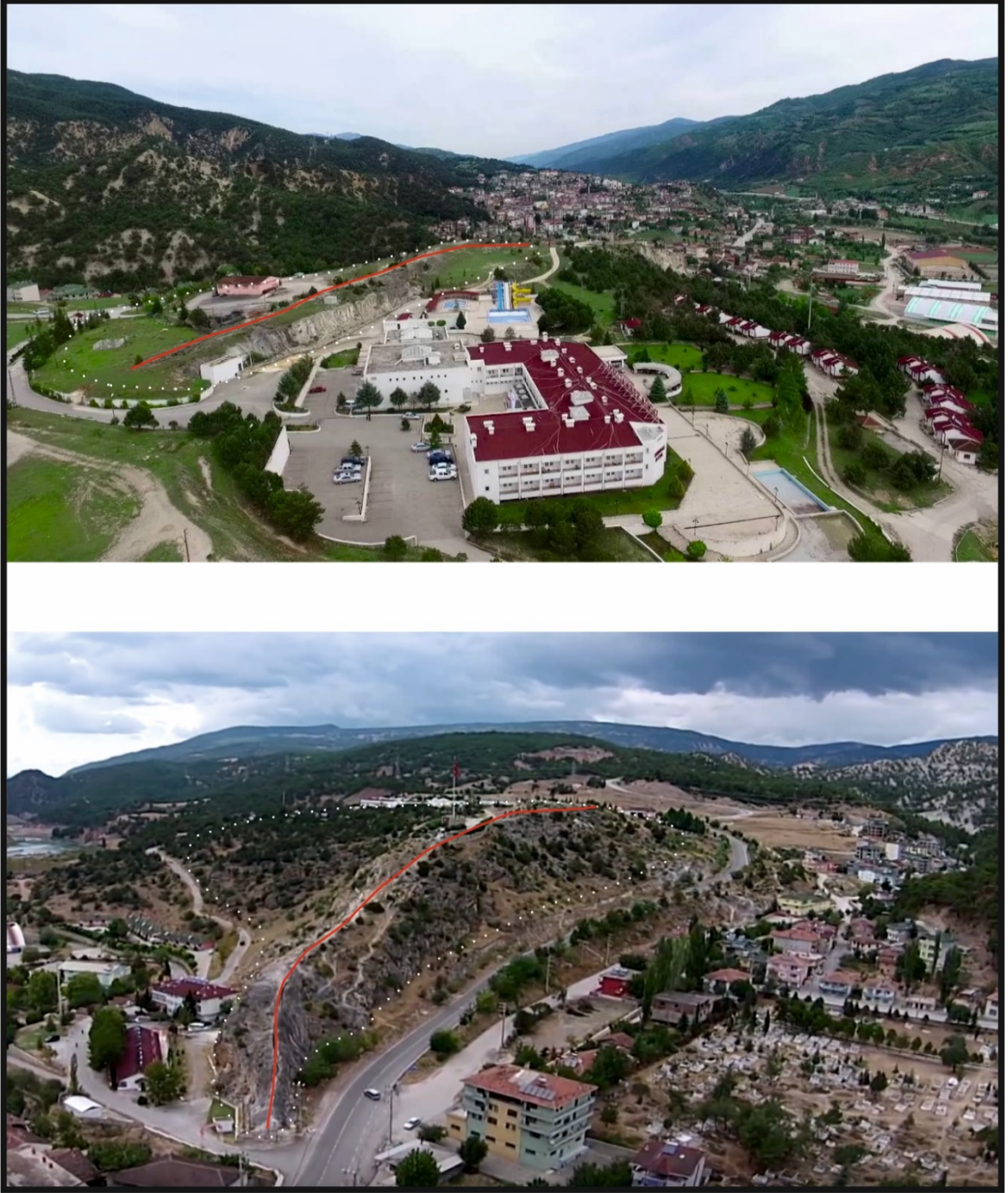
2.1.1.6. Hatipli Formasyonu

Birim çalışma alanı dışında Hatipli köyü civarlarında en iyi şekilde gözlemlendiğinden “Hatipli Formasyonu” adı verilmiştir [16].

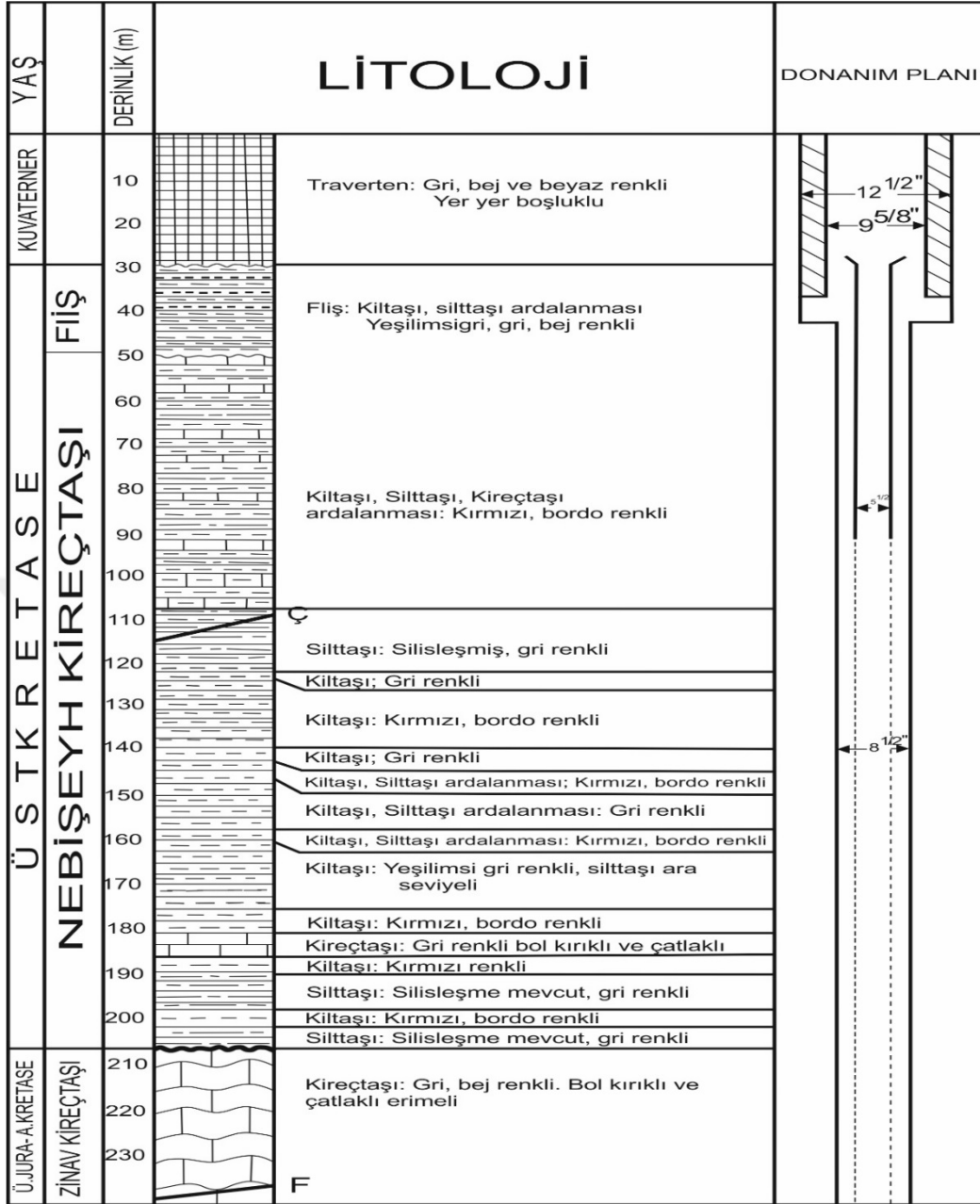
Bu birim eski alüvyonlar ve yamaç molozları olarak Reşadiye ilçe merkezinde ve doğusunda gözlenmektedir. Birim içerisinde bulunan çakıllar iyi yuvarlaklaşmışlardır. Birim içerisinde hem Mesozoyik- Tersiyer yaşlı, hem de genç volkanik kayaç parçaları içeren bu eski alüvyon günümüzde sırt ve küçük tepeler üzerinde asılı kalmışlardır. Birim içerisinde çökeltme yaşını verecek herhangi bir organizma kalıntısının bulunamamıştır. Bu nedenle karşılaştırma yolu ile birimin yaşının Plio-Kuvaterner olabileceği tahmin edilmektedir [16].

2.1.1.7.Reşadiye-Termal Travertenleri

Günümüzde halen oluşumu devam eden, Reşadiye-Termal Travertenleri’nin de yer aldığı traverten oluşumlarına [16] tarafından Reşadiye-Termal Travertenleri adı verilmiştir (Şekil 2.10). Çalışma alanımız içerisinde Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca bir dizi küçüklü büyüklü sıcak ve soğuk su traverten oluşumları görülmektedir. Bunlar Reşadiye ilçe merkezindeki termal travertenleri ve Altıparmak ve Çavuşbeyli etrafındaki travertenlerdir. Traverten üzerinde yapılan sıcak su sondajı sonuçlarına göre traverten kalınlığı yaklaşık 30 m’dir [21] ve hemen hemen 1 km²’lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 2.11). Kaplıca kaynağından akan sular traverten oluşturmaya devam etmektedir. Kirli krem, sarı, bej, krem, gri, yeni oluşukları beyaz ve yer yer saydama yakın ve sert olan traverten, kaplıca bölgesinde elipse benzer bir şekilde dom oluşturmaktadır. Traverten, Kuzey Anadolu Fay Sistemi’ne paralel ve verrev olarak gelişmiş fay, kırık ve çatlak sistemleri boyunca oluşmuşlardır. Suyun akış yeri ve şekillerine göre böbreksi ve kabuksu yapı, sarkıt ve dikitler oluşturmuştur (Şekil 2.12).



Şekil 2.10. Reşadiye-Termal Travertenini'nin havadan görünümü (üstteki fotoğraf bakış GD'ya, alttaki fotoğraf bakış KB'ya) [56]

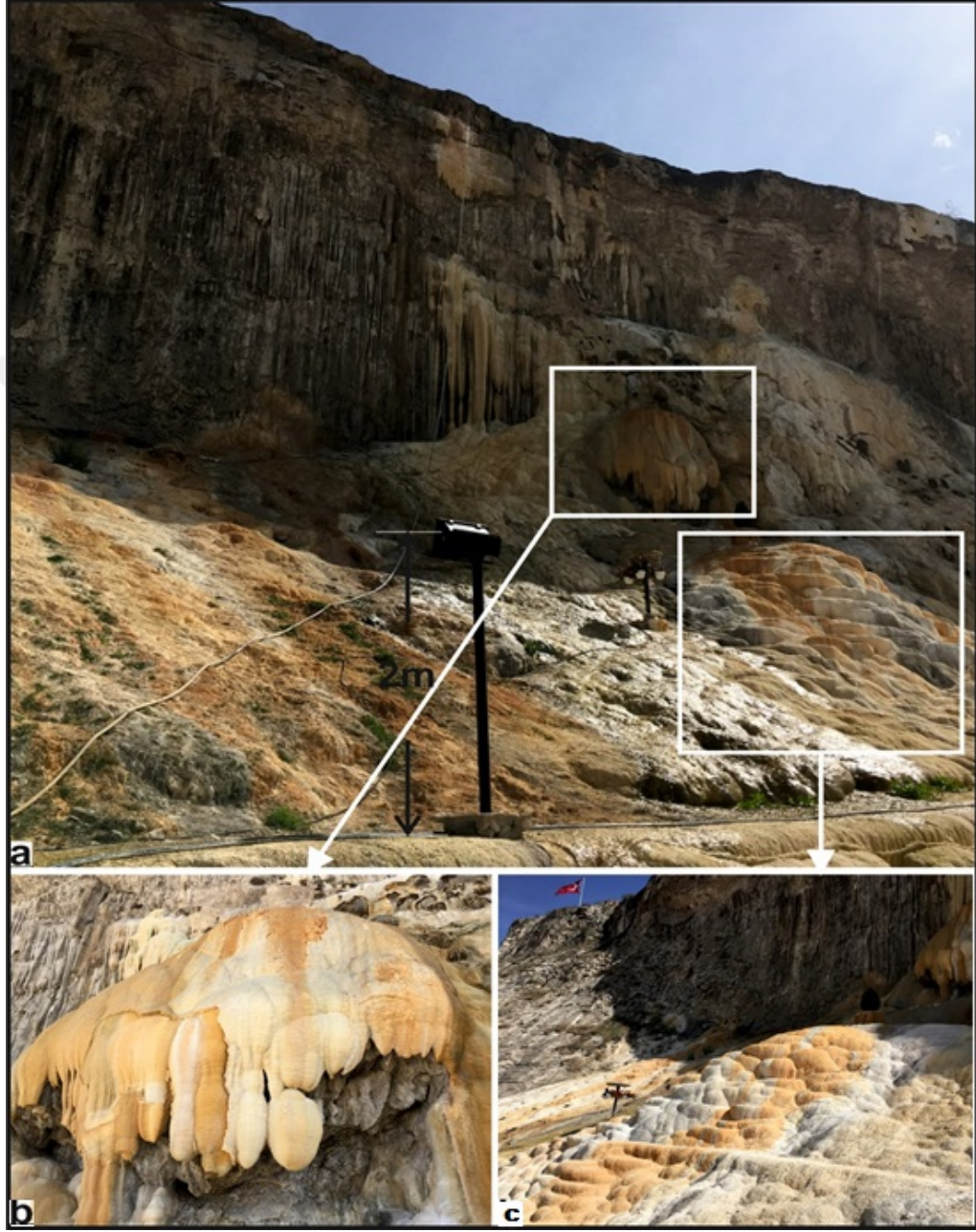


Şekil 2.11. RHS-1 nolu sıcaksu sondajı logu [21]

2.1.1.8. Alüvyonlar ve Yamaç Molozları

İnceleme alanı içindeki Kelkit Vadisi tabanı ve yan dereler içinde dar şeritler şeklinde; yan derelerin ağızlarında ise bir dizi küçük birikinti konileri şeklinde akarsu tortulları görülmektedir. Kelkit Çayı'nın getirdiği çökeller gevşek çakıllı, kumlu, siltli ve killi malzemelerden oluşmaktadır. Delice, Ulu ve Yılanlıyurt derelerinin yataklarında biriktirdikleri sellenme sonucu malzemeler birikinti konilerini oluşturmuşlardır. Derelerin meydana getirdikleri bu birikinti konileri, geçtikleri formasyonlardan kopardıkları parçaları içerir. Jura-Kretase yaşlı

kireçtaşlarındaki faylı kuşaklarda, fay breşinden kopan kırıntıların yamaçlarda birikmesi sonucuyla yamaç molozları oluşmuştur. Reşadiye'nin doğusunda Üst Maastrichtiyen-Alt Paleosen yaşlı kireçtaşlarından kopan parçalar o bölgede yamaç molozlarını meydana getirmektedir.



Şekil 2.12. Reşadiye-Termal Traverteni'nin arazi görüntüleri; a: genel görünüm (bakış kuzeydoğuya), b: böbreksi (bakış kuzey), c: kabuk tipi travertenler (bakış kuzeydoğuya).

2.1.2. Güney Blok

Bu kısımda Kelkit Çayı'nın güneyinde sadece Karşıkent formasyonu incelenmiştir.

2.1.2.1. Karşıkent Formasyonu

İnceleme alanı sınırları içinde Kuzey Anadolu Fay Sisteminin güneyindeki Karşıkent köyü civarında izlenen bu formasyon Karşıkent Formasyonu adı ile tanımlanmıştır [16]. Birim en yaygın Karşıkent köyü ile Reşadiye arasındaki alanda mostra vermektedir. Birimin görünür kalınlığı 800m'dir. Birim içindeki tabakalar, Kelkit vadisi fay kuşağı tarafından kesilmiştir. Bu nedenle tabakalar tektonizmaya uğramış ve oldukça kırık, çatlak ve ezik bir yapı kazanmışlardır. Birim altta taşınmış Nummulites ve Asilino içeren yeşil çamurtaşları ve kumtaşları ile başlar. Silttaşları, sarı renkte kumtaşları ve çamurtaşları ile devam eder. Jipsli, kömürlü yeşil çamurtaşı ve kumtaşlarıyla istif son bulur. Seymen [16], bu formasyonun yaşının Alt Miyosen olabileceğini belirtmiştir. Çakıltası ve kumtaşının sık sık kamalı geçiş yapması, yer yer içinde kömür ve bitki fosillerinin bulunması, çakıltasının en uygun kaya türü olması, bu birimin karasal ya da geçiş (gelgit) ortamında oluştuğunu göstermektedir.

2.2. Yapısal Jeoloji

2.2.1. Uyumsuzluklar

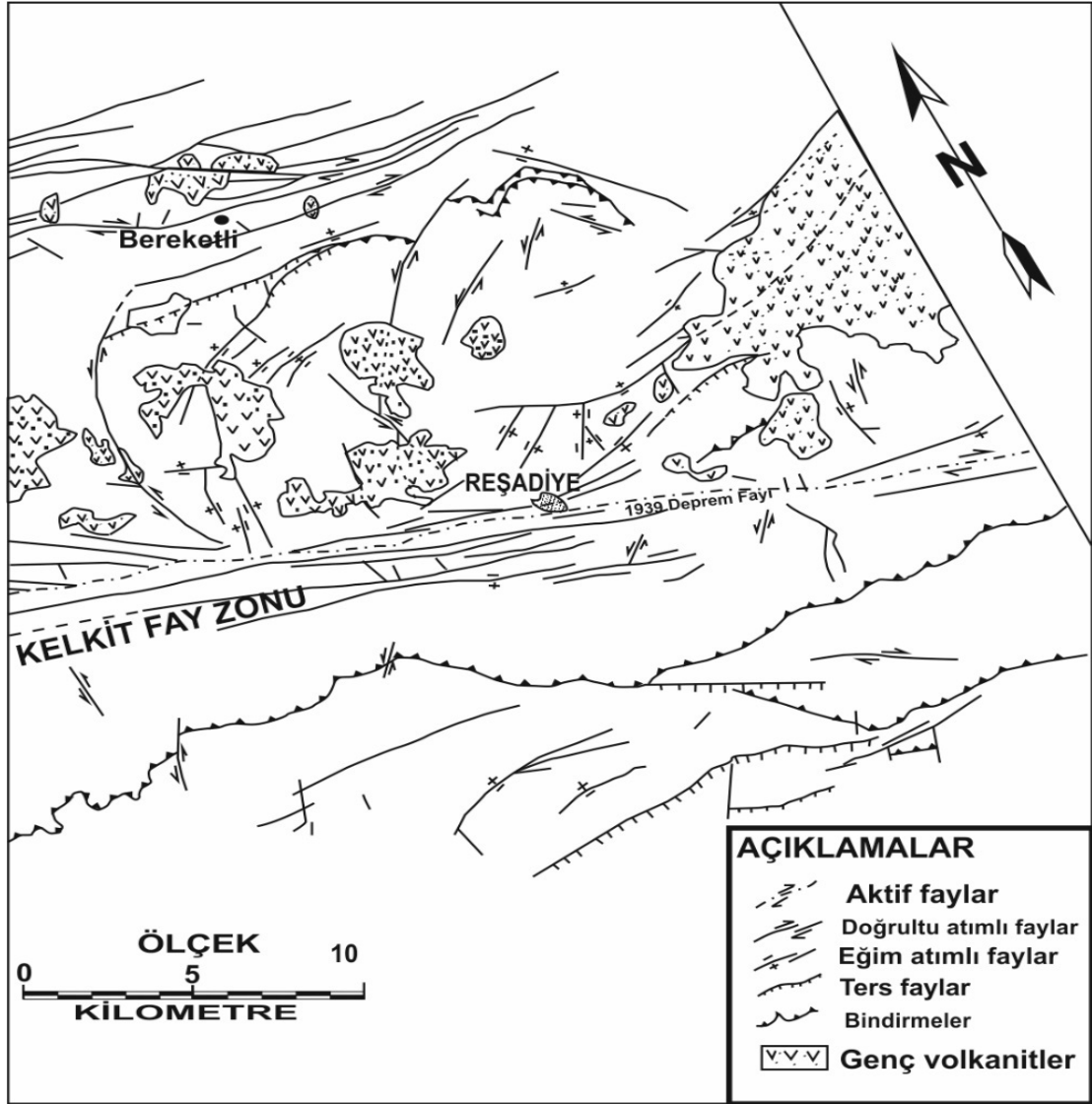
Çalışma alanında en yaşlı olan Zinav kireçtaşlarını Nebişeyh formasyonu açısız uyumsuzluk ile örtmektedir [16-17,20-22,25]. Bu uyumsuzluk, Kimmeriyen zamanındaki bir aşınma-taşınma evresine işaret etmektedir [25]. Alanda, Alt-Orta Miyosen yaşlı Yolüstü formasyonu, Mesozoik-Alt Tersiyer yaşlı birimlerin üzerine uyumsuzlukla gelmektedir. Güncel çökeller ve alandaki bütün eski kaya birimleri arasında uyumsuzluklar bulunmaktadır.

2.2.2. Faylar

Bölgedeki en önemli ve en büyük fay, batıda Marmara Denizi'nden başlayıp doğuya doğru uzanan ve Kuzey Anadolu'yu başından sonuna kadar geçen Kuzey Anadolu Fay Sistemi'dir. 27 Aralık 1939 Erzincan-Reşadiye depremi gibi hasara neden olan depremler bu faya bağlı olarak gelişmiştir [32,57-62]. İnceleme alanımız içinde, Kelkit çayı boyunca, K70°B doğrultulu uzanan bu fay üzerinde yapılan jeolojik çalışmalarda, 85±5km (doğusunda)-25±5km (batısında) arasında bir toplam atım hesaplanmıştır [16,63-70].

Kuzey Anadolu Fay Sistemi, 0.5-2 km genişliğinde bir ezilme kuşağı oluşturmuştur. Bu kuşak içerisinde de farklı sıcaklıklarda su kaynakları bulunmakta

ve bunlardan travertenler oluşmaktadır. Bu fay çalışma alanımızdaki Kuzey blok ile Güney bloğun sınırını oluşturmaktadır. Kelkit Vadisi fay kuşağı birden fazla paralel çatallaşmış bir fay ağı ile örülmüştür (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Reşadiye ve çevresindeki Kuzey Anadolu Fay Sistemine ait fay örgüsünü gösterir harita ([16]'ten sadeleştirilerek)

2.2.3.Çatlaklar ve Yarılımlar

Kuzey Blok'ta K-G 90° ve K30°B 90° konumundaki çatlakların iyi bir şekilde geliştiği görülmüştür. K-G doğrultulu çatlaklar tansiyon çatlakları (açılma çatlakları), K30°B yönlü çatlaklar ise kesme çatlakları özelliği taşırlar [16].

K25°B- K65°B doğrultulu Reşadiye-Termal Travertenleri üzerindeki açık tansiyon yarılımı inceleme alanımızdaki en önemli yarılımdır. Sıcak kaynak suları bu tansiyon çatlaklar boyunca yeryüzüne çıkmaktadır.

3. ÇALIŞMA ALANI VE ÇEVRESİNİN TEKTONİĞİ VE DEPREMSELLİĞİ

3.1. Neotektonik Dönem

Neotektonik, bir alan içinde gerçekleşmiş son tektonik rejimin değişmesinden günümüze kadar geçen süre içindeki tektonizmanın tümüne denmektedir. Bu tanıma bakıldığında, Türkiye'nin neotektonik dönemi, Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Anadolu ve Arap kıtalarının çarpışmaları sonucu başlamaktadır. Bu kıtasal çarpışma, geniş deformasyon zonu meydana getirmiştir ve çarpışma neticesinde doğuda Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı ile batıda Afrika levhasının Anadolu bloğunun altına doğru dalımı şeklindeki hareketi Helenik ve Kıbrıs yaylarını meydana getirmiştir [71-74]. Doğu Akdeniz'in bugünkü okyanusal litosferle altlanmış bölümü, Neotetis'in güney kolunun şimdiye kadar kapanmamış olan bir kalıntısıdır [75].

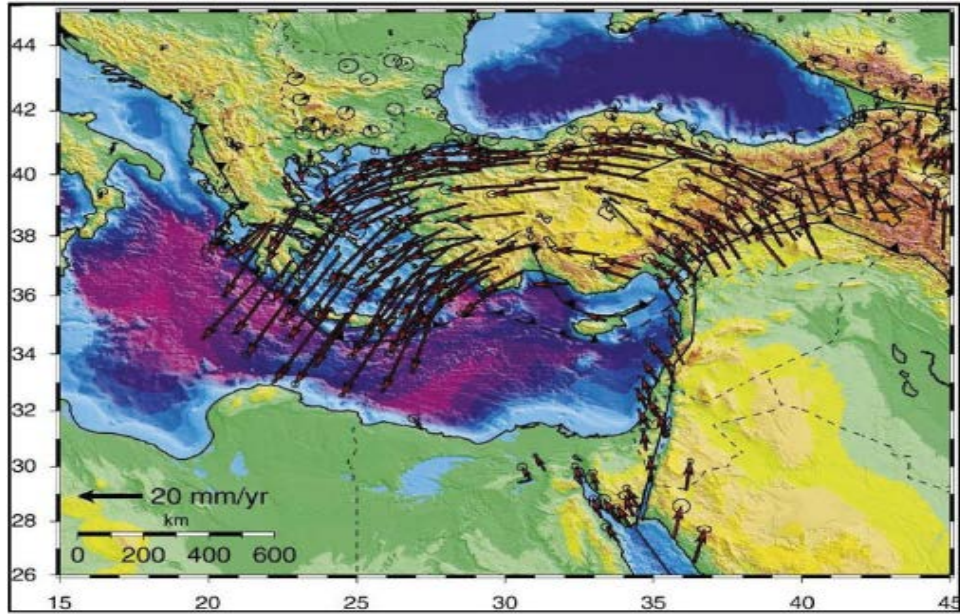
Geç Serravaliyen- Erken Tortoniyen zamanı içinde, Doğu Anadolu bölgesinde, bu okyanusun çarpışma sonucu kapanmasıyla paleocoğrafik, sedimantolojik ve tektonik değişiklikler meydana gelmiştir. Dalma-batma komplekslerindeki son hal ile ofiyolitlerin yerleşimleri, bugünkü Türkiye ve Kıbrıs'ta görülen kabuğu meydana getirmiştir [71].

Orta Miyosen ve Erken Paleosen dönemleri arasında Anadolu yoğun bir sıkışma etkisi altında kalmıştır. Çarpışma sonrasındaki zamanda gelişen K-G doğrultusuna sahip sıkışma, Arap Levhası'nın kuzey yönüne doğru olan ilerlemesini kesin bir şekilde durdurmuştur. Bunun sonucu olarak Orta Miyosen ve Erken Pliyosen zaman aralığında, Anadolu'nun doğusu uzun süreli kıta içi yaklaşım etkisinde kalmıştır. Bu yakınlaşma, bölgesel ölçekte uyumsuzluk, kıvrımlar ve bindirme faylarını meydana getirmiştir [76]. Sonuç olarak İran-Anadolu platosundaki kabukta kalınlaşma ve en fazla 2 km'ye yakın bir yükselme olmuştur [77]. Kızıl Deniz ile Aden Körfezi'ndeki açılma sonucunda Arabistan ve Avrasya levhaları arasında bir litosferik kısalma meydana gelmiştir. Bitlis-Zagros kenet zonundaki kıta içi çarpışmanın sonrasında, kısalma sonucu meydana gelen kalınlaşmadaki fazlalığı engellemek amacıyla Doğu Anadolu'da Erken Pliyosen zamanında sıkışma-açılma tektonik rejimi etkisini göstermektedir. Bu rejim daha önceki sıkışmalı-kısalma rejiminin yerini almıştır [78-79]. K-G doğrultusundaki sıkışmalı deformasyonun,

GPS ölçümleri sonucunda Arabistan Levhası, Avrasya Levhasına kıyasla 23 ± 1 mm/yıl oranında, kuzey yönünde hareket etmektedir (Şekil 3.2). Bu hareketteki 10mm/yıl oranı Kafkaslar'da meydana gelen sıkışma tarafından karşılanır.



Şengör ve Kidd [77]'a göre Anadolu Bloğunun batı yönündeki hareketi, Doğu Anadolu'nun kısalarak kalınlaşması sonucunda meydana gelmektedir. McKenzie [73]'ye göre ise kalınlaşma biriktirdiği gravitasyonel potansiyel enerji ile hareket etmektedir. McClusky vd., [79]'nin yapmış olduğu çalışmada GPS ölçümleri sonucunda KAFS ve DAFS'nin kayma hızlarını sırasıyla 24 ± 1 ve 9 ± 1 mm/yıl olarak hesaplamışlardır. Neotektonik çalışmalar sonucunda Orta Anadolu'nun doğrultu atımlı faylar ile dilimlendiği belirlenmiştir. Batı Anadolu grabenleri, KD-GB doğrultusunda yılda 15mm oranı ile açılmaktadır. Anadolu ve Ege bloklarının tektonik özellikleri ve hızlarındaki farklılığa, Kıbrıs ve Ege yaylarının altında bulunan dilimleri arasındaki değişiklikler neden olmaktadır. Dünya çapındaki kinematik modeller incelendiğinde Arabistan levhası, Avrasya levhasına göre K-KB yönünde ~ 15 mm/yıl hızıyla hareket eder. Bu hareket, Bitlis-Zagros kenet ve bindirme kuşağında meydana gelen kıtasal çarpışmaya neden olmaktadır. Bunun sonucunda büyük şiddete sahip sismik aktivite meydana gelmiştir. Afrika levhası, Avrasya levhasına oranla ~ 10 mm/yıl hızla kuzeye doğru hareket etmiştir. Afrika-Arabistan levhalarının hızlarındaki farklılık (~ 15 mm/yıl), Ölü Deniz Transform Fayı tarafından karşılanmaktadır [81].



Şekil 3.2. GPS ölçümlerine göre levhaların hareket yönleri [81]

3.2. Kuzey Anadolu Fay Sistemi

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS) yaklaşık 1200km uzunlukta sağ yanal doğrultu atımlı bir faydır. Fay, 500m ile 8-10km aralığında değişen genişliklere sahip

birbirine paralel uzanan birden fazla parçadan meydana gelmiş bir fay sistemidir. KAFS, doğuda Karlıova üçlü ekleminden başlayarak, Koyulhisar, Reşadiye, Ladik, Ilgazı geçerek batıda Saros Körfezi'ne kadar uzanmaktadır. Ayrıca Anadolu'nun batıya kaçış hareketinin kuzey sınırını oluşturmaktadır [82].

İlk defa Ketin [58] tarafından kabaca doğu-batı uzanımlı sağ yanal doğrultu atımlı fay olma özelliği ile tanımlanmıştır. Ketin [58]'e göre kuzey bloğu üzerindeki düşmenin meydana geldiği bu fayın oluşmasının sebebi Anadolu'nun batı yönündeki kaçış hareketidir. Sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlanan ve özellikleri belirtilen KAFS ile ilgili günümüze kadar atım miktarı, jeolojik, sismolojik ve jeomorfolojik konularda çalışmalara konu olmuştur [58,59,63,64,66,69,83]. Bu faya ulusal ve uluslararası ölçekte ilgi, Ağustos ve Kasım 1999 depremlerinin meydana gelmesinden sonra bir artış olmuştur.

Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin yaşı hakkındaki çalışmaların ortak görüşü, Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaş aralığına sahip olduğu yönündedir [70]. Buna karşın, KAFS'nin sağ yanal hareketinin sebebi ve yaşı hakkında tartışmalar devam etmektedir. Bu konu hakkında birkaç temel görüş bulunmaktadır.

Arap ve Avrasya plakalarının Orta Miyosen'de çarpışması bu sağ yanal hareketin başlangıç zamanıdır. Türkiye'nin doğusunda meydana gelen bu kıta-kıta çarpışması Anadolu'nun batı yönündeki hareketinin sorumlusu olarak gösterilebilir [63,73].

Farklı bir görüşte de KAF Geç Miyosen veya Erken Pliyosen'e kadar hiç var olmamıştır [63,67-69,76,80,84]. Günümüzde, çeşitli çalışmalarda KAFS'nin başlangıç yaşının doğuda 16MY veya daha yaşlı olduğu, fakat batıda ise 3MY'dan genç olduğu ifade edilmektedir [85].

KAFS'nin ana kısmı uzun segmentlerden ve bunlardan ayrılan açılmalı sıçramalardan meydana gelmektedir. Bu zonda meydana gelen depremlerin fay çözümleri, Anadolu Bloğundaki saat yönünün tersinde bir dönme hareketini göstermektedir [74]. Kuzey Anadolu Fay Sistemi'ni meydana getiren segmentler, geometrileri ve üzerinde oluşan depremlere göre iki şekilde sınıflandırılmıştır. Yüzeyde oluşan kırıklar geometrik segmentlerin kırılması ile oluşmuştur. Bu segmentlerin bitim noktalarını sıçramalar ve/veya bükümmler gibi geometrik süreksizlikler kontrol etmektedir [86].

KAFS boyunca ana koldan ayrılan iki sapma görülmektedir. Bunlardan ilki Erzincan Havzası'nın doğu sınırındaki güneybatı uzantılı sol yanal doğrultu atımlı Malatya-Ovacık, diğeri ise Reşadiye'nin batısındaki batı-güneybatı doğrultusuna sahip Sungurlu Fayları'dır.

En doğuda ~10km genişliğindeki bir alana yayılmış fay parçaları, Erzincan ile Tokat (Niksar) arasındaki Kelkit Vadisi boyunca dar bir zonda sıkışmıştır. Tokat Lobunun bulunduğu alanda KAFS tekrar geniş bir zona yayılır [82]. Bu geniş zonun güney kısmında bulunan fayların büyük miktarı etkisini yitirmiştir. Bütün lob üzerindeki sismik yoğunluk kuzey kesimde yoğunlaşır.

Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Karlıova ve Vezirköprü arasında K75-55°B arasındaki değişen açılar ile 500km boyunca devam etmiştir. Vezirköprü'den sonra 35°'lik bir sıkışmalı büküm yapar ve batı yönüne doğru K75°D doğrultusunda 300km kadar devam eder. Fay Kargı civarlarında 15°'lik bir sıkışmalı büküm daha yapar ve Bolu'nun batısına kadar 250'km daha ilerler. Bolu'nun güneybatısında fay, Almacık bloğunu kuzey ve güney kısmından sınırlayacak biçimde iki ana kola ayrılmaktadır. Güneydeki ana kol, Mudurnu Vadisini takip ederek Taşkesti ye kadar 25km devam ederek buradan ~20°'lik açılmalı büküm yapmıştır. Sakarya civarlarında fay tekrar K70-60B ve K70B doğrultularındaki iki kola ayrılmıştır. Bunlardan biri Sapanca Gölü güney kıyısına, diğeri ise İznik Gölü'nün güneyinden Gemlik Körfezi'ne doğru uzanmaktadır. Gevye'nin güneybatısında bulunan Güney Kol, ana faydan ayrılır ve Yenişehir Havzası'nı sınırlamaktadır. Bu kol doğu-batı doğrultusunda Ulubat Gölü'nün doğu kıyısına kadar devam etmektedir. Ayrıca bu kol, sıçramalar ve/veya birbirine paralel olan fay parçalarından meydana gelen bir geometri göstermektedir [86]. Kuzey Kol ise Almacık bloğunu kuzeyden sınırlamaktadır. Bu kol Efteni Gölü batısında K60-80D doğrultusu elde edecek biçimde büküm yapmaktadır. Bu fayın en batısı Saros Körfezi'nden içeriye girer ve kuzey egede son bulur [57,77,63,67,68,82,83].

KAFS boyunca yapılan jeolojik çalışmalar sonucunda fay zonunun doğusunda 85±5km, batısında ise ~25±5km aralığında bir toplam atım miktarı hesaplanmıştır. Bu zon boyunca yer değiştirme doğudan batıya doğru azalmaktadır. Azalmanın sebebi olarak, ana faydan Anadolu bloğu içerisine doğru uzanarak ayrılan yan kolların görünür ötelenmeleri gösterilmiştir [16,32,63-66,69,76,80,87,88]. Çizelge

3.1’de KAFS boyunca yapılan çalışmalar sonucunda KAFS’nin yaş, atım ve jeolojik hızına ilişkin parametreler verilmiştir. Jeolojik verilerin analizleri sonucunda KAFS üzerinde kayma oranı 5-10mm/yıl veya 17 ± 2 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Güncel GPS sonuçları, günümüzde kayma oranlarının 15-25 mm/yıl aralığında olduğunu gösterir [32,58,79,80,90].

Çizelge 3.1. Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca yapılan çalışmalar ve KAFS’nin yaş, atım ve jeolojik hızına ilişkin parametreler.

Literatür	Kullanılan Veri	Toplam Yerdeğiştirme	Jeolojik Yaş	Jeolojik Hız
Ketin (1968) [58]	-	Birkaç 10 km’den fazla	Pliyosen	-
Tokay (1973) [84]	Gerede-Ilgaz arası paleotektonik birimler	60-80 km	Pliyosen	10-15 mm/yıl
Seymen (1975) [16]	Anatolid-Torid suture ofiyolitleri	85 ± 5 km	Burdigaliyen	5 mm/yıl
Bergougnan (1975) [91]	Anatolid-Torid suture ofiyolitleri	100-120 km	-	-
Tatar (1978) [87]	Erzincan havzası Miyosen çökelleri	~ 30 km	Miyosen	~ 22 mm/yıl
Şengör (1979) [63]	Anatolid-Torid suture ofiyolitleri	~ 85 km	Burdigaliyen Pliyosen	-
Barka (1981) [64]	Tokat (Kargı) Kızılırmak Nehri boyunca	26 ± 2 km	Pliyosen	~ 22 mm/yıl
Barka, Hancock (1984) [65]	Havza-Ladik havzasında	25 ± 5 km	Geç Tortoniyen Pliyosen	~ 24 mm/yıl
Dewey ve diğ. [72]	Suture kuşağı boyunca	85 ± 5 km	Geç Miyosen - Erken Pliyosen	3.9 – 8.9 mm/yıl
Şaroğlu (1988) [68]	Karlıova civarı fay zonundaki volkaniklerde	~ 7.5 km	Geç Pliyosen	-
Koçyiğit (1989) [69]	Suşehri havzası Lütetiyen yaşlı volkaniklerde	~ 35 km	-	-
Barka (1992) [70]	Suture kuşağı boyunca aynı litolojideki Paleozoyik yaşlı birimler arasında	25-45 km	Alt Pliyosen	-
Yalıtırak (2002) [92]	Gemlik Körfezi ve İznik Gölü arası ile İznik- Yenişehir zonunun toplamı olarak Geyve havzasında Sakarya Nehri üzerinde	18 km (Marmara Bölgesi Orta kolunda)	-	-
Yalıtırak (2002)	Adapazarı-Düzce arası, aleosakarya Nehri vadisinde	~ 58 km (Marmara Bölgesi Kuzey Kolunda)	-	-
Zabcı [32]	Reşadiye	-	Miyosen	18.4 +2.8/-2.5 mm/yıl

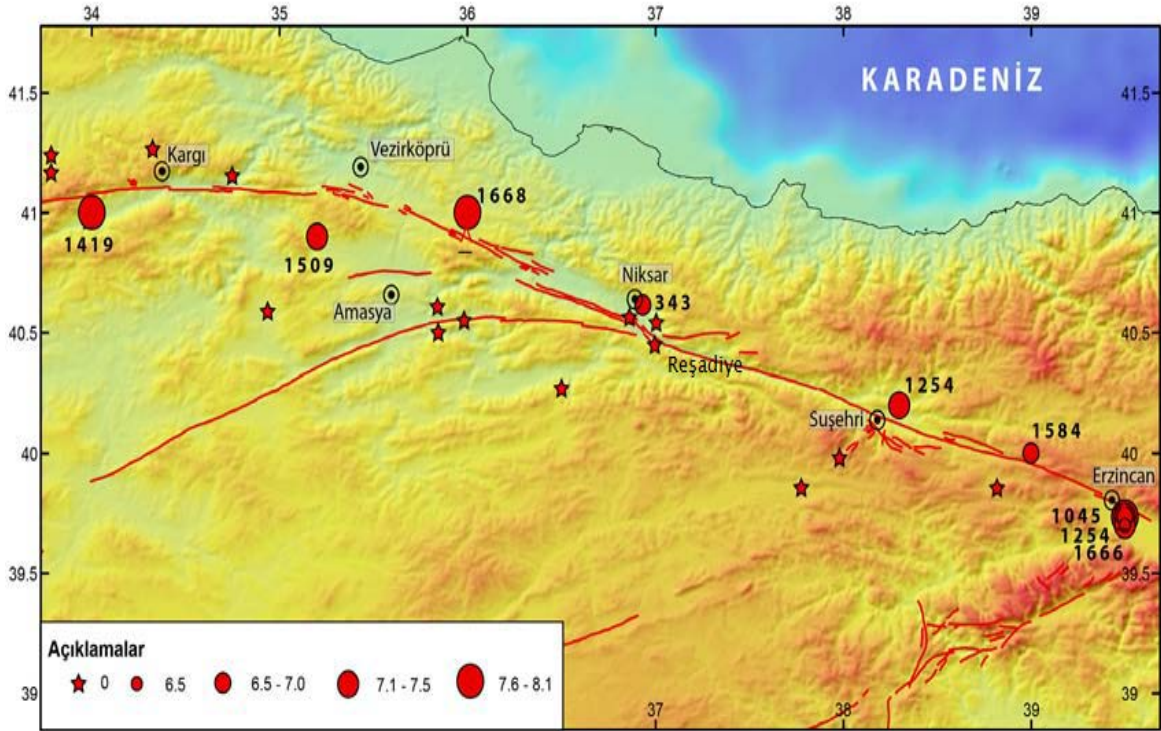
Çalışma alanındaki tektonizma, bölgede gerçekleşen jeolojik olaylar tek bir rejimin ürünü değildir ve çok evreli bir deformasyon geçmişi izleri gösterdiğinden dolayı çok karmaşıktır.

3.3. Depremsellik

3.3.1. Tarihsel Dönem Depremleri

Anadolu tarihinde birçok medeniyetlere ev sahipliği yapmıştır. Bundan dolayı bu alan içerisinde meydana gelen doğal afetlerin kayıtları eski tarihlere kadar uzanmaktadır. Afet bölgelerinde bulunan ve ticaret ile uğraşan yabancı tüccarlar ve din adamlarının bu olayları yazmış olduğu günlükleri, önemli olan tarihsel depremlerin anlaşılmasında büyük öneme sahiptir. KAFS'nin deprem tekrarlanma aralıkları ve eski depremlerin özellikleri hakkında önemli bilgiler içeren bu tip belgeler, çeşitli araştırmacılarca toplanmıştır ve çeşitli kataloglar biçiminde yayınlanmıştır [91-96].

Bu hazırlanan kataloglardan bazıları ortak bilgileri verirken, bazıları ise bu ortak bilgilerin yanında ekledikleri kayıtlar sonucunda farklı yorumlamalar yapmaktadır. Bunun gibi benzerliklerin ve farklılıkların olduğu çeşitli kataloglar, Tan ve diğ. [98]'in yaptıkları çalışmada toplanmıştır. Türdeş bir hale getirilen bu deprem kataloğunda çalışma alanımız olan Reşadiye (Tokat) ve çevresinde oluşmuş tarihsel depremler Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Reşadiye (Tokat) ve çevresinde meydana gelmiş büyüklüğü $M > 6.5$ 'dan yüksek ve büyüklükleri belli olmayan tarihsel depremlerin çeşitli kataloglardan derlenerek [96] harita üzerinde izdüşümü.

Bu depremlerden yüzey kırığı oluşturabilecek olan $M > 6.5$ büyüklüğüne sahip olanlar ve ayrıca kataloglarda büyüklüğü ile ilgili bilgi bulunmayan tarihsel depremler listelenmiştir. Çizelge 3.3' de bulunan olaylar, büyüklüklerine göre incelendiğinde, Niksar ve çevresi için büyük hasarlara neden olan MS. 343, Erzincan'da büyük yıkımlarına neden olduğu bilinen 1254, Çorum ve çevresindeki geniş alanı etkileyen 1419, merkezi Amasya ili yakınlarında olarak düşünülen 1509, Erzincan ve etrafını yıkan 1666 ve Kuzey Anadolu'nun büyük bölümünü etkileyen 1668 depremleri dikkatleri üzerine çekmektedir.

Çizelge 3.3'de listelenmiş olan eski depremlerden çalışma alanı için önemli olanlar incelendiğinde, eski olaylar içinden en önemlilerinden biri olan MS. 343 Niksar depremi karşımıza çıkmaktadır. MS. 499 yılında meydana gelen olay için kataloglardan bazıları merkezini Niksar ilçesi olarak almaktayken, bazı kataloglarda ise büyük yıkımın Suşehri ve etrafında olduğunu bildirir. MS. 1045 tarihinde Erzincan yıkıcı bir depremle meydana gelir. Farklı kataloglarda MS. 1254 yılında Suşehri ve Erzincan'da olan depremlerden bahsedilmektedir. Amasya ve çevresi 1419, Gümüşhacıköy ve çevresi 1509 yıllarında şiddetli depremlerle

sarsılır. 1579 depreminin Çorum- Amasya merkezli olduğu düşünülmektedir. Bu depremin yıkımının Erzincan'a kadar devam ettiği ile ilgili bilgiler kataloglarda bulunmaktadır. 1666 yılında Erzincan'da meydana gelmiştir. Bu bölge dışında herhangi bir yerde bu depremin yıkım ve hasar verdiği konusunda bilgi bulunmamaktadır. KAFS üzerinde kayıtlı büyük hasarlara yol açan tarihsel depremlerden birisi 17 Ağustos 1668 Kuzey Anadolu Depremi'dir. Bu deprem sonucunda meydana gelen yüzey kırığı uzunluğu, oluşturduğu yıkım dikkate alındığında 400 km'den fazla olabileceği belirtilmiştir. Belirtilen bu öneme sahip tarihsel depremler aşağıda açıklanmıştır.

Çizelge 3.2. Tan ve diğ. [96] 'ne göre Reşadiye (Tokat) ve çevresinde meydana gelmiş tarihsel depremler ($M \geq 6.5$ veya büyüklüğü belirlenmemişler). (Referans açıklamaları için adı geçen kaynaklar; HS [95], AJ [97], EG [94], ST [98], EG2 [91], KU [99])

Yıl	Yerleşim	Enlem	Boylam	Büyüklük	Büyüklük Türü	Derinlik	Kaynak
-330	Niksar	40.6	37.0	-	-	-	HS
127	Niksar	40.6	37.0	-	-	-	HS
236	Ladik	40.9	36.0	-	-	-	AJ
330	Niksar	40.6	37.0	-	-	-	HS
335	Niksar	40.6	37.0	-	-	-	HS
343	Niksar	40.61	36.93	6.90	M*	-	EG
366	Niksar	40.6	37.0	-	-	-	HS
499	Niksar	40.5	37.0	-	-	-	AJ
506	Niksar	40.6	36.9	-	-	-	HS
551	Amasya	40.55	35.85	-	-	-	HS
802	Erzincan	39.7	39.5	6.50	Ms	15	ST
968	Kargı	41.15	34.75	-	-	-	HS
1011	Erzincan	39.7	39.5	6.50	Ms	15	ST
1045	Erzincan	39.73	39.5	8.10	M*	-	EG2
1045	Suşehri	40.0	38.0	-	-	-	AJ
1047	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1068	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1075	Çorum	40.6	34.95	-	-	-	HS
1236	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1254	Suşehri	40.2	38.3	7.20	Ms	15	ST
1254	Erzincan	39.73	39.5	7.50	M*	-	EG2
1268	Otlukbeli	39.8	40.4	7.30	-	25	KU
1281	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1287	Erzincan	39.73	39.5	6.90	M*	-	EG2
1289	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1290	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1345	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS

1356	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1366	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1415	Amasya	40.65	35.85	-	-	-	HS
1419	Tokat	41.0	34.0	7.60	Mw	25	KU
1419	Erzincan	39.73	39.5	6.60	M*	-	EG2
1422	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1433	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1456	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1457	Otlukbeli	39.9	40.4	7.60	-	25	ST
1481	Otlukbeli	39.9	40.4	7.80	-	17	KU
1482	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1509	GümüşhK	40.9	35.2	7.50	Mw	40	KU
1513	Amasya	40.65	35.85	-	-	-	HS
1576	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1583	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1584	Refahiye	40.0	39.0	6.60	Ms	15	ST
1585	Amasya	40.65	35.85	-	-	-	HS
1666	Erzincan	39.7	39.5	7.50	Ms	10	ST
1668	Anadolu	41.0	36.0	8.10	Mw	40	KU
1684	Amasya	40.65	35.85	-	-	-	HS
1784	Yedisu	39.3	40.3	7.00	-	15	ST
1787	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1870	Amasya	40.65	35.85	-	-	-	HS
1877	Amasya	40.6	36.0	-	-	-	HS
1882	Tosya	41.0	34.0	-	-	-	HS
1885	Kargı	41.3	34.3	-	-	-	HS
1887	Tokat	40.3	36.5	-	-	-	HS
1888	Erzincan	39.75	39.5	-	-	-	HS
1890	Refahiye	39.9	38.8	-	-	-	HS
1890	Niksar	40.6	36.9	-	-	-	HS
1893	Zara	39.85	37.7	-	-	-	HS

MS.343 Niksar Depremi

Tarihsel kayıtlarda Jerome'un Niksar (Neocaesarea)'da meydana gelen büyük bir deprem sonucunda şehrin, kilise ve içerisinde yer alanlar dışında herşeyin zarar gördüğünü söylediği yer almaktadır (Çizelge 3.3). Theophanes'in notlarından, Niksar'ın tamamını yıkmış olan bu depremin MS. 343 yılında olduğu anlaşılmaktadır. Aynı kaynakta kilise, piskoposluk sarayı ve içindekiler hariç bütün şehrin zarar gördüğü belirtilmiştir. Şehir denizden yaklaşık 65 km uzaklıkta bulunmasına rağmen, Cenderus yukarıda bilgisi verilen yerler haricinde her yerin sular altında kaldığından bahsetmektedir. Büyük olasılıkla depremden sonra meydana gelen bir sel olayı sonrasında bu yorum yapılmıştır.

Çizelge 3.3. MS. 343 Niksar depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik(M)
Guidoboni ve diğ., 1994	MS. 343	Niksar (Neocaesarea)	$IX \leq I \leq XI$	-
Ergin ve diğ., 1967	MS. 343	Niksar	VI	-

MS. 499 Suşehri Depremi

MS. 499 yılında, Suşehri ve Niksar etrafını etkileyen bir deprem meydana gelmiştir (Çizelge 3.4). Suşehri (Nicopolis) meydana gelen bu depremden sonra harabe haline gelmiştir. İki gezginin notlarından elde edilen bilgilere göre, deprem gece yarısında gerçekleşmiş ve halk kiliseye sığınmıştır. Ancak muhtemel artçı şok etkisiyle kilise halkın üzerine yıkılmış ve çok sayıda kişi hayatını kaybetmiştir. Deprem Pontus topraklarında hissedilmesine rağmen Niksar'da büyük zarara uğramıştır. Theophanes'in kayıtlarından Aziz Gregory Kilisesi hariç şehrin tamamının yıkıldığı anlaşılmaktadır. Hem Suşehri'nin hem de Niksar'ın büyük hasara uğraması, bu depremin Niksar ve Erzincan'ın batısı arasında bir yüzey kırığı oluşturma ihtimalini akıllara getirir. Kelkit Vadisi boyunca kırılma gerçekleşmiş ve bu bölgedeki, devrin iki önemli şehrinin aynı 20. yy'da, 1939 Erzincan depremi sonrasında olduğu gibi bir hasar görmüştür.

Çizelge 3.4. MS. 499 Suşehri depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Guidoboni ve diğ., 1994	MS. 499, Eylül	Suşehri (Nicopolis), Arsamosata, Niksar (Neocaesarea)	IX-X	-
Ergin ve diğ., 1967	MS. 499	Niksar ve Suşehri	VIII	-
Ambraseys ve Jackson, 1998	MS. 499, Eylül	Niksar	-	$6.0 \leq M_s \leq 7.0$

MS. 1045 Erzincan Depremi

1045 yılında, günümüzdeki Erzincan (Erznka) ili ve etrafında şiddetli bir deprem olmuştur. Suşehri ve Tercan arasındaki bu bölgede etkili olan deprem sonucunda en çok hasar Erzincan'da gözlenmiştir (Çizelge 3.5). Urfalı Matthew, bu büyük deprem ardından bütün yaz boyunca artçı depremlerin devam ettiğini bildirmiştir [93]. Suriyeli Michael'in notlarından bu depremin 5 Nisan 1045' tarihinde meydana geldiği anlaşılmaktadır [99].

Çizelge 3.5. MS. 1045 Erzincan depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik
Guidoboni ve Comastri, 2005	MS. 1045, Yaz	Erzincan (Erznka)	IX	-
Ambraseys ve Jackson, 1998	5 Nisan 1045	Erzincan	-	$7.0 \leq M_s \leq 7.8$
Ergin ve diğ., 1967	MS. 1045	Erzincan	IX	-

11 Ekim 1254 Erzincan- Suşehri Depremi

11 Ekim 1254 yılında Erzincan'dan Niksar'a kadar uzanan bir alan şiddetli bir deprem ile hasar görmüştür. Erzincan'ın batısına doğru, Kelkit Vadisi boyunca yüzey kırığı ile bununla ilişkili heyelanlar oluşmuştur. Bu heyelanların birisi tarafından bir akarsu ağzının kapanmasıyla Köseadağ yakınında bir gölün meydana geldiği bilinir. Rubruck'lu William'ın bölgeden geçerken aldığı notlar, bu alanda meydana gelen depremin çevreye verdiği etkisi hakkındaki birincil kaynağı oluşturmaktadır. Bu notlardan yıkımın Sivas'a kadar ilerlemediği anlaşılmaktadır. Tarihsel bilgiler ışığında yapılan bir yorum, Erzincan'dan başlayıp batıya doğru devam eden yüzey kırığının yaklaşık 150 km uzunluğa sahip olması gerektiğidir. Bu yaklaşım sonucunda deprem merkezi Suşehri civarındadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. 11 Ekim 1254 Erzincan-Suşehri depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Comastri, 2005	11 Ekim 1254	Erzincan (Erznka)	X	-
Ambraseys ve Jackson, 1998; Ambraseys ve Jackson, 1998	11 Ekim 1254	Suşehri	-	$7.0 \leq M_s \leq 7.8$
Ergin ve diğ., 1967	1254	Erzincan	VIII	-

5 Mart 1419(1418) Amasya Depremi

1418-1419 yılları arasında Amasya ve çevresinde geniş bir alanda ciddi bir yıkıma sebep olan bir deprem oluşmuştur. Yıkımı ve yüzey kırığı hakkında fazla bilgi bulunmayan bu deprem, Kondorskaya ve Ulomov [99]'nun kataloğunda büyüklüğü 7.6 gibi yüksek bir değerde yer almaktadır (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. 1419 Amasya-Erzincan depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Kondorskaya ve Ulomov, 1999	Mart 1419	Tosya	-	7.6

1509 Amasya Depremi

Kondorskaya ve Ulomov [99]'a göre Amasya civarında meydana gelmiş ve depremin büyüklüğü 7.5'dir. Diğer tarihsel deprem kataloglarında bu depremle alakalı herhangi bir bilgiye ulaşılamamaktadır.

1579 Amasya-Çorum Depremi

Anadolu'nun kuzeyinde oluşan bu deprem, Amasya-Çorum arasında ve muhtemel Erzincan bölgesine kadar büyük hasara neden olmuştur (Çizelge 3.8). Çorum il merkezi ve bağlı köylerdeki yapılar büyük hasar görmüştür. Amasya'daki medresenin ve Hızır Paşa camisinin de bu deprem sonucunda zarar gördüğü bildirilir. Bir Ermeni el yazmasında, 1578/1579 yıllarında Erzincan'da yapıların

yıkıldığı ve can kayıplarının yaşandığı bilgisi, hasarın bu bölgeye kadar uzandığını göstermektedir [91].

Çizelge 3.8. 1579 Amasya-Çorum depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Ambraseys ve Finkel, 1995	1579	Amasya-Çorum	-	-
Ergin ve diğ., 1967	1578	Erzincan	VII	-

24 Kasım 1666 Erzincan Depremi

Bu depremin etkisi sadece Erzincan'da hissedilmiştir. Erzincan'daki cami, kilise, birçok ev ve kent duvarlarının yıkılmasına veya hasar almasına sebep olmuştur. Ergin ve diğ. [92], depremin Erzincan'dan başka bir yerde herhangi bir hasara yol açtığından bahsetmez (Çizelge 3.9). Bu tarihten iki sene sonra, 1668 yılında gerçekleşen büyük bir alanı etkileyen Kuzey Anadolu depremi meydana gelmiştir. Bu depremin etkisiyle 1666 depremi unutulmuş ya da bu olay ile karıştırılmış olabilir.

Çizelge 3.9. 24 Kasım 1666 Erzincan depremi

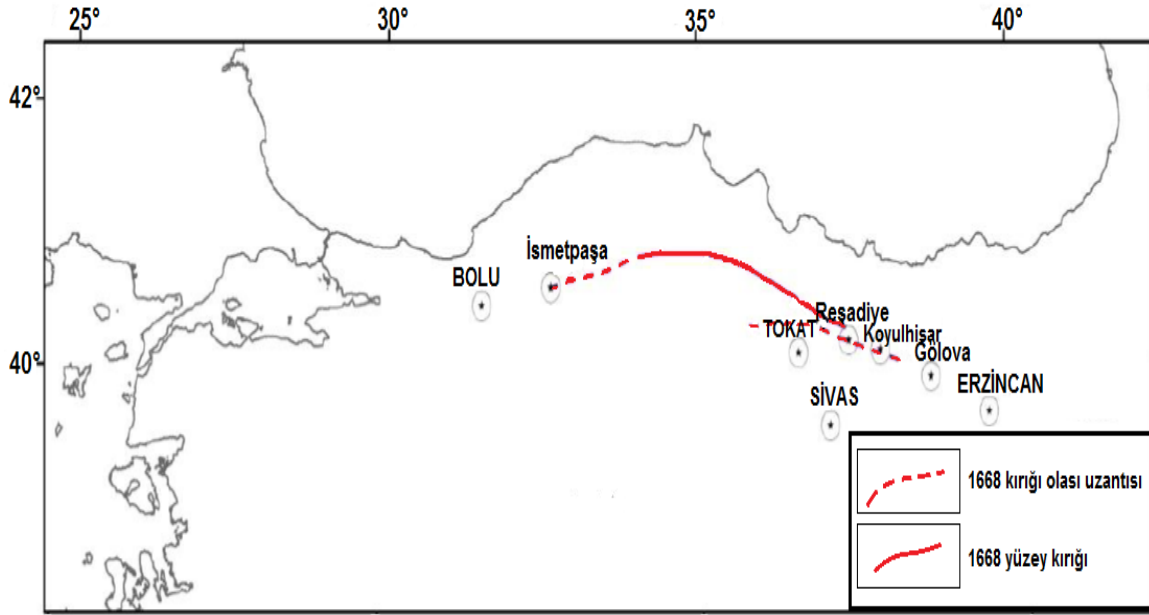
Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Ambraseys ve Finkel, 1995	24 Kasım 1666	Erzincan	-	-
Shebalin ve Tatevossian, 1997	1666	Erzincan	-	7.5
Ergin ve diğ., 1967	Temmuz 1666	Erzincan	VII	-

17 Ağustos 1668 Kuzey Anadolu Depremi

16-18 Ağustos 1668 yılları arasında Kuzey Anadolu'nun büyük bölümünü etkisi altına alan büyük bir deprem oluşmuştur. Bu deprem, Bolu ve Erzincan arasındaki 600 km uzunluğuna ve 100km genişliğine sahip bir alan içerisinde etkisini göstermiş ve bu alanda ağır hasara neden olmuştur (Çizelge 3.10). Büyük episantr alanı ve yüzey kırığı uzunluğu büyük depremin işaretidir. Deprem öncesinde batı bölgelerde öncü şoklar yaşanmıştır, deprem sonrasındaki 6 ayda ise artçı şoklar etkisini göstermeye devam etmiştir.

Bu büyük deprem sonrasında meydana gelen hasar çeşitli tarihsel belgelerin yorumlanması sonucunda ortaya konmaktadır. Bolu kenti tamamen yıkılmıştır. Ankara'da oluşan kütle hareketleri sonucunda evler yıkılmıştır. Kentin kuzeydoğu kesimi büyük hasar görmüştür. Bu depremin nerdeyse yok ettiği yerler arasında Çorum, Amasya ve çevre köyler yer almaktadır. Zara ve Ilgaz'ın etrafı büyük ölçekli yer deformasyonları sonucunda yıkıma uğramıştır. Tokat ili, Merzifon ve Hisarcık da depremden kötü etkilenmiştir. Samsun'da liman savunma binaları ile kale hasar görürken, Kastamonu'da birçok hane yıkılmıştır. Ayrıntılı olarak bilinmemesine rağmen Erzincan ilinin de hasar gördüğü bazı kaynaklar yer almaktadır.

Hasar ve etkilenen alanlar incelendiğinde bu depremin KAFS'nin dış büyük büküm yapan orta kesimi ve güneyindeki ana faydan ayrılmış olan kollarda meydana geldiği düşünülmektedir. Tarihsel kayıtlar incelendiğinde bu deprem için yüzey kırığı Bolu doğusu ve Koyulhisar (Sivas) arasında uzanır ve yaklaşık 400km civarındadır (Şekil 3.4) [61,91,97].



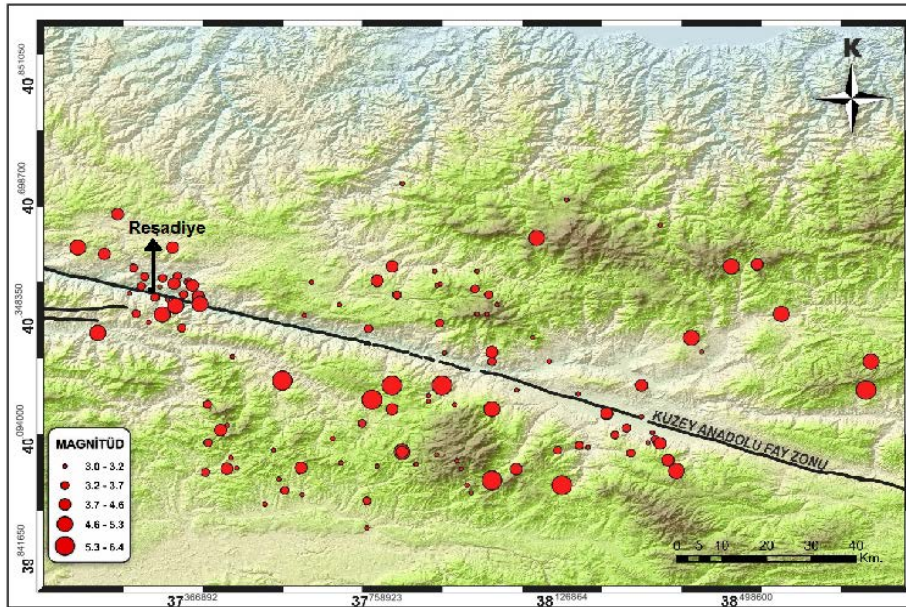
Şekil 3.4. 17 Ağustos 1668 depreminin yaratmış olduğu yüzey kırığı [61]. (Koyu çizgi yüzey kırığını, kesikli çizgiler ise kırığın batı ve doğuya doğru olası uzantılarını gösterir)

Çizelge 3.10. 17 Ağustos 1668 Kuzey Anadolu depremi

Katalog	Tarih	Yer	Şiddet (I)	Büyüklik (M)
Ambraseys ve Jackson, 1998	17 Ağustos 1668	Amasya	-	7.9
Kondorskaya ve Ulomov, 1999	17 Ağustos 1668	Amasya	-	8.1
Ergin ve diğ., 1967	1668	Bolu- Kastamonu- Amasya	VII	-

3.3.2. Aletsel Dönem Depremleri

Türkiye’de aletsel dönem deprem kayıtları, 1900’lü yıllardan sonra deprem istasyonlarının kurulması ile başlamaktadır. Çalışma alanı KAFS üzerinde bulunur. KAFS, Anadolu’da hem tarihsel hem de aletsel dönemde birçok deprem üretmiş ve üretme potansiyeli yüksek olan bir aktif tektonik yapıdır. Bu özelliğinden dolayı son yüzyılda fay sistemi üzerindeki çalışma alanı ve yakın çevresinde büyüklükleri değişen çok sayıda deprem kaydedilmiştir [96,100]. Çalışma alanı ve çevresine ait Kandilli Rasathanesi ve AFAD verileri derlenerek aletsel dönemde meydana gelen depremler Şekil 3.5’de sunulmuştur. Çalışma alanımızda aletsel dönemde büyük yıkıma neden olmuş 2 önemli deprem meydana gelmiştir.



Şekil 3.5. Çalışma alanı çevresinde 1900-2018 yılları arasında meydana gelen 3 ve üzeri büyüklükteki depremler (Kandilli Rasathanesi ve AFAD verilerinden üretilmiştir).

Çalışma alanımız için yıkıcı etkiye sahip olan iki önemli depremlerden biri 24 Ocak 1916 Tokat depremidir. Bu depremin büyüklüğü Ms:7.1'dir. Bu depremin hem tarihsel dönem kayıtları içinde hem de büyüklüğünün fazla olmasına rağmen makrosismik etkileri kesin olarak bilinmemektedir. Bu deprem hakkında bilinen tek kesin bilgi ise dünyadaki bütün sismoloji istasyonları tarafından kaydedilmiş ve meydana geldiği yer konusunda tartışma yaratmıştır [101].

26 Aralık 1939'da meydana gelmiş Erzincan Depremi (Ms 7.8) sonrasında Erzincan havzasından başlayarak, Reşadiye'yi de içine alarak Amasya'nın güneyine kadar toplam 360 km uzunluğuna sahip yüzey kırığını meydana getirmiştir [96,101] (Şekil 8). Bu deprem Erzincan ilinin 10 km kuzeybatısında (39.80°K, 39.38°D) meydana gelmektedir [103]. Bu depremden elde edilen mekanizma çözümü, saf sağ yanal doğrultu atımlı bir faylanma olarak verilmektedir [74]. Deprem Erzincan'dan başlayarak Kelkit Nehri boyunca birçok yerleşim alanını etkilemiştir. Reşadiye ilçesi ve köyleri de etkilenen yerler arasındadır. Depremin etkisiyle Reşadiye ve köyleri yerle bir olmuştur.

4. TRAVERTEN TANIMI, OLUŞUM KOŞULLARI, SINIFLANDIRILMASI, YAŞLANDIRMA VE TEKTONİK İLİŞKİSİ

4.1. Traverten Sözcüğünün Kökeni, Tanımı ve Oluşumu

Çalışmada önemli bir yere sahip olan traverten teriminin kökeni İtalyancadan gelmektedir. Romanın doğu kısmındaki, yerleşim yeri olan Tivoli (Tibur) kasabasından gelir ve eskiden Lapis Tiburtinus (Tibur taşı) olarak isimlendirilmiştir. Latince’ de Lapis tiburtinus olan ismi zamanla değişime uğrayarak Tivertino’ya dönüşmüştür. Tivertino kelimesi İtalyanca da travertino olarak kalmıştır. Türkçe de Traverten olarak yerleşmiştir.

Traverten ifadesi için bu konuda çalışan araştırmacılar, birbirine yakın ifadeler kullanmışlardır. Bates ve Jackson [104], travertenleri kalsiyum karbonatça zengin yeraltı ve yerüstü suların çabucak kimyasal olarak birikmesiyle meydana gelen, genellikle konsantrik veya lifsi yapıya sahip beyaz, sarımsı beyaz, gri ve kahverengi renklerde, masif ve iyi kristalleşmiş kırıntı taşları biçiminde tanımlamışlardır. Julia [105], traverten tanımını, bataklık, ufak nehirler, karstik ya da hidrotermal kaynaklar, genelde biyokimyasal ya da çimento çökelişi biçiminde meydana gelmiş kalsiyum karbonat birikimleri biçiminde yapmıştır. Chafetz ve Folk [35], termal sulardan inorganik veya organik aşamalar sonucu çökelen tatlı su karbonatları biçiminde bir tanımlama yapmışlardır. Genel olarak bakıldığında traverten, karstik ve sıcak su kaynakları etrafında, ufak nehir ve bataklıkta meydana gelebilen, çimentolanma ya da biyokimyasal yollarla çökelen sıkı dokuya sahip kalsiyum karbonat (CaCO_3) yığılımlarıdır. Travertenler karasal ortamlarda meydana gelen karbonatlı kayaç grubuna dahillerdir. İçeriğindeki demir bileşikleri ya da birtakım organik maddeler nedeniyle farklı renklerde ve lamine bir yapı kazanmaktadırlar. Travertenler, kalsiyum bikarbonat yönünden zengin olan sıcak kaynak suları tarafında meydana gelmektedirler. Bu tip suların içinden geçtiği ortamlarda gözenekli ve hafif taşlar oluşur. Bu taşların fazlaca delikli, hafif ve yüksek oranlarda organik maddeler ihtiva edenlerine kalker tüfü (tufa), boşluğunun az olduğu ve diğerine göre yoğun olanları ise traverten şeklinde tanımlanır. Değişik kaynaklarda traverten ve tufanın aynı anlamda kullanılmasına karşın birbirinden hem yapı olarak hem de oluşum koşulları bakımında oldukça farklıdırlar. Traverten, oldukça sert ve sıkı dokulu bir yapıdadır. Tufalar az miktarlarda Mg – CO_3 içeren soğuk tatlı sular tarafından meydana gelmektedir ve

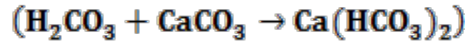
özellikle içeriğinde makro ve mikro boyutlarda hayvan ve bitki kalıntıları ile bakteri bulunan karbonat çökelimleri şeklinde tanımlanır. Travertenleri oluşturan suların tekrar soğumaları ile bazı zamanlarda traverten dokuları değişerek tufa dokularına geçmektedirler. Travertenler sıkı dokulu olmaları ve laminalı ve tabakalı bir doku özelliği sunarlar, tufalar ise bunun tam tersi olarak süngerimsi dokuda, bol gözenekli ve gevşek bir yapı göstermektedirler.

4.2. Traverten Oluşum Koşulları

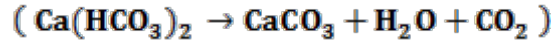
Travertenlerde birincil mineral kalsit olmasına karşın ara sıra kil, kuvars, opal ve aragonit mineralleri de bulunur. Travertenler biyokimyasal ve/veya kimyasal olmak üzere iki şekilde oluşmaktadır. Kimyasal çökelim, yüzeyde veya yeraltında bulunan suların, atmosfer koşullarından etkilenmesi veya etrafında bulunan kayaç topluluklarıyla etkileşime girmesi yoluyla içeriğine CO₂ (karbondioksit) gazı alarak, karbonik asitçe zenginleşmesi durumudur.



Karbonik asit ile zenginleşen sular yer altı döngüsü sırasında CaCO₃ içerikli kayaçlar ile etkileşimde bulunarak kalsiyum bikarbonat yönünden oldukça yoğun bir orana sahip olurlar.



Farklı şekillerde, fay ve çatlak sistemleri gibi tektonik süreksizlik düzlemleri aracılığıyla yüzeye çıkan kalsiyum bikarbonatça zengin suların üzerindeki basıncın düşmesi ve içindeki karbondioksit ile atmosferde bulunan karbondioksitin dengede olmayışı gibi nedenlerden dolayı atmosferdeki ve sular içindeki karbondioksit arasındaki oran sabitleninceye kadar su içerisindeki karbondioksit atılır. Sonuç olarak CO₂'nin ayrılması ile bikarbonat bileşimi ayrılır ve traverten birikimlerini oluştur. Bu mekanizmanın tekrarlanması sonucunda traverten birikimleri birbiri üstüne çökerek ardalanmalı bir istif oluşturur. İçeriğinde kalsit ve aragonit bulunan travertenler sedimanter kayaç kapsamındadırlar. Travertenler içerisinde kalsiyum (Ca⁺⁺) ve karbonat (CO₃⁻) ya da kalsiyum bikarbonat (Ca(HCO₃)₂) bulunan sızıntı şeklinde veya kaynak suları tarafından çatlaklarda, kırıklarda, mağaralarda ya da yüzeyde CO₂ basıncının düşmesiyle ilişkili bir şekilde çabucak çökerek meydana gelen genelde iri gözeneklere sahip, ince taneli ve bantlı yapı sunan kalsiyum karbonat (CaCO₃) bileşimine sahip birikimlerdir.



Travertenlerin oluşumunu fiziksel (akış şekli, sıcaklık ve buharlaşma), kimyasal (CO₂ kaybı hızı, su içindeki farklı iyon varlığı ve su içindeki CO₂ miktarı) ve biyolojik (Bitkisel aktivite) parametreler gibi faktörlerin kontrol ettiği bilinmektedir [105]. Bu parametreler traverten oluşum mekanizmasında beraber bulunabilir ya da bazılarının ana etken olarak görev aldığı geriye kalanlarının ise yardımcı olarak görev alarak traverten oluşumunda büyük önemleri vardır.

Travertenler üç farklı biçimde birikim oluştururlar;

- 1- Kalsiyum karbonat (CaCO₃) içeriği bakımından zengin olan akışkanların sıcaklık etkisi sonucu direk olarak buharlaşması,
- 2- Atmosferdeki kısmi karbondioksit basıncının yüksek olmasından dolayı akışkanlardaki CO₂ gazının ayrılarak atmosfere karışması ve kalsiyum bikarbonat bakımından zengin hale gelmesi ile travertenler meydana gelebilir,
- 3- Organik malzemelerin yer aldığı alanlarda kısa zamanlarda pH değerindeki farklılıktan dolayı CaCO₃ birikimi olabilmektedir.

Bütün bu tanımlar sonucunda, travertenlerin sıcak veya soğuk yeraltı su dolaşım sistemleri ile oldukça önemli bir ilişki içinde olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Herhangi bir alan içerisindeki yer altı suyunun dolaşım döngüsü sırasında içeriğinde fazlaca bulunan karbondioksit yardımıyla içlerinde geçtiği kayalarda oluşan kimyasal tepkimelerle bu kayalardan çözünen karbonat bakımından zengin olan mineralleri içeriğine almaktadır. Bu gibi yer altı sularının yer aldığı alanlarda bulunan çatlak ve kırık sistemleri ile fay zonları gibi süreksizlik düzlemler boyunca ve basıncın yardımı sonucu yüzeye hareket ederler ve atmosfer ile bağlantı kurarlar ve bunun sonucunda içeriğindeki karbondioksiti atmosfere bırakırlar. Geride kalan karbonatlı solüsyonda bulunan karbonat mineralleri çökerek birikime başlar ve travertenler meydana gelmektedirler.

4.3. Travertenlerin Sınıflandırılması

Chafetz ve Folk [35], travertenlerin organik ve inorganik işlemler sonucu oluştuğunu ve bu işlemler sonrasında meydana gelen ürünün çok farklı etkilere bağlı olduğunu söylemişlerdir.

Travertenlerin anlık litoloji farklılıkları göstermelerinden dolayı belirli bir stratigrafik birimlere ayırmada zorluk çekilebilmektedir. Çeşitli araştırmacılar çalışmalarında bitki içeriği, morfoloji, gözeneklilik gibi farklı değişkenlerle travertenleri sınıflandırmışlardır [8-9,35,107-109].

Travertenleri sınıflandırmada en kullanışlı yöntem morfolojidir. Farklı çevrelerde oluşan travertenler ile eski (aktif olmayan) ve güncel (aktif) traverten oluşumlarını sınıflandırmada oldukça ideal bir yöntemdir. Morfoloji, traverten oluşum ortamını kontrol eder [35]. Bundan dolayı organik veya inorganik olarak çökelme morfoloji kontrolünde gerçekleşmektedir. Bun sınıflandırmalar içerisinde sıklıkla kullanılanları makroskopik ölçekte litofasiyes, depolanma ve fasiyes ve morfolojik özelliklerine göre yapılan sınıflandırmalardır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Travertenlerin makroskopik ölçekteki yaygın sınıflandırılmaları

Litotip Özelliklerine Göre [112]	Depolanma ve Fasiyes Özelliklerine Göre [112]	Morfolojik Özelliklerine Göre [35-38]
1. Kristalin kabuk 2. Çalı 3. Pizoid 4. Zarflı gaz kabarcıkları 5. Sal 6. Kamış 7. Litoklast 8. Paleotoprak	1. Yamaç depolanma sistemi a. Teraslı yamac fasiyesi b. Düz yamaç fasiyesi c. Şelale fasiyesi 2. Çöküntü depolanma sistemi a. Çalı düzlüğü fasiyesi b. Bataklık-havuz fasiyesi 3. Tümsek depolanma sistemi a. Kamış tümseği fasiyesi 4. Sırt depolanma ortamı 5. Kanal depolanma ortamı	1. Fay önü 2. Koni 3. Teras 4. Kendiliğinden oluşan kanal 5. Göl çökelleri 6. Şelale 7. Aşınmış tabaka 8. Çatlak sırtı

4.3.1. Morfolojik Görünümlerine Göre Travertenlerin Sınıflandırılması

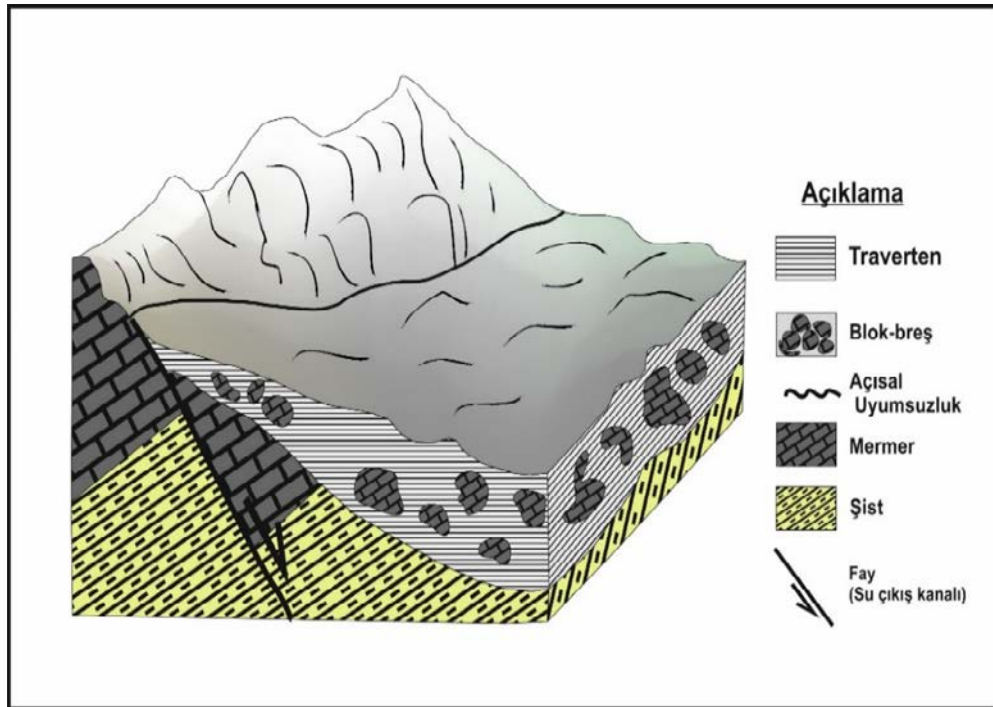
Travertenlerin oluşumunda topoğrafya etkisi büyük bir önem taşımaktadır. Çok fazla eğime sahip alanlarda CO₂ gazının kaybı çok fazla olacaktır ancak buna rağmen yeryüzüne çıkan su daha fazla mesafeler boyunca taşınacağı için ise az miktarda CaCO₃ çökelişi görülecektir. Bu durumun tersi olarak da düz veya eğimi oldukça az olan alanlarda traverten birikimi yüksek olmaktadır [1]. Travertenler

eskiden, litolojik, morfoloji, içerisindeki bitkiler ve fiziksel özellikler gibi çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmıştır.

Çökeltme tipi bakımından travertenler; mağara, tabaka ve damar tipleri şeklinde 3 sınıfta toplanmışlardır. Buna rağmen birçok araştırmacının kullandığı sınıflandırma şeklindeyse travertenler; teras tipi travertenler, çatlak sırtı tipi travertenler, koni (dom) tipi travertenler, tabaka tipi travertenler, sıg göl dolgusu tipi travertenler, fay önü travertenleri, kanal travertenleri ve son olarak da mağara travertenleri gibi sekiz sınıfa ayırarak çalışmalarını yapmışlardır [9,35,40,106].

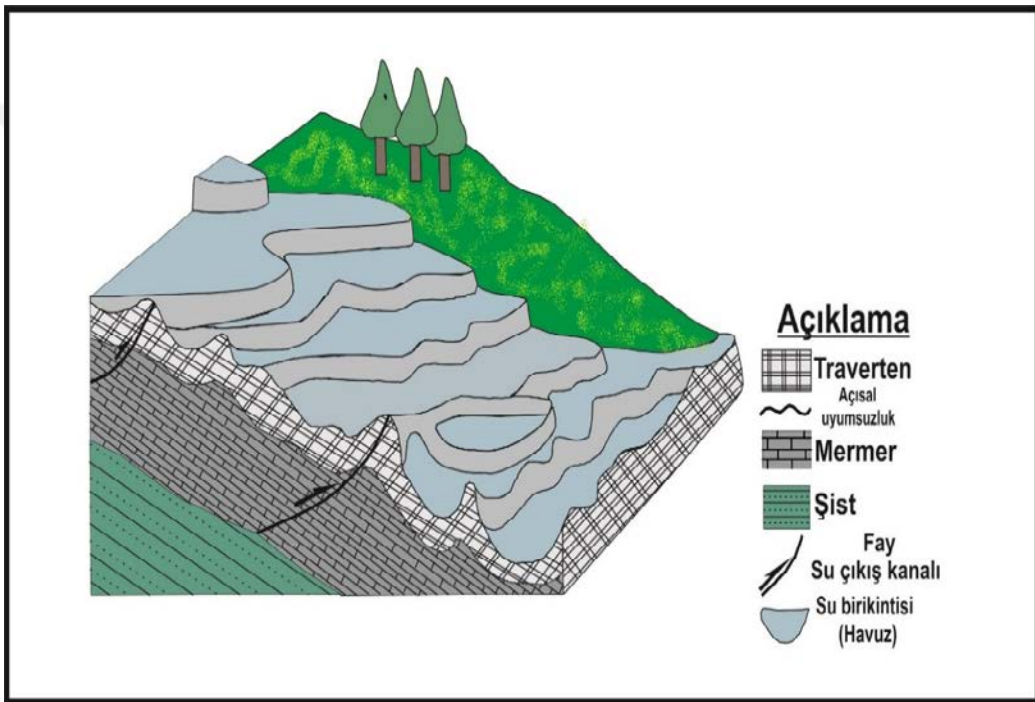
4.3.1.1. Fay Önü Travertenleri

Aktif fay hatlarında, düşme gösteren blokta gelişim gösteren masif, iri bantlanma şekilli ve fay breşi içeriğine sahip traverten tipine fay önü travertenleri denilmektedir (Şekil 4.1). Breşik malzemeler şişt, kireçtaşı, mermer ve traverten gibi oldukça farklı bileşenlerden oluşabilmektedir. CaCO_3 bakımından zengin yer altı suları farklı materyallerden oluşabilen breşler arasından geçerken buralarda kalsiyum karbonatı biriktirir. Böylece genel olarak makro ölçekte olan oluşumlarda mikritik, mikro ölçekteki oluşumlarda ise sparitik dokuya sahip traverten birikimleri meydana gelir.



Şekil 4.1. Fay önü tipindeki travertenlerin blok diyagramda gösterimi (Ayaz [40]'dan değiştirilerek).

çökme gösterdikleri travertenlerdir ve oluşan tabakalar arasında bir yükselti farkı gözlenmektedir (Şekil 4.3). Teraslı tümsekler oldukça büyük olan eğimli yelpazelerin devam ettiği ve hemen yanındaki vadi tabanındaki düz kısımlarda meydana gelmektedir. Tabakalar ilk başta yatay bir konumdayken zaman geçtikçe dike yakın bir duruma geçmekte ve en sonunda ise tekrar yatay bir konuma geçmektedir [40,105]. Bu şekildeki travertenler, ilk başta, eğimi oldukça düşük alanlar üzerinde akan akışkanların, tabanda bulunan çakıl, tümsek gibi engellerle karşılaşması anında akış hızının düşmesi ile havuz şekline benzer su birikintileri meydana getirirler.

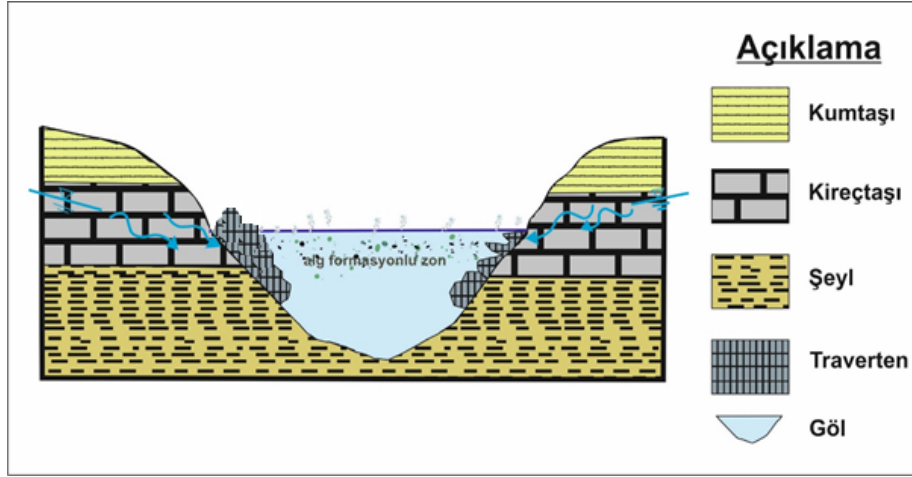


Şekil 4.3. Teras tipi traverten morfolojisi ve bu alanlarda oluşan havuz yapılarının ölçeksiz blok diyagramdaki görünümü ([40]'dan değiştirilerek).

Türkiye'de en iyi bilinen örneği Pamukkale'de gözlenen bu tip travertenlerin doğal güzelliği ve turistik çekiciliği dışında jeolojik ve tektonik açıdan herhangi bir önemi pek yoktur. Tipik örneklerindeki doğal beyazlığın temelinde, sıcak suyun, koyu renkli okside olan çözülmüş mineral veya element içermemesi, çevresel ve atmosfer kirliliğinin olmaması yatar.

4.3.1.4. Kendiliğinden Oluşan Kanal Tipi Travertenler

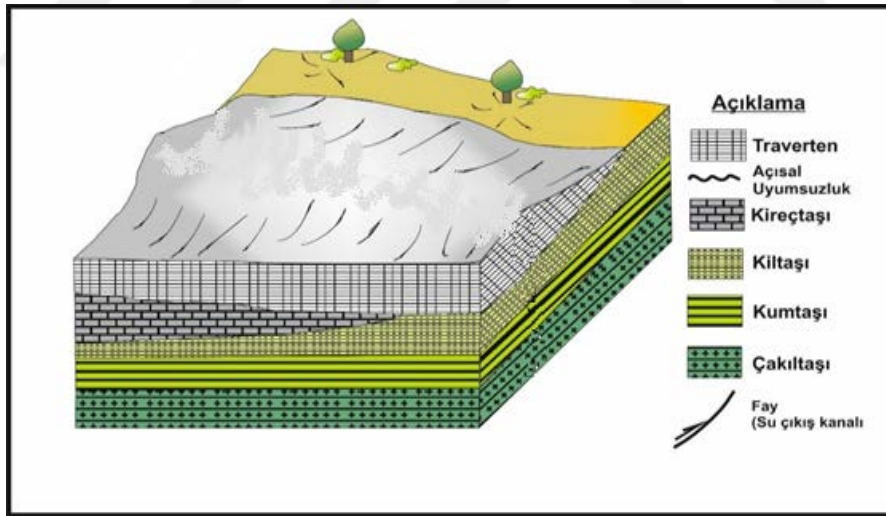
Kendiliğinden meydana gelen Kanal tipi travertenleri ilk defa Altunel ve Hancock [8] tarafından tanımlanmıştır. Bu şekildeki oluşumlar bir kanal ya da hendekler



Şekil 4.5. Sığ göl dolgusu tipi travertenin gösterimi.

4.3.1.6. Aşınmış Traverten Tabakaları

Altunel ve Hancock [8] ilk kez bu tipteki travertenler üzerinde çalışma yaparak tanımlamışlardır. Bu tipteki travertenler bulunduğu alanlarda yüzeyleyen travertenler ile doğrudan bir ilişkisi içerisinde değildirler. Diğer traverten şekillerinin aşınmaları sonrasında meydana gelmişlerdir. Bu traverten tipleri genelde traverten sahası içerisindeki en yaşlı travertenler olarak kabul görürler (Şekil 4.6).

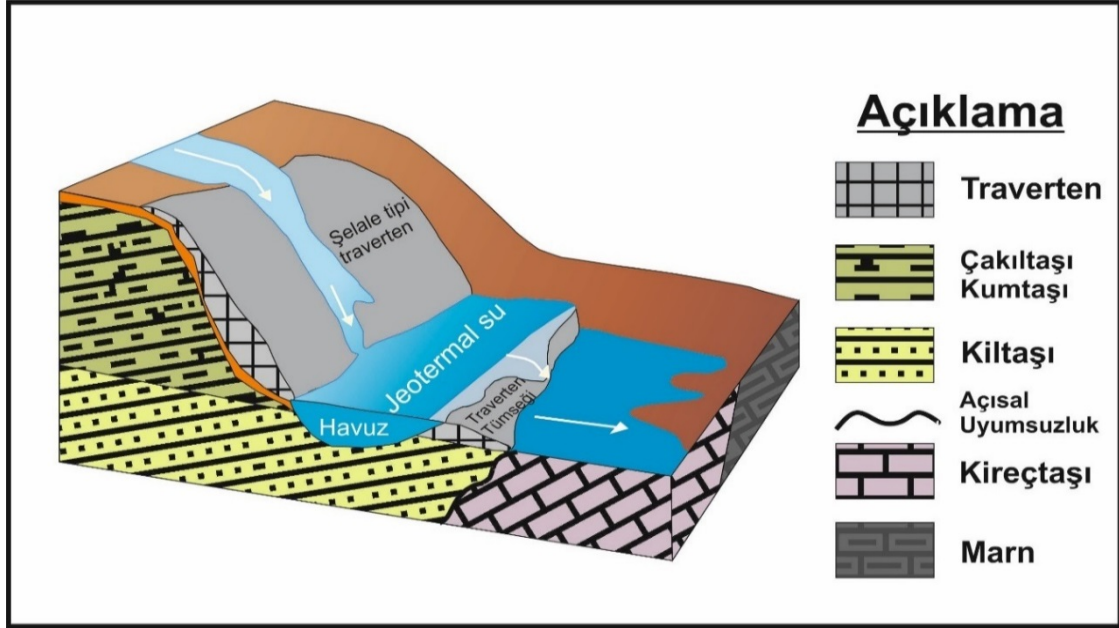


Şekil 4.6. Aşınmış traverten tabakalarının blok diyagram üzerinde gösterimi.

4.3.1.7. Şelale Tipi Travertenler

Bu tip travertenler, çatlaklardan yükselen termal suların yüzeye çıktıkları yerin çevresinde düşey ve düşeye yakın yüzeyler ya da eski traverten birikimleri üzerine çökelmeleri sonucunda meydana gelmişlerdir (Şekil 4.7). Bu alanlardaki suyun çalkantılı veya türbülanslı bir şekilde akışı ve basıncındaki düşüş nedeniyle karbonat birikimi hızlı bir şekilde olmaktadır. Suyun çıkışı ve şelale boyunca

ilerlerken temas halinde bulunduğu bitki topluluklarını hızlı bir biçimde kireçlenmesine sebep olmaktadır.



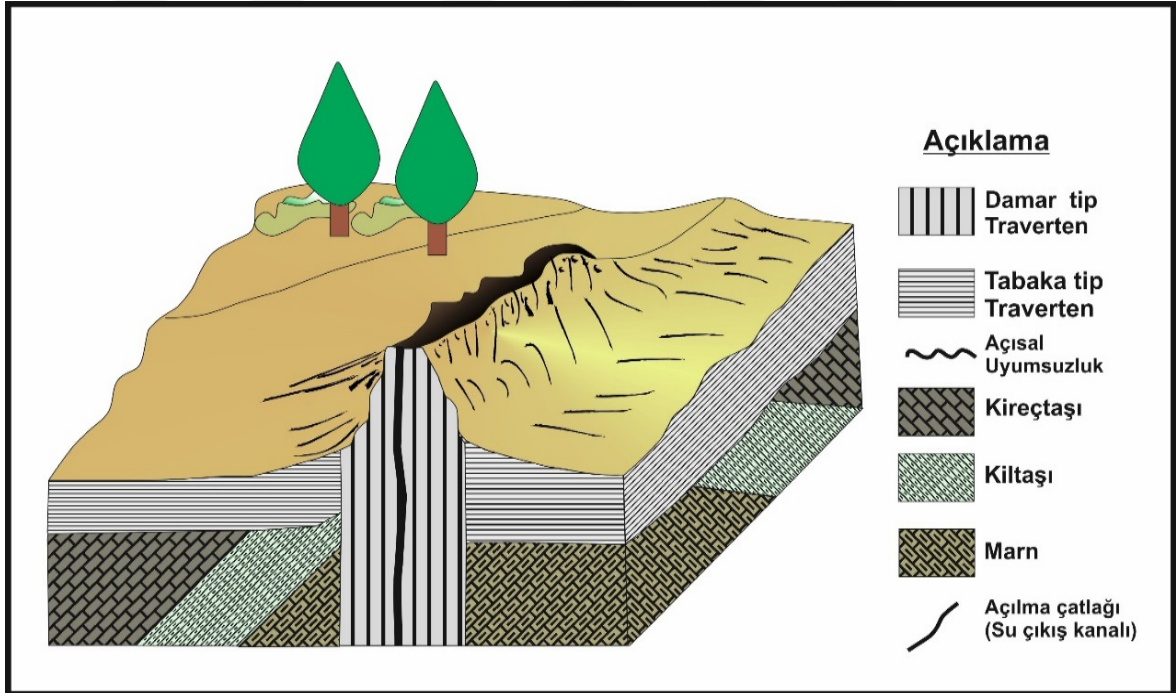
Şekil 4.7. Şelale tipi travertenlerin blok diyagram üzerinde şematik görünümü ([39]'dan değiştirilerek).

4.3.1.8. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler

Bu tip oluşumlarda hidrotermal suların yer yüzeyine çıkışlarında en önemli etken, çatlak ve fay sistemleri gibi tektonik süreksizlik düzlemleridir. Sırt tipi traverten oluşumları ile tektonik yapılar arasında oldukça sıkı bir ilişki bulunur. Özellikle genişleme şeklindeki tektonik aktivitenin egemen olduğu alanlarda çatlak sırtı tipi travertenler yaygın bir şekilde görülür. Bu yüzden bu traverten tipleri bölgedeki tektonik özellikleri ile ilgili bilgileri göstermesi konusunda bir kaynak görevi üstlenmekte ve bulunduğu alandaki tektonizmayı yansıtmaktan dolayı diğer traverten şekilleri arasında önemli bir yere sahiptir. Sırt tipi travertenler, merkezi bir çatlaktan yüzeye çıkan kalsiyum bikarbonatça zengin olan sıcak suların, çatlak içinde ve yüzeyde olacak şekilde iki farklı biçimde traverten birikimi sonucu oluşur (Şekil 4.8).

Genişleme şeklinde bir tektonik aktivitenin bulunduğu alanlarda, traverten için temel olacak kayaçlarda bulunan çatlak sistemleri aracılığıyla yeryüzüne çıkan kaynak suyu, çatlak içerisinde bulunan minerallerle ilişkisinden dolayı çeşitli renklerde bantlara sahip "bantlı travertenleri" çökeltmektedir. Bu birikim genelde çatlak duvarının her iki tarafında simetrik bir durumda meydana gelmektedir.

Bölgedeki açılma devam ettiği sürece, genişlemeye uğrayan çatlak içinden çıkan su, çatlak ekseninin sabit olması koşuluyla çatlağın duvarında paralel biçimde traverten biriktirmeye devam eder. Yarı kapalı veya kapalı ortamlarda gezen sıcak sularda bulunan karbondioksit gazının sistemden yavaş bir şekilde ayrılması sonucu çökelim hızı da oldukça yavaştır ve bu sebeple gözeneği olmayan/ masif bir dokuda travertenler meydana gelmektedir. Çatlak ekseninde bantlı traverten çökelişi devam ederken yüzeyde değişmekte olan fiziksel durumlar nedeniyle fazla gözenekli, oldukça tek düze bir renk tonunda tabakalı travertenler meydana gelmektedir. Çökelimdeki bu aşamada yüzeye çıkan ve çatlak eksenine dik bir şekilde boşalan sıcak su içinde bulunan karbondioksit gazı, çatlak içinden oldukça hızlı bir şekilde ayrılır ve topoğrafyada çatlak eksenine dik bir konumda eğimli traverten tabakalarını oluşturmaktadır.

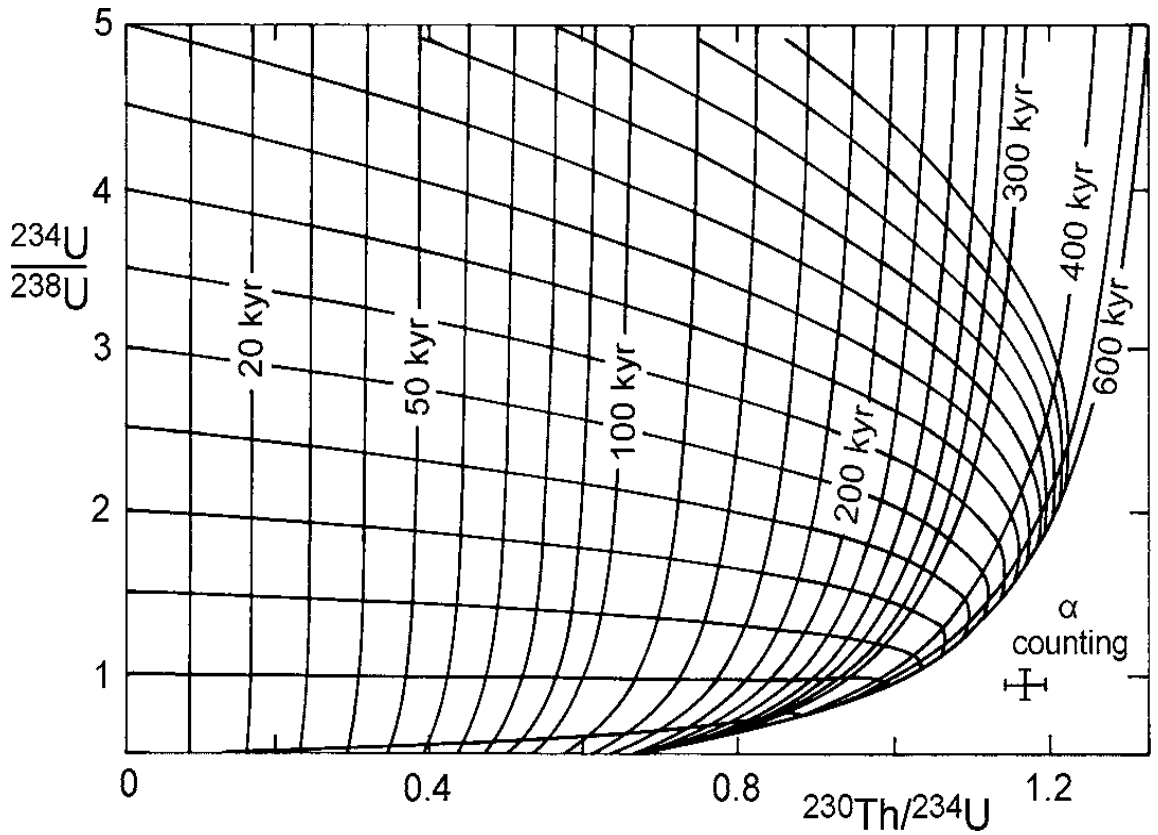


Şekil 4.8. Çatlak sırtı tipi travertenlerin blok diyagramı üzerinde şematik görünümü ([39]'dan değiştirilerek).

4.4. Travertenlerde Yaşlandırma

Uranyum-Toryum yaşlandırma yönteminin genel ilkeleri için Smart [110] baz alınmıştır. Teorikte U, içeriğinde kalsiyum bulunan doğal sularda kolay bir şekilde çözünebilir. Ayrıca basit bir şekilde anyon komplekslerini meydana getirir. Buna karşın Th, çözeltiye çabucak hidroliz olarak katı yüzeyler ile kil minerallerine sıkı bir biçimde bağlanır. Bu yüzden U, kalsiyum karbonatın (CaCO_3) biyolojik veya

kimyasal olarak birikimi esnasında, aynı anda çökelir ve kalsit kristallerinin arasında korunur. Ancak Th, birikimi sağlanmamaktadır ve doğal sularda bulunan Th oranı, dikkate alınmaz. Bundan dolayı ana izotop ^{234}U 'a karşı hep ^{230}Th oranında bir eksiklik bulunur. Zamanla $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranı eşitlenene kadar kademeli bir şekilde artmaktadır. Çünkü ^{234}U ve ^{238}U arasında eşitsizlik söz konusudur. ^{234}U 'nun ayrışması ile zaman içerisinde $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranını yavaş bir şekilde artırır (Şekil 4.9). Şekil 9'da görülen izokronlar, kapalı sistemde başlangıçta bulunan değişken $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ oranını ve sıfır olarak başlayan $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranı arasındaki zamansal değişimi gösterir.



Sekil 4.9. Başlangıçta ^{230}Th bulunmayan kapalı sistemdeki $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ve $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranları [110].

Uranyum serisi yaşlandırma yönteminin bir karbonat örneği üzerinde başarıyla uygulanabilir olması, aşağıdaki ölçütler ve kuramlar üzerine kurulmuştur. 1) Karbonat örneği aynı çözeltiden anında kristallenmiştir. 2) Çökelme esnasında kristallerde ^{230}Th bulunmaz ve tane yüzeylerinde ^{232}Th bulunur. Sonradan meydana gelen toryum kirliliğinin izlenebilmesi için uzun ömürlü bu izotop

kullanılabilir. ^{230}Th ile ^{232}Th arasındaki oran 20'den az olduğu anlarda ^{230}Th için bir düzeltme gerekir; bu yüzden kırıntılı ve gözeneği bol örnekler ile çalışılmamalıdır. 3) Sistem, çökelmenin bitmesinden sonraki uranyum ve toryum da olacak herhangi bir dolaşıma kapalı olacaktır. Yeniden kristalleşme ile ikincil kristalleşme ve bol gözenekli özellik gösteren örneklerle çalışılmamalıdır. U/Th yaşlandırma yöntemi, 400bin yıl ile 5bin yıl arasında uygulanabilmektedir.

1980'li yılların ardından kütle spektrometrelerinin geliştirilmesi sonucunda yapılan hassas ölçümler ile U serisi yaşlandırma yönteminde ilerlemeler sağlanmıştır. Kütle spektrometrelerinin kullanılması ile ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th atomlarının direk olarak ölçümleri sağlanmıştır. Kütle spektrometrelerinin varlığı sonrasında 50-100 yıllarından 600bin yıla kadar yaşlar ölçülebilmektedir [111].

4.5. Traverten-Tektonik ilişkisi

Traverten birikimi ile tektonik bakımdan aktif olan zonlar arasında çok yakın bir ilişki vardır. Sibson vd., [111]'ne göre hidrotermal suların yüzeye çıkmalarında faylar büyük öneme sahiptir. Bunun sonucu olarak travertenler, bölgesel tektonizma hakkında bizlere bazı bilgiler sunarlar. Travertenlerin birçoğunun, Pliyosenden günümüze oluşumunun devam etmesinin, aktif ve aktif olmayan traverten kütlelerinin, tektonik aktivitenin yakın geçmişte ve günümüzde halen devam ettiğinin bir işaretidir [1]. Aynı bölge içinde aktif ve aktif olmayan travertenlerin bulunması bölgedeki tektonik faaliyetin uzun yıllar boyunca devam ettiğini göstermektedir. Travertenler birikim anı ve sonrasına ait tektonik bilgileri bünyelerinde barındırır. Çökelme esnasındaki ve sonrasındaki tektonizma ile ilişkili önemli bilgiler sağlamaktadır [3].

Hancock vd. [112], termal sulardan meydana gelen Geç Kuvaterner traverten birikimlerinin tektonik çalışmalarda önemli bir araç olduğu bildirmiştir. Yaptığı çalışmada bu inceleme biçimini Travertonics olarak isimlendirmiştir. Bu yöntem birçok araştırmacı tarafından travertenler üzerinde başarılı bir biçimde uygulanmıştır. Son zamanlarda aktif tektonik ile ilişkili çalışmalarda traverten çökelim sahalarının büyük öneme sahip olduğu ve bu tip çalışmalarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanması dikkati çekmektedir [2-6,8-11,36-39,42-44,46,48-49,52-55,113].

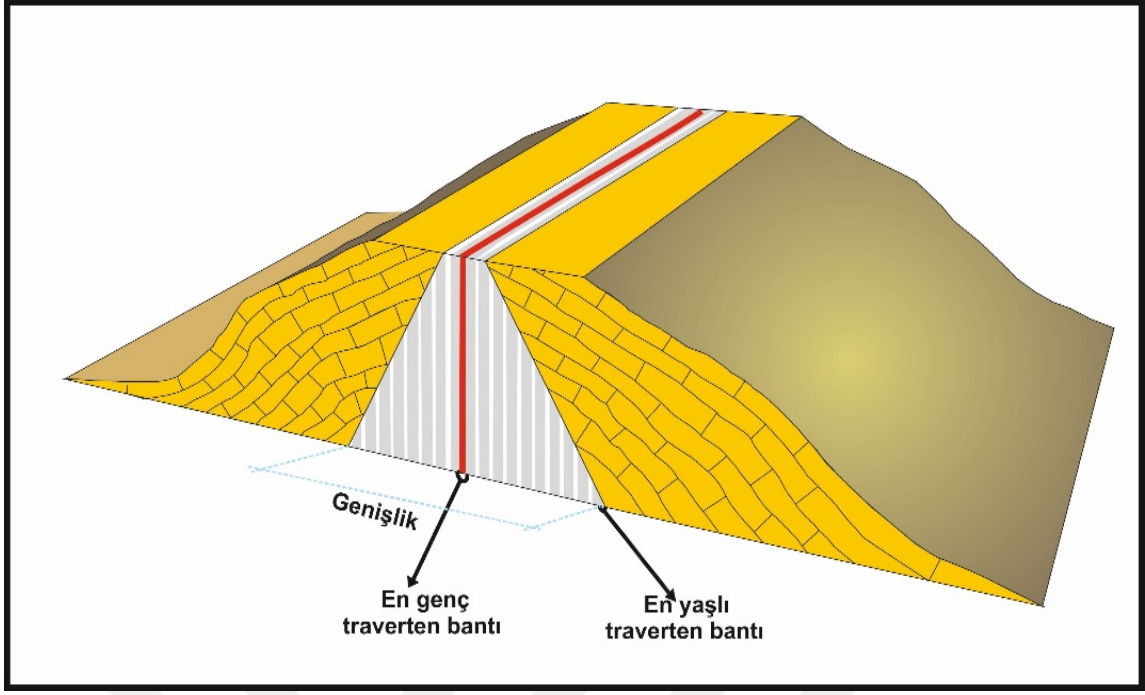
Sibson vd., [112]'ne göre hidrotermal suların yüzeye çıkmalarında faylar büyük öneme sahiptir. Travertenlerin birçoğunun, Pliyosenden günümüze oluşumunun devam etmesinin, aktif ve aktif olmayan traverten kütlelerinin, tektonik aktivitenin yakın geçmişte ve günümüzde halen devam ettiğinin bir işaretidir [1]. Aynı bölge içinde aktif ve aktif olmayan travertenlerin bulunması bölgedeki tektonik faaliyetin uzun yıllar boyunca devam ettiğini göstermektedir. Termal suların yeryüzüne çıkmalarında çatlak-fay sistemleri büyük öneme sahiptirler.

Travertenler, morfolojik özellikleri bakımından sınıflara ayrıldığında, tektonik bakımdan sırt tipi travertenler dikkati üzerinde toplamaktadır. Çünkü bu tip travertenler bölgeyi etkileyen tektonik rejim hakkında çok önemli bilgileri içermektedirler.

Sırt tipi travertenlerdeki çatlaklar genişleme rejimi ürünleri olarak meydana gelmektedir. Bu yapılar, bölgesel açılmanın yönü ve oranı hakkında veriler sağlamaktadır. Bu verilerin elde edilmesi amacıyla oldukça basit yöntemler uygulanmaktadır. Sırt tipi travertenler, çatlak sisteminin yardımıyla yüzeye çıkan suyun çatlağın her iki yüzeyinde traverten birikmesi sonucunda meydana gelmektedir. Bölgesel açılmaya bağlı olarak çatlakta oluşan açılmanın devam etmesiyle çatlak duvarından merkeze doğru gençleşen bir traverten birikimi meydana gelmektedir. Sonuç olarak sırt tipi travertenin çatlak duvarındaki traverten bantı en yaşlı, çatlak merkezinde bulunan traverten bantı ise en genç olmalıdır (Şekil 4.10).

Bu tip bir yorum yapıldıktan sonra travertenlerin mutlak yaşlandırılmasının zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Çatlak duvarına yakın olan yaşlı traverten bantı ile merkezdeki en genç traverten bantının yaşları kesin olarak hesaplanabildiği takdirde basit bir hesaplama ile açılma oranının bulunabilir. Bu hesap toplam kalınlığın, kenar ve merkezden alınan örneklerin yaşlarının farkının oranlanmasıyla yapılır.

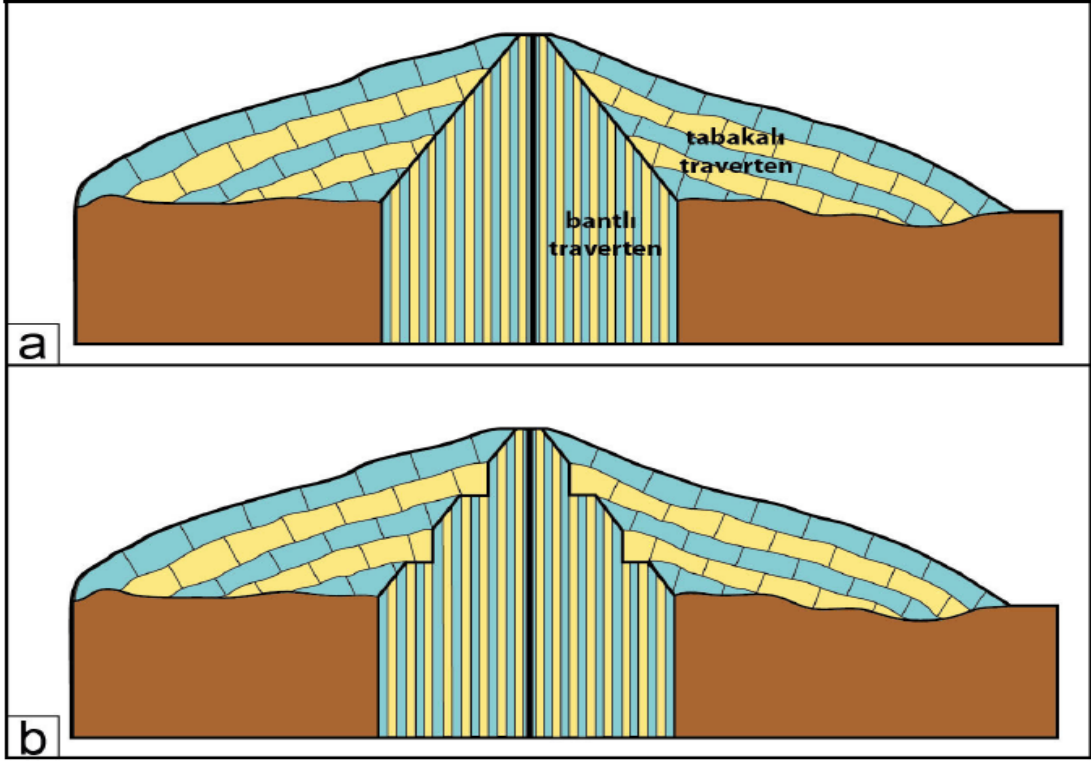
$$\text{açılma oranı} = \frac{\text{çatlaklardaki bantlı travertenin toplam kalınlığı}}{(\text{kenar} - \text{merkez})\text{den alınan örnek yaş}}$$



Şekil 4.10. Bantlı travertenlerde yaş ilişkisini gösteren ölçeksiz blok diyagramı.

Bu yöntem Altunel ve Hancock [36-37], Altunel [38-39] ve Çakır [10] tarafından kullanılmış ve travertenler hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir. Bu araştırmacılar, travertenlerin yaşlandırılmasında uygulanabilecek en uygun yöntemin, U/Th serisi yaşlandırma yöntemi olduğu belirtmişlerdir.

Altunel [38], sırt tipi travertenler üzerinde yapmış olduğu incelemelerde bazı yapılara dikkat çekmiştir. Bu yapılar travertenlerin bulunduğu alanlarda etkili olan depremlerin göstergeleri niteliğinde olabilirler. Bu yapılardan ilki çatlak ekseninin düzenli ya da kademeli olarak açılmasındaki farktan dolayı ortaya çıkar. Kademeli olarak açılma çatlak ekseninin ani bir hareket sonucunda genişlediğinin belirtisidir. Araştırmacılara göre bu şekilde ani açılmaları sadece deprem meydana getirebilir (Şekil 4.11).



Sekil 4.11. Çatlak eksenlerinde a-Orantılı açılma, b- Kademeli açılma [53].

5.ARAşTIRMA BULGULARI

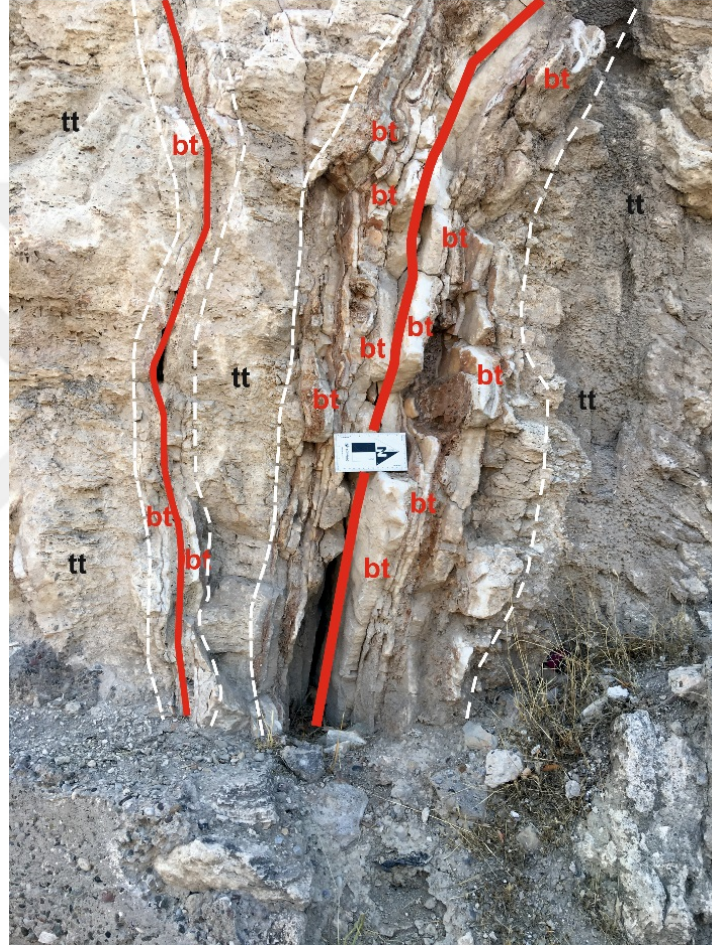
Traverten sırtları, ana kayada bulunan kırıklardan yükselen termal sulardan meydana gelmiş traverten depolanmasını karakterize eden yaygın morfotektonik özelliklerdir [4,8,46-48,109,113-115]. Sırtın haritadaki görünüşü çizgisel veya eğri biçimli olabilmektedir.

Reşadiye-Çermik travertenini olarak isimlendirilen yüzlek, Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Kelkit Vadisi segmenti üzerinde depolanmış morfolojik sınıflandırmaya göre sırt tipi travertenden oluşmuştur (Şekil 5.1). Bu traverten deniz seviyesinden 580m yüksekte yer alır ve Reşadiye ilçesinin içinde bulunur. Reşadiye-Çermik Travertenini KB-GD gidişli bir sırttan meydana gelmektedir. Bu traverten yaklaşık 30 m yüksekliğe sahiptir. Sırt eksenini boyunca, bazı yerlerde tek; bazı yerlerde ise birden fazla birbirine paralel çatlaklar gelişmiştir. Sırt eksenini üzerindeki çatlak açıklıkları, 2 ile 50 cm aralığında değişmektedir.



Şekil 5.1. Reşadiye-Termal Traverten sırtının genel görünümü (a, bakış KB'ya). Traverten sırtı ve açılma yarığının genel görünümleri (b, GD'ya bakış; c, KB'ya bakış)

Çatlakların duvarları, düşey konuma sahip bantlı travertenler ile kaplanmıştır [38-39]. Bantlı travertenler, birkaç mm-cm kalınlığında değişen çatlak duvarının her iki yüzeyinde dik bir şekilde kalsit kristallerinden meydana gelmiştir. Kalsit kristalleri, ince kristalli sıkı ve boşluksuz özellik göstermektedir. Bantlı traverten damarları ile tabakalı travertenler keskin bir şekilde birbirinden ayrılır (Şekil 5.2). Bu alanda sıcak su çıkışı günümüzde halen devam eder ve CaCO_3 (traverten) çökelişi gerçekleşmektedir.

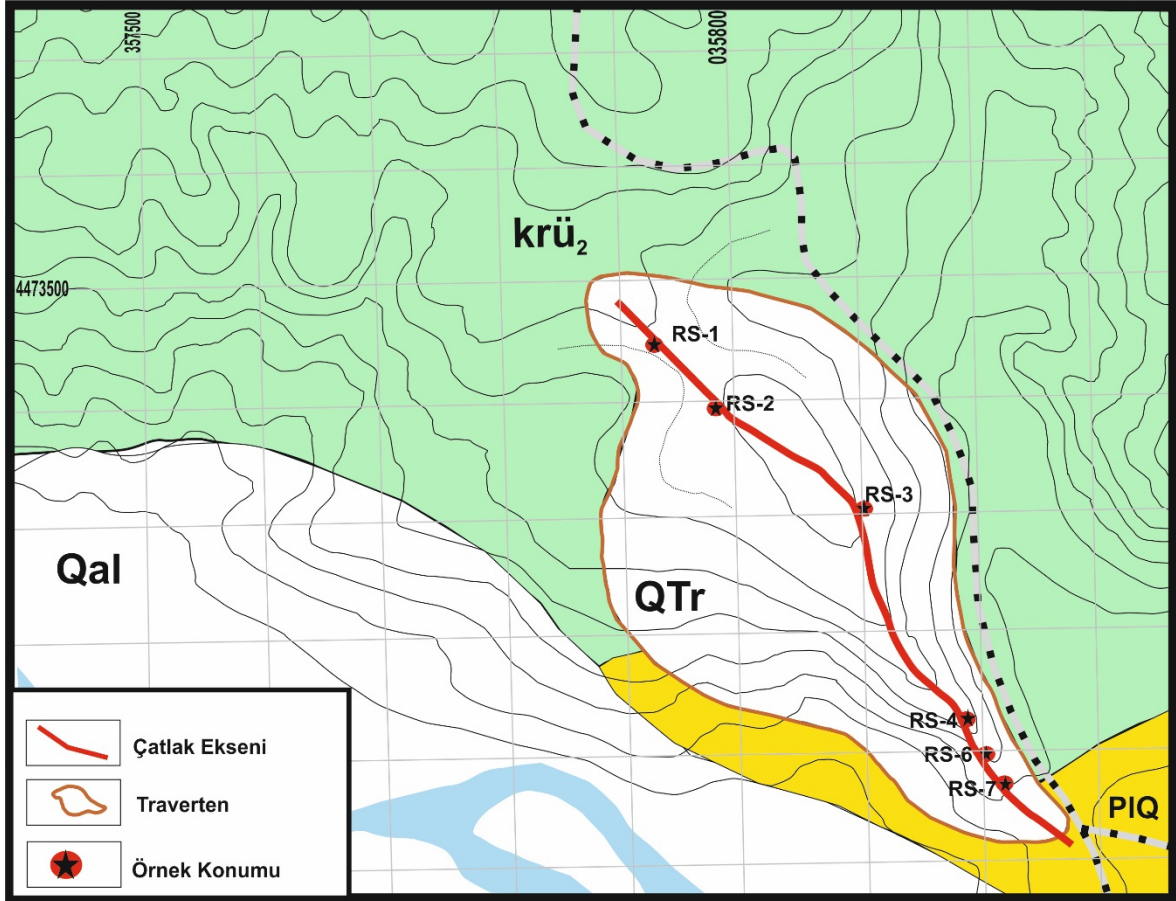


Şekil 5.2. Termal travertenin yol kenarındaki görünümü. bt: bantlı traverten, tt: tabakalı traverten.

5.1. Örnekleme Stratejisi

Travertenlerde yaş analizi için ideal materyal, gözenekli veya geçirgen olmayan, kırıntılı veya organik madde içermeyen kaba kristalli kalsit veya aragonittir. Gözenekli örneklerde su, gözenekler içinde kolayca dolaşabileceğinden gözeneklere daha genç kalsit ve aragonit mineralli kristalleştirebilir. Bunun yanında

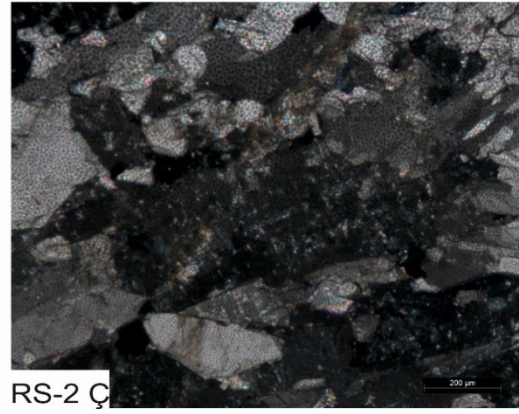
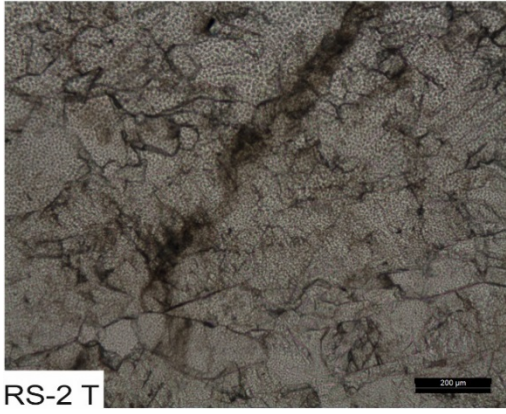
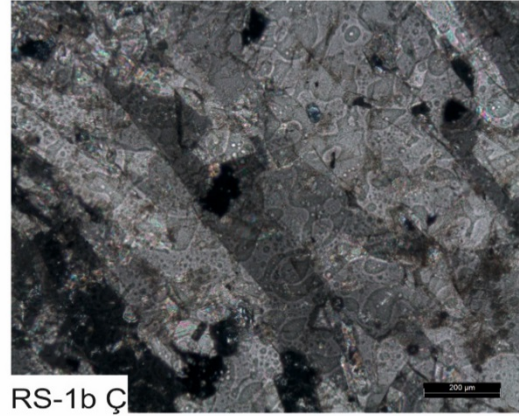
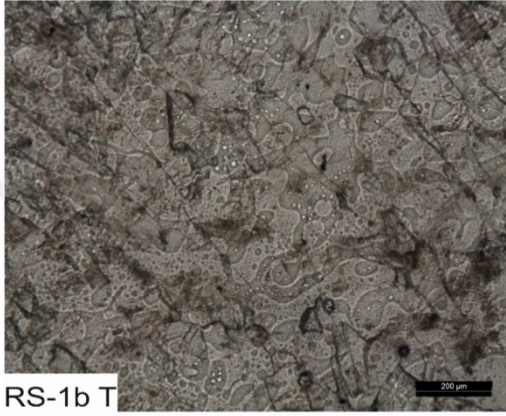
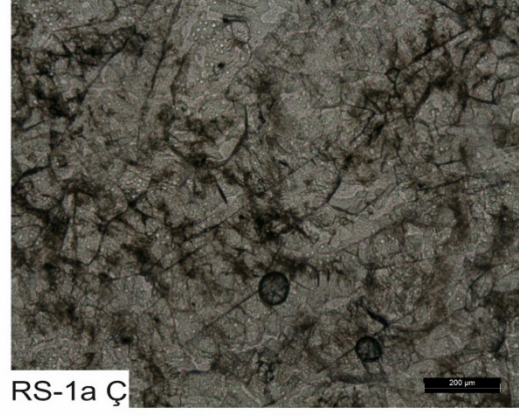
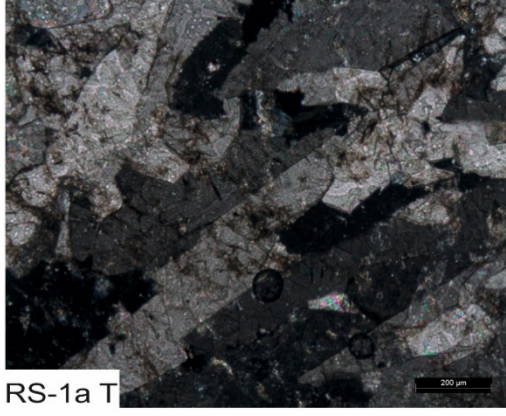
çatlaklarda oluşan beyaz dikey bantlı travertenler iyi kristalleşmiş ve kompakt olduklarından yaş tayini için en ideal materyallerdir [38]. Sırt tipi traverten özelliğine sahip Reşadiye-Termal Traverten'i'nden bu özellikler göz önüne alınarak 7 lokasyondan toplamda 9 adet örnek merkezi yarık boyunca oluşan bantlı travertenden toplanmıştır (Şekil 5.3). Bu 9 örnekten belirlenen kriterlere sahip olmayanlar hakkında analiz yapılmamıştır.



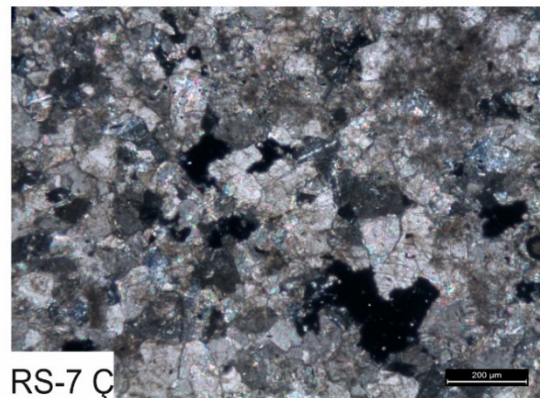
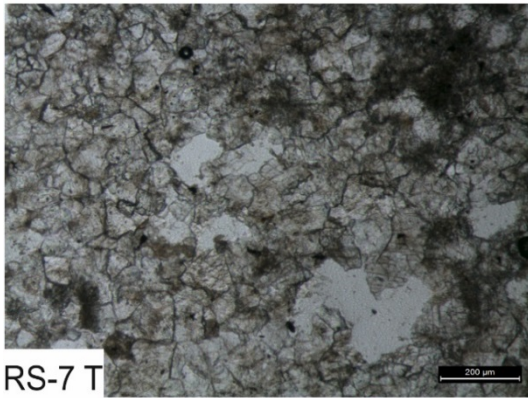
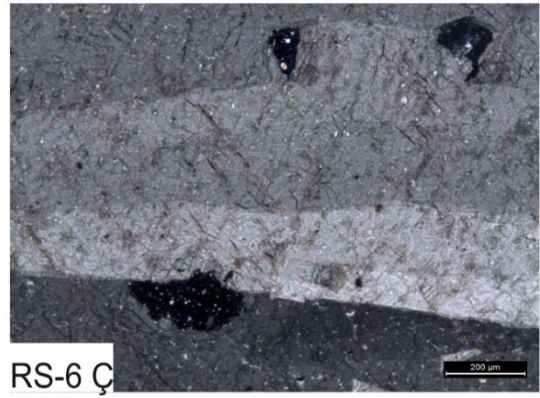
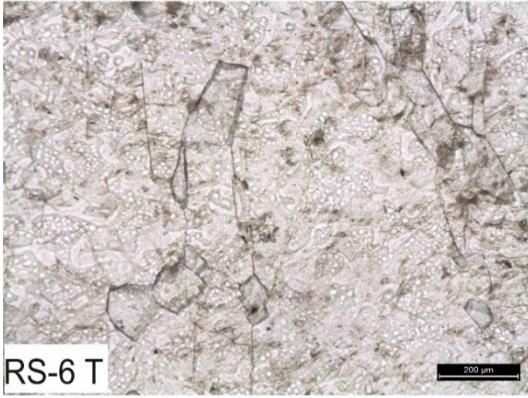
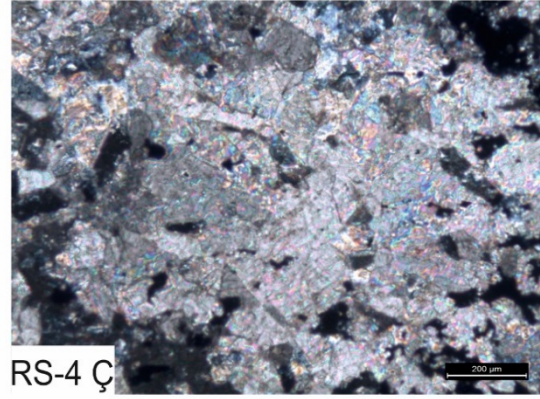
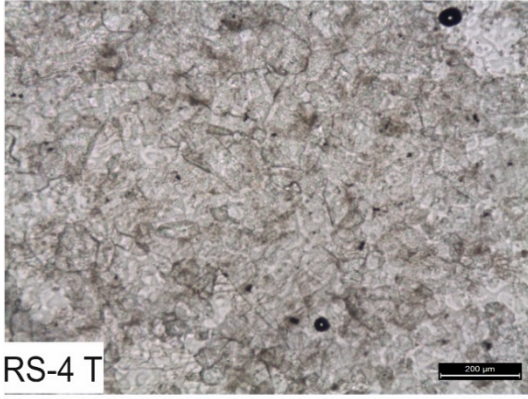
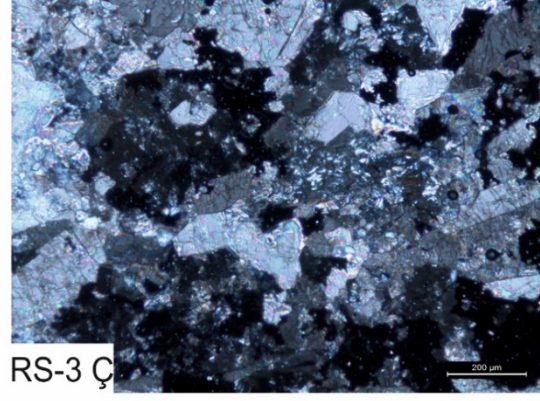
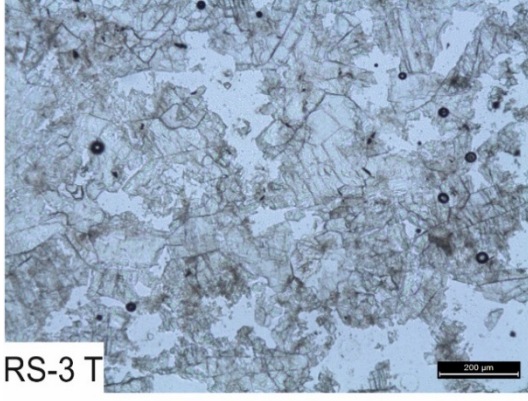
Şekil 5.3. Reşadiye Traverteninin konumu ile örnek yerlerini gösteren harita. krü₂: Üst Kretase Kapaklı Formasyonu, PIQ: Alüvyon, Qtr: Traverten, Qal: Alüvyon.

5.2. Mineralojik Bileşim

Örnekleme stratejisine uygun olarak Reşadiye-Çermik traverteninden toplanan 9 adet örnekten 7 adeti için ince kesitler hazırlanmıştır. Hazırlanan ince kesitler Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü bünyesindeki laboratuvarlarında polarizan mikroskopta incelenmiş ve fotoğraflanmıştır (Şekil 5.4, Şekil 5.5). Hazırlanan ince kesitler incelendiğinde örneklerin kalsitten oluştuğu ve iri kristalli oldukları görülmektedir.

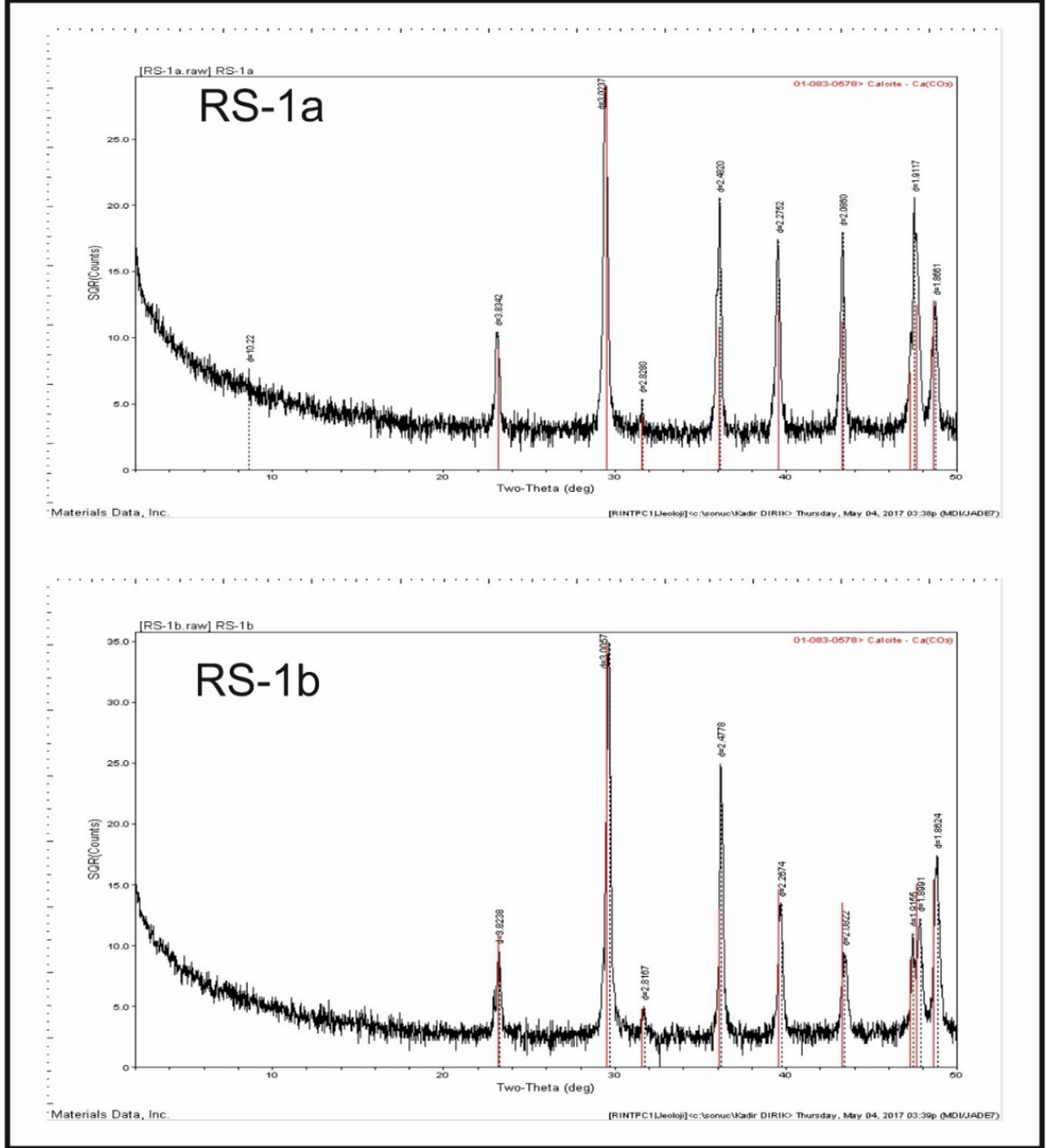


Şekil 5.4. Reşadiye-Termal Traverteni RS-1a örneğinin optik mikroskop görüntüsü1a,1b,2,3, 4,6.

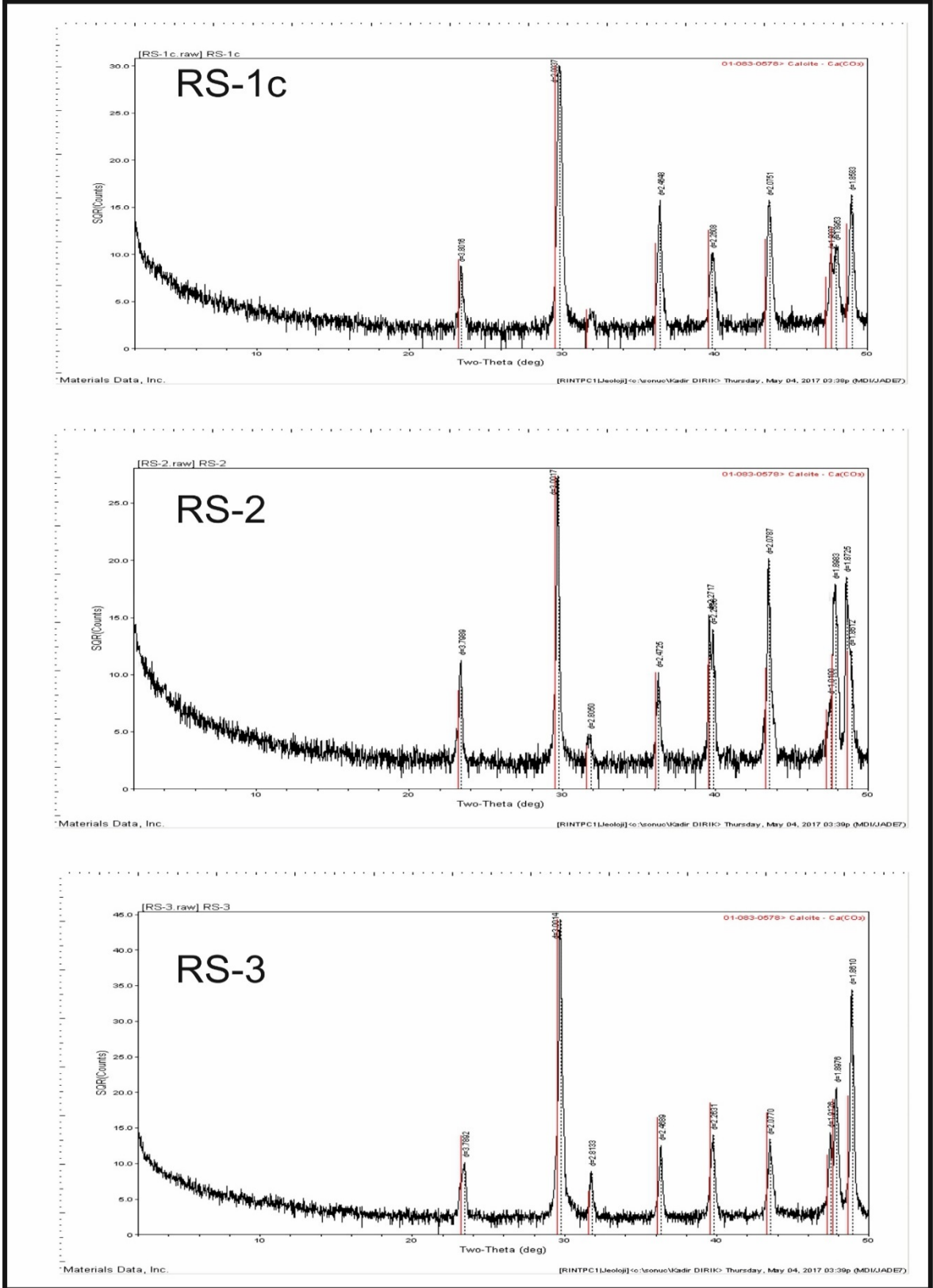


Şekil 5.5. Reşadiye-Termal Traverteni RS-1a örneğinin optik mikroskop görüntüsü
3,4,6,7,

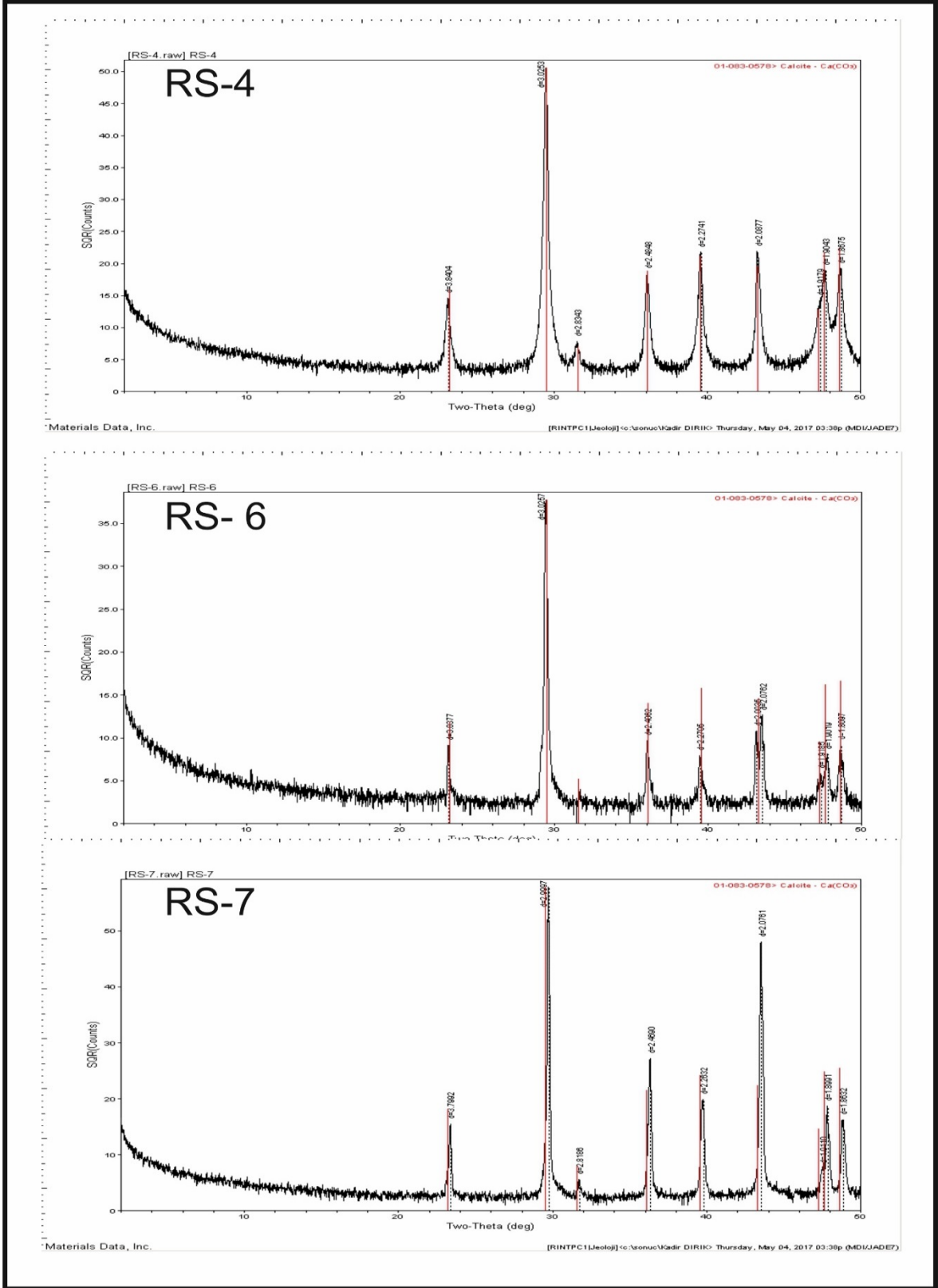
Ayrıca araziden alınan 8 numune için Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü X ışınları laboratuvarında tüm kayaç XRD analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçları Çizelge 5.1 de verilmiştir ve %100 kalsitten oluşmaktadır. Örneklerin X ışınları difraktomları Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8'te verilmiştir.



Şekil 5.6. Reşadiye-Termal Traverteni'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları



Şekil 5.7 Reşadiye-Termal Traverteni'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları



Şekil 5.8. Reşadiye-Termal Traverteni'nin RS-1b ve RS-1c nolu örneklerinin X-ışınları difraktogramları

Çizelge 5.1. Reşadiye-Termal Traverten örneklerinin XRD yarı nicel mineralojik analiz sonucu

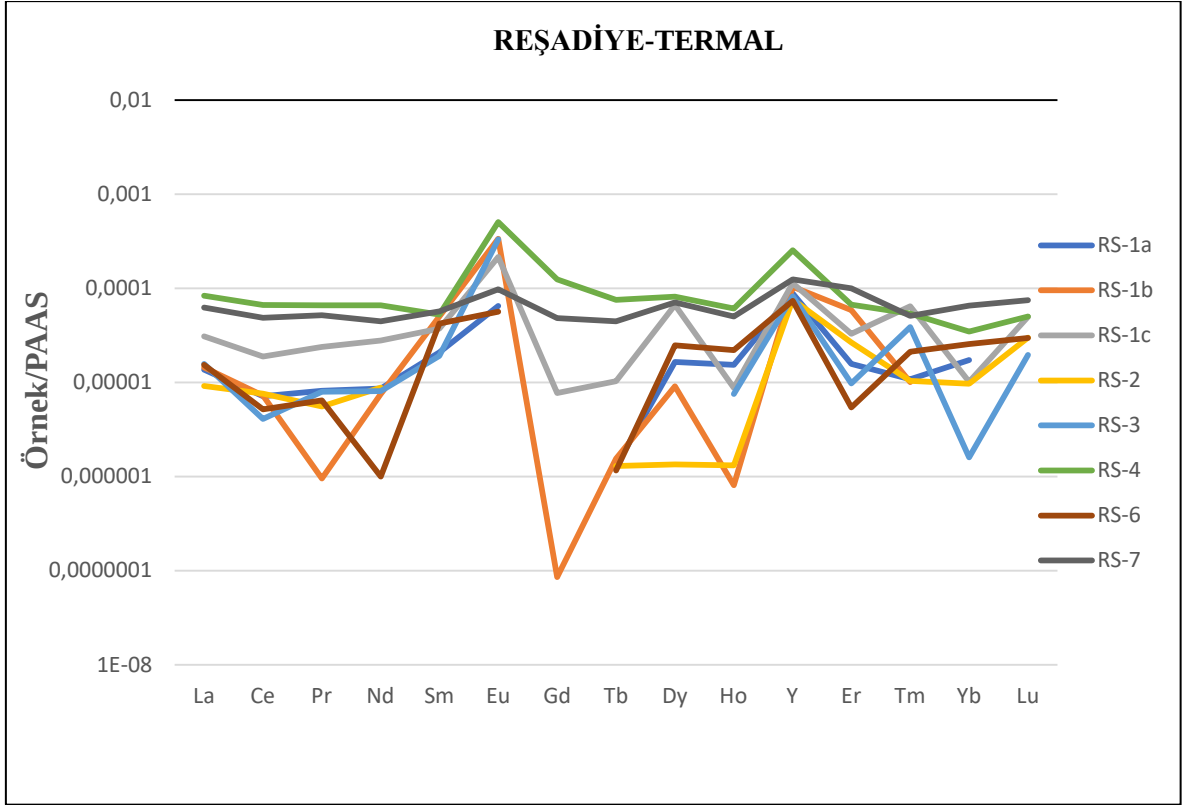
Örnek No	Tüm kayaç (%)
RS-1a	Kalsit (100)
RS-1b	Kalsit (100)
RS-1c	Kalsit (100)
RS-2	Kalsit (100)
RS-3	Kalsit (100)
RS-4	Kalsit (100)
RS-6	Kalsit (100)
RS-7	Kalsit (100)

5.3. Nadir Toprak Elementleri (NTE) Sonuçları

Travertenlerden alınan 8 örneğin nadir toprak element (NTE) ve itriyum (Y) konsantrasyonları Çizelge 5.2’de ppb cinsinden gösterilmiştir. Söz konusu değerler konsantrasyonları çevrilmiş ve bunların Post-Archean Australian Shale’e göre (PAAS; [116]) normalize değerleri hesaplanmıştır.

Traverten örneklerinin NTE ve Y konsantrasyonlarının PAAS’a göre (Şekil 5.9) düşük olduğu görülmektedir. Bundan dolayı örneklerde PAAS’a göre konsantrasyon bakımından bir fakirleşme söz konusudur. Jeotermal suların kayaçlarla etkileşimi boyunca temel kayaçtan oldukça fazla miktarda iz ve nadir toprak elementi (NTE) çözmesi beklenir. Ancak Şekil 16’daki grafiğe bakıldığında bu durumun aksi söz konusudur. Konsantrasyon açısından böyle bir tükeltirme CO₂’ce zengin olan akışkanın olası bir sismik faaliyet sonucu yüzeye hızlı bir şekilde çıkması ve böylece sınırlı su-kayaç etkileşimi sergilemesi ile açıklanabilir [45].

Şekil 16’da verilen NTE + Y grafiği incelendiğinde örneklerin element içeriklerinin kondrite göre yaklaşık 10000 düşük olduğu görülür. Ayrıca bazı örneklerde zayıf negatif Ce, çoğu örnekte de kuvvetli pozitif Eu ve pozitif Y anomalileri dikkati çekmektedir.



Şekil 5.9. Reşadiye-Termal (Reşadiye-Tokat), Traverten örneklerinin PAAS göre değişim diyagramı.

Çizelge 5.2. Termal (Reşadiye-Tokat) Travertenlerinin nadir element (REE) verisi (ppb).

Örnek Adı	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Y	Er	Tm	Yb	Lu
RS-1a	0,52	0,57	0,07	0,29	0,12	0,07	0	0	0,08	0,02	2,39	0,05	0	0,05	0
RS-1b	0,55	0,58	0,01	0,26	0,28	0,36	0	0	0,04	0	2,82	0,17	0		0
RS-1c	1,18	1,50	0,21	0,95	0,21	0,23	0,04	0,01	0,31	0,01	3,07	0,09	0,03	0,03	0,02
RS-2	0,35	0,61	0,05	0,30		0,29		0	0,01	0	2,06	0,08	0	0,03	0,01
RS-3	0,60	0,33	0,07	0,27	0,11	0,36		0,01		0,01	2,23	0,03	0,02	0	0,01
RS-4	3,20	5,30	0,58	2,23	0,29	0,55	0,58	0,06	0,38	0,06	6,88	0,19	0,02	0,10	0,02
RS-6	0,59	0,41	0,06	0,03	0,24	0,06		0	0,12	0,02	2,00	0,02	0,01	0,07	0,01
RS-7	2,39	3,89	0,46	1,51	0,32	0,11	0,23	0,03	0,33	0,05	3,36	0,29	0,02	0,19	0,03

5.4. Karbon ve Oksijen İzotopları

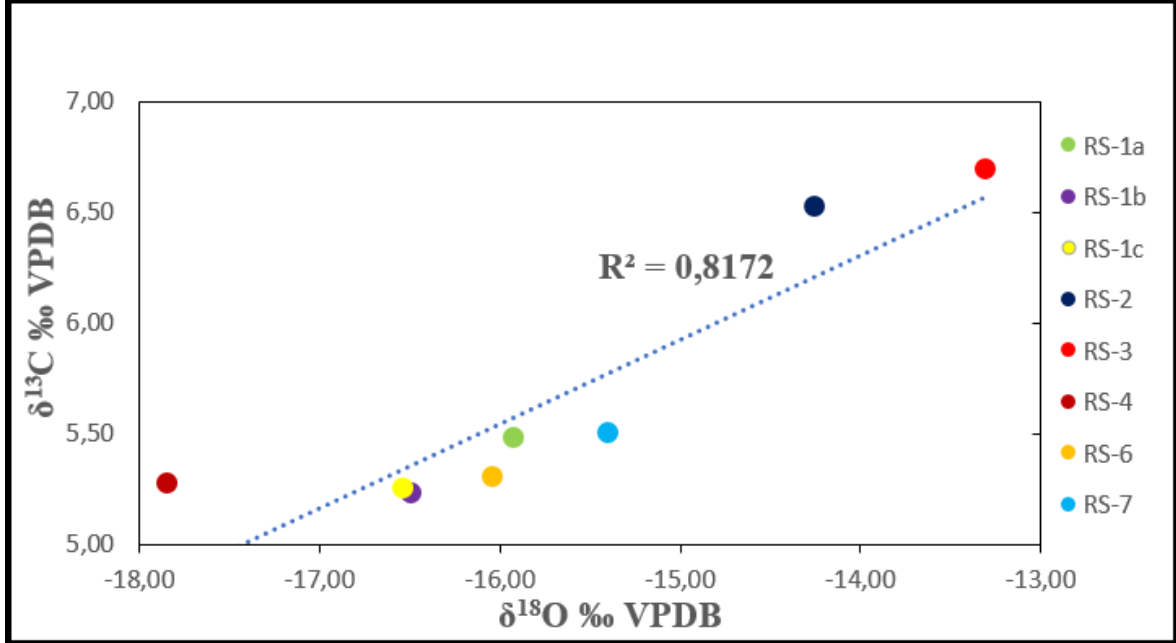
Toplam 8 traverten örneğine ait $\delta^{18}\text{O}$ ve $\delta^{13}\text{C}$ (‰) değerleri (VPDB) Çizelge 5.3'te verilmiştir. Analitik hassasiyet $\delta^{13}\text{C}$ izotop oranları için $\pm 0,08$, $\delta^{18}\text{O}$ oranları içinse $\pm 0,10$ 'dur. Duralı izotop analizleri Amerika'da University of Arizona Environmental Isotope Laboratory'de yapılmıştır.

Çizelge 5.3. Reşadiye-Termal (Tokat) Traverteninin duraylı izotop (Karbon $\delta^{13}\text{C}$ – Oksijen $\delta^{18}\text{O}$, ‰) verisi

Örnek Numarası	$\delta^{13}\text{C}$ VPDB	$\delta^{18}\text{O}$ VPDB
RS-1a	5,48	-15,92
RS-1b	5,23	-16,49
RS-1c	5,25	-16,53
RS-2	6,52	-14,25
RS-3	6,69	-13,3
RS-4	5,27	-17,84
RS-6	5,3	-16,03
RS-7	5,5	-15,39

Reşadiye-Termal Traverteninin Karbon-13 ($\delta^{13}\text{C}$) ve Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) izotop bileşimlerinin karşılaştırmalı dağılım grafiği Şekil 5.10'de verilmiştir. Grafikten de görüleceği üzere numunelerin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin 5,23 ila 7,85 ‰ (VPDB) aralığında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin ise (-12,05) ila (-17,83) ‰ (VPDB) arasındadır. Bu durum dengede olmayan bir izotop bölümlemesine işaret etmektedir [107]. Dolayısıyla akışkanın uzun süreli su-kayaç etkileşimine fırsat bulamadan hızlı bir yükselimi söz konusudur. Bu da yine CO_2 içeriği yüksek olan akışkanın ani bir şekilde yeryüzüne çıktığının göstergesidir. Benzer şekilde belirgin pozitif $\delta^{13}\text{C}$ değerleri de traverten örneklerinin çökmesinde akışkandan hızlı CO_2 gaz salınımının tercihli şekilde ^{12}C kaybına yol açtığını göstermektedir [44,120]. Pozitif $\delta^{13}\text{C}$ değerleri travertenlerde genelde negatif değerlere sahip organik katkının oldukça sınırlı olduğunu işaret etmektedir. Karbonat temel kayaçların (mermer gibi) termometamorfik çözünmesine maruz kalması ile ortaya çıkan izotopik olarak zenginleşmiş CO_2 gazı, bu traverten kalsitlerindeki $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin yüksek

olmasına neden olmuş olabilir [121]. Traverten örneklerinin negatif $\delta^{18}\text{O}$ izotop bileşimleri ise daha çok baskın bir meteorik kökene işaret etmektedir.



Şekil 5.10. Reşadiye-Termal (Reşadiye-Tokat) Traverteni'nin Karbon-13 ($\delta^{13}\text{C}$) ve Oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) dağılım grafiği.

5.5. U-Th Yaş Verileri

Reşadiye-Termal Traverteni boyunca toplam 7 lokasyondan toplanan 8 kalsit örneğinin U-Th yaş verileri Çizelge 5.4'de verilmiştir. Sonuçlar bantlı travertenin geç Kuvaterner içinde 0.245 ± 0.182 ile 6.957 ± 0.657 bin yıllar arasında oluştuğunu göstermektedir. Travertenin çökmesinden sorumlu termal akışkanların taşınmasını ve CO_2 salınımının bu zaman aralığında aktif olduğu söylenebilir. RS-1 örneğinin farklı bantlarından alınan 3 örnek damarın büyümesiyle doğru orantılı şekilde (1.060, 0.661 ve 0.245 bin yıl) yaşlar vermiştir.

Çizelge 5.4. Reşadiye-Termal Traverteni üzerinden alınan örneklerin konumu ve yaş sonuçları

Örnek	Lokasyon	U(ppm)	$^{232}\text{Th}(\text{ppb})$	$(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th})$	$(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$ yaş (bin yıl)	$\pm 2s$	Başlangıç $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	G.Ö.(1950) Düzeltilmiş yaş	T.Y. (1950)	Hata payı
RS-1a	357910 D 4473460 K	0,0060	0,04	5,27	1,0409	1,060	0,124	1,0411	994 $\pm$ 100	956	$\pm$ 100
RS-1b		0,0094	0,04	5,17	1,0453	0,661	0,092	1,0454	595 $\pm$ 92	1355	$\pm$ 92
RS-1c		0,0128	0,2	1,1	1,0626	0,245	0,182	1,0629	179 $\pm$ 182	1771	$\pm$ 182
RS-2	357993D 4473393K	0,0051	0,06	1,6	1,0626	0,373	0,143	1,0628	307 $\pm$ 143	1643	$\pm$ 143
RS-3	358106D 4473309K	0,0049	0,03	3,28	1,0488	0,650	0,126	1,0489	584 $\pm$ 126	1366	$\pm$ 126
RS-4	358185D 4473124K	0,0118	0,6	4,36	1,022	6,957	0,657	1,0226	6891 $\pm$ 657	-4941	$\pm$ 657
RS-6	358216D 4473068K	0,0093	0	94,1	1,0411	1,579	0,136	1,0413	1513 $\pm$ 136	437	$\pm$ 136

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tez çalışması kapsamında incelenen traverten yüzleği, büyük bir makaslama zonu olan sağ yanal atıma sahip Kuzey Anadolu Fay Sistemi'ni meydana getiren Kelkit Vadisi segmenti üzerinde çökelmiştir. Traverten KAFS'nin gelişmesine neden olan sıkışma zonuna paralel olarak gelişen bir açılma çatlağından yükselen sular tarafından çökelmiştir ve bu oluşum günümüzde de devam etmektedir. Reşadiye-Termal traverteninin açılma çatlağının doğrultusu KAFS'nin oluşumunu kontrol eden sıkışma yönü ile uyumludur. Bu da Reşadiye-Termal Travertenini'nin oluşumunun KAFS ile kontrol edildiğinin en önemli kanıtıdır.

Morfolojik sınıflamaya göre sırt tipi travertenini olarak çökelmiştir. Traverten oluşumuna kaynaklık sağlayan ana kaya ve Zinav Kireçtaşıdır. CaCO_3 kaynağı olan kayaç kireçtaşıdır. Traverten sırtı KB-GD gidişlidir.

Hazırlanan ince kesitlerin incelenmesi ve yapılan tüm kayaç XRD analizleri sonuçları birbiri ile örtüşmektedir. Örneklenmiş kalsit damarları altere olmamış ve ikinci minerallerle kaplanmamışlardır. Analiz sonucu traverten, tamamen kalsitten mineralinden meydana gelmiştir.

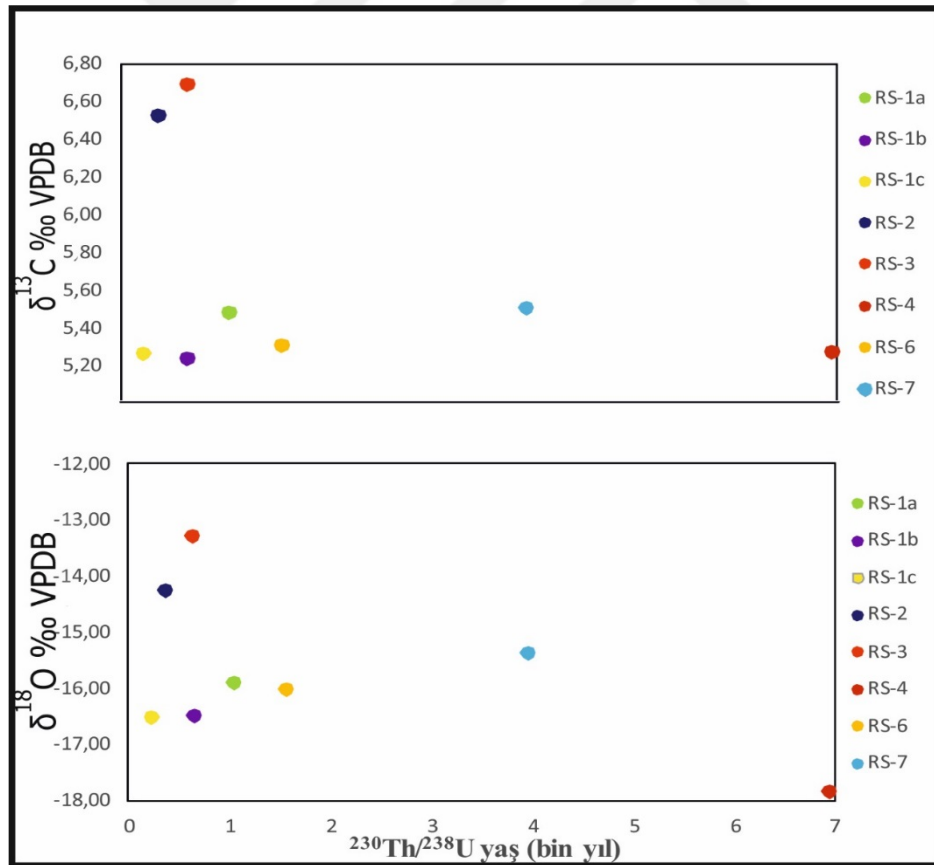
Reşadiye-Termal Traverten örneklerinden elde edilen Nadir Toprak Elementleri ve İtiryum sonuçları Post-Archean Australian Shale (PAAS)'e göre düşük olduğu görülmüştür. Bu durum, travertenini meydana getiren CO_2 bakımından zengin olan jeotermal suların sismik bir aktivite sonucu yüzeye hızlı bir şekilde çıkması ve su-kayaç etkileşiminin kısıtlı olduğunu göstermektedir. Denizel kayaçlar yaygın olarak negatif Ce anomalileri pozitif Y anomalileri gösteren NTE dağılım modelleri ile karakteristiktir. NTE ve Y grafiğinde (Şekil 5.9) negatif Ce ve Y anomalileri dikkati üzerlerine çekmektedir. Bu anomaliler Reşadiye-Termal Travertenini oluşturan akışkanların kökeninin denizel kireçtaşları ile etkileşimde olan termal sular olduğunu gösterir. Ayrıca belirgin bir pozitif Eu anomalisi yüksek sıcaklıktaki ($>200^\circ\text{C}$) su-kayaç etkileşiminin tipik bir sonucu olarak görülebilir. Örneklerdeki pozitif Eu anomalisi ise travertenleri oluşturan akışkanın muhtemelen ısıtıldığını ve bu akışkanların kayaçlar ile etkileşimde bulunduğu hakkında bize bilgi vermektedir.

Reşadiye-Termal Travertenleri'nin numunelerin $\delta^{13}\text{C}$ değerlerinin 5,23 ila 7,85 ‰ (VPDB) aralığında, $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin ise (-12,05) ila (-17,83) ‰ (VPDB) arasındadır. $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ izotop oranları için R^2 değeri 0.8172 olarak

hesaplanmıştır. Bu değer örneklerin önemli pozitif bir korelasyon içinde olduklarını göstermektedir. Bu değerler çalışılan travertenin meteorik kökenli olduğuna ilişkin kuvvetli bir kanıttır.

Bu çalışmanın ana çatısını oluşturan ve daha önce birçok traverten sahası üzerinde uygulanarak başarılı sonuçlar alınan, travertenlerin kronolojik gelişimleri ve ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan U/Th yaşlandırma yöntemi, çatlak sırtı üzerindeki bantlı travertenlerden alınan toplam 7 adet örneğe uygulanmıştır. Traverten örneklerinden elde edilen U/Th yaş analizi sonuçları, bantlı travertenin 0.245 ± 0.182 ile 6.957 ± 0.657 by arasında oluştuğunu göstermektedir.

Çalışılan traverten örneklerinin oksijen ($\delta^{18}\text{O}$: VPDB) ve karbon ($\delta^{13}\text{C}$: VPDB) izotop bileşimlerinin zamansal (U-Th yaşı: bin yıl) değişimleri Şekil 5.11'de gösterilmiştir. Reşadiye-Termal Traverten örnekleri yaklaşık olarak 1-2 bin yıl, 4 bin yıl ve 7 bin yıl önce çökelmişlerdir. Kısım de olsa traverten damarları gençleştikçe $\delta^{13}\text{C}$ ve $\delta^{18}\text{O}$ değerlerinin azaldığı ya da fakirleştiği görülmektedir.



Şekil 6.1. Reşadiye-Termal (Tokat) Traverteninin yaş verilerine karşılık çizilen $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ (‰, VPDB) izotop değerleri grafiği.

Bölgede ağır hasara ve yüzey kırığı gelişmesine neden olan depremler ile Reşadiye-Termal Traverteni'nden elde edilen yaşlar Çizelge 3.1'te yer verilen depremler ile karşılaştırılmıştır. Buna göre RS-1a örneği 968 Kargı depremine, RS-1b örneği 1355 Erzincan depremine ve RS-1c örneği 1784 Yedisu depremine karşılık gelecektir. KAF'nı etkileyen diğer tarihsel olaylar 1666 Erzincan ve 1668 Anadolu depremleridir. Bu depremler RS-2 örneğinden elde edilen yaşa karşılık gelmektedir. Çalışma alanını etkileyen diğer tarihsel olaylar ise 1366 Erzincan depremidir ve bu da RS-3 örneğinin yaşıyla deneştirilebilir. Tarihsel depremler ile ilişkilendirebildiğimiz bu 5 bantlı traverten örneğinin oluşumunda bölge tektonizması/ depremselliği ile etkili olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu da Reşadiye-Termal Traverteni'nin KAFS ile kontrol edildiğinin kanıtı olur.

Bu çalışma daha sonra Reşadiye-Termal Traverteni üzerinde yapılacak olan çalışmalara temel olma özelliği taşımaktadır. Sık aralıklarla yapılacak örnekleme sonucunda bölgeyi etkisi altına alan depremlerin sonucunda meydana gelen kalsit damarlarıyla ilişkileri ortaya konulur.

7. KAYNAKLAR

- [1] Heimann, A., Sass, E., Travertines in the northern Hulla Valley, *Israel Sedimentology*, 36,95-108, **1989**.
- [2] Altunel, E., Hancock, P.L., Structural attributes of travertine- filled extensional fissures in the Pamukkale Plateau, Western Turkey. *International Geology Review*, 38(8), 768-777, **1996**.
- [3] Altunel, E., Morphological features, ages and neotectonic importance of the Pamukkale travertines, *Mineral Research and Exploration Institute (MTA) of Turkey Bulletin*, 118,47–64, **1996**.
- [4] Çakır, Z., Along-strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition; examples from western Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 8(1), 67-80, **1999**.
- [5] Mesci, B. L., Gürsoy, H., Tatar, O., The evolution of travertine masses in the Sivas area (central Turkey) and their relationships to active tectonics. *Turkish Journal of Earth Sciences*. Vol. 17, Issue. 2, pp. 219-240, **2008**.
- [6] Mesci, B.L., Özgün Niteliklere Sahip Travertenler ve Önemleri: Sivas Yöresi Travertenlerinden Örnekler, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56, 1, 23-37, **2013**.
- [7] Temiz, U., Eikenberg, J., U/Th dating of the travertine deposited at transfer zone between two normal faults and their neotectonic significance: Cambazlı fissure ridge travertines (the Gediz Graben-Turkey). *Geodinamica Acta*, 24(2), 95-105, **2011**.
- [8] Altunel, E., Hancock, P.L., Morphology and Structural Setting of Quaternary Travertines at Pamukkale, Turkey, *Geological Journal*, 28, 335-346, **1993**.
- [9] Altunel, E., Hancock, P., Pamukkale Travertenleri Kaç Yaşında?, *Bilim Teknik Dergisi*, Cilt:26, Sayı:308, 496-497, **1993a**.
- [10] Çakır, Z., Tectonic significance of Quaternary Travertine Deposits in the Geriz and Menderes Grabens, Western Turkey. Yüksek Lisans Tezi, University of Bristol, UK, **1996**.
- [11] Mesci, B.L., *Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2004**.
- [12] Flint, R. F., Deevey, E. S., *Radiocarbon* Vol 4, No 1: i, **1962**.
- [13] Blumenthal, M., Orta ve Aşağı Yeşilirmak Bölgelerinin (Tokat, Amasya, Havza, Erbaa, Niksar) jeolojisi hakkında, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü*, Seri D, No.4, Ankara, **1950**.
- [14] Birkan Ö. Kartal G., *Reşadiye (Tokat) Bentonit Sahalarına Ait Jeolojik Etütler*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No. 5152, Ankara, **1974**.
- [15] Kalyoncuoğlu A., Yaşar M., Karabulut A., *Reşadiye (Tokat) Bentonit Sahalarında Ayrıntılı Çalışma Raporu*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:5395, Ankara, **1976**.

- [16] Seymen, İ., *Kelkit Vadisi Kesiminde Kuzey Anadolu Fay Zonunun Tektonik Özellikleri*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, İstanbul, **1975**.
- [17] Terlemez İ., Yılmaz A., Ünye-Ordu-Koyulhisar-Reşadiye arasında kalan yörenin stratigrafisi, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 23/2, 179-192 s, **1980**.
- [18] Yılmaz A., Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışım Konumu, *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Dergisi*, Sayı 99/100,1-18, Ankara, **1983**.
- [19] Terzioğlu, M.N., Doğu Karadeniz Bölgesinde Pliyosen Yaslı Erdembaba Volkanitlerinin Petrolojisi ve Kökensel Yorumu, *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, C. 29, 119-133, Şubat 1986, **1986**.
- [20] Koçak, A., Erzenoğlu, Z., *Reşadiye (Tokat) Kaplıcası Hidrojeoloji Etüt Raporu*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No. 8294, Ankara, **1987**.
- [21] Erzenoğlu, Z., Cadoğlu F.İ., *Reşadiye (Tokat) Kaplıcası Sıcak Su Sondajı (RHS-1) Kuyu Bitirme ve Koruma Alanları Raporu*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Derleme Rapor No.8998, Ankara, **1990**.
- [22] Yücel, B., Özgür, R., *Reşadiye (Tokat) Bölgesinin Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No:10466, Ankara, **1992**.
- [23] Özdemir, T., *Toklar (Reşadiye-Tokat) bentonit yatağının jeolojisi ve ekonomik önemi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi, Ankara, **1994**.
- [24] Yılmaz, A., Terzioğlu, N., The geotectonic setting of Upper Cretaceous Tertiary Volcanism along the Eastern Pontian zone: *International Volcanological Congress*, Abstracts, s.39, **1994**.
- [25] Usgu, S., *Reşadiye (Tokat) Sıcak ve Mineralli Sularının Hidrojeoloji İncelemesi*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, **1997**.
- [26] Pasvanoğlu, S., Canik, B., Hydrogeological Investigation of Tokat Resadiye Thermal Spa and Its Environs. *Proceedings 24.New Zeland International Workshop*, 289-293, **2002**.
- [27] Pasvanoğlu, S., Canik, B., Hydrogeochemical study of the Resadiye (Tokat) geothermal Field, Turkey, *International Geothermal Conference, Reykjavik* Session 4, 21-28, **2003**.
- [28] Yapmış, J., Gülec, N., Karahanoğlu, N., Geothermal fields along the North Anatolian Fault Zone (NAFZ): Assessment of Geothermal Potential. *Proceedings of the World Geothermal Congress*, paper no.0844, **2005**.
- [29] Yaman, S., *Kuzey Anadolu Fay Zonu Civarında Gözlenen Neojen Yaşlı Kuyucak ve Erdembaba Volkanitlerinin Karşılaştırmalı Petrolojisi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2009**.
- [30] Ertürk, Ü., *Reşadiye (Tokat) Yöresinin Jura-Kretase Stratigrafisi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2010**.

- [31] Zabcı, C., Akyüz, H. S., Karabacak, V., Sançar, T., Altunel, E., Gürsoy, H., Tatar, O., Palaeoearthquakes on the Kelkit Valley Segment of the North Anatolian Fault, Turkey: Implications for the Surface Rupture of the Historical 17 August 1668 Earthquake, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 411-427, **2011**.
- [32] Zabcı, C., *Kuzey Anadolu Fayı'nın Ilgaz (Çankırı) Doğusunda Kalan Kesiminin Morfokronoloji Tabanlı Son Beşbin Yıllık Kayma Hızı Tarihçesi Ve Depremselliği*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, **2012**.
- [33] Tatar, O., Poyraz, F., Gürsoy, H., Çakır, Z., Ergintav, S., Akpınar, Z., Koçbulut, F., Sezen, T.F., Türk, T., Hastaoğlu, K.Ö., Polat, A., Mesci, B.L., Gürsoy, Ö., Ayazlı, İ.E., Çakmak, R., Belgen, A., Yavaşoğlu, H., Crustal deformation and kinematics of the Eastern Part of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) from GPS measurements, *Tectonophysics*, 518-521, 55-62 **2012**.
- [34] Arslan, G., *Kuzey Anadolu Fay Zonu Kesimindeki (Reşadiye-Koyulhisar Arası) Volkanik Kayaçların Paleomanyetik Yöntemlerle İncelenmesi*, Yüksek lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2013**.
- [35] Chafetz, H.S., Folk, R.L., Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *Journal of Sedimentary Petrology* 54, 289-316, **1984**.
- [36] Altunel, E., Hancock, P.L., Morphological features and tectonic setting of Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey, *Geological Journal* 28, 335-346, **1993a**.
- [37] Altunel, E., Hancock, P.L., Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey, *Zeitschrift Geomorphologie Supplementary*, 94, 285-302, **1993b**.
- [38] Altunel, E., Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri, *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Dergisi*, 118, 47-64, **1996**.
- [39] Altunel, E., *Active Tectonics and the Evolution of Quaternary Travertines at Pamukkale, Western Turkey*, Yayınlanmamış Doktora Tezi, University of Bristol, UK, **1994**.
- [40] Ayaz, E., Travertenlerde Gözlenen Morfolojik Yapılar ve Tabiat Varlığı Olarak Önemleri, *Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.19, S.2*, 123-134, **2002**.
- [41] Arabey, E., *Tufa ve Traverten*, TBMMO, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:75, Ankara, **2003**.
- [42] Mesci, B.L., *Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi*, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2004**.
- [43] Mesci, B.L., Gürsoy, H., Tatar, O., The Evolution of Travertine Masses in the Sivas Area (Central Turkey) and Their Relationship to Active Tectonics, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, pp. 219-240, **2008**.
- [44] Uysal, T., Feng, Y., Zhao, J., Altunel, E., Weatherley, D., Karabacak, V., Cengiz, O., Golding, S. D., Lawrance, M. G., Collerson, K. D., U-series

- dating and geochemical tracing of late Quaternary travertine in co-seismic fissures, *Earth and Planetary Science Letters*, 257, 450-462, **2007**.
- [45] Uysal, T., Feng, Y., Zhao, J., Işık, V., Nuriel, P., Karabacak, V., Golding, S.D, Hydrothermal CO₂ degassing in seismically active zones during the late Quaternary, *Chemical Geology*, 265, 442-454, **2009**.
- [46] De Filippis, L., Faccenna, C., Billi, A., Anzalo, E., Brilli, M., Ozkul, M., Soligo, M., Tuccimei, M. and Villa, I., Growth of Fissure Ridge Travertines from Geothermal Springs of Denizli Basin, Western Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 124, No. 9-10;1629-1645, **2012**.
- [47] Mesci, B.L., Özgün Niteliklere Sahip Travertenler ve önemleri: Sivas Yöresi Travertenlerinden Örnekler, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 56, 1, 23-37, **2013a**.
- [48] Mesci, B.L., Active Tectonics of the Ortaköy Fissure-Ridge-Type Travertines: Implications for the Quaternary Stress State of the Neotectonic Structure of the Central Anatolian, Turkey, *Geodinamica Acta*, 25, 12-25, **2013b**.
- [49] Yalçın, C.Ç., Investigation of the Subsurface Geometry of Fissure-Ridge Travertine with GPR, Pamukkale, Western Turkey. *Journal of Geophysics and Engineering*, 10 (3), pp. 10, **2013**.
- [50] Karabacak, V., *Ihlara Vadisi Civarındaki Traverten Oluşumları ve Tektonik Önemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, **2002**.
- [51] Karabacak, V., General properties of Ihlara Valley travertines (Central Anatolia) and their implications on crustal deformation, *Journal of Engineering and Architecture Faculty of Eskişehir Osmangazi University*, 20, 2007/2, 35-55, **2007**.
- [52] Temiz, U., Savaş, F., Relationship between Akhüyük fissure ridge travertines and active tectonics: their neotectonic significance (Ereğli-Konya, Central Anatolia), *Arabian Journal of Geosciences*, Vol 8, Issue 4, 2383-2392, **2015**.
- [53] Çolak, E.S., *Doğu Anadolu Fay Sistemi'nin Kuzeydoğu Bölümündeki Travertenlerin Neotektonik Önemi*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, **2014**.
- [54] Çolak, E.S., Özkul, M., Aksoy, E., Sandor, K., Bassam, G., Travertine occurrences along major strike slip fault zones structural depositional and geochemical constraints from the Eastern Anatolian Fault System EAFTS Turkey. *Geodinamica Acta*, 27(2-3),155-174, **2015**.
- [55] Ekizoğlu, Ö., *Yenice (Denizli) Travertenlerinin Morfolojik ve Tektonik Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, **2017**.
- [56] Fatih Coşkun, Reşadiye havadan görüntüler, [https:// www.youtube.com/watch?v=K3J1CY5VDp4](https://www.youtube.com/watch?v=K3J1CY5VDp4) (Nisan 2018).
- [57] Allen, C.R. **1969**. Active faulting in northern Turkey: Division of Geological Sciences, California Institute of Technology, Contribution No. 1577. 32 pp.

- [58] Ketin, İ., Koçyiğiy Kuzey Anadolu Fayı hakkında, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 72, 1–27, **1969**.
- [59] Ambraseys, N. N., Some Characteristic Features of the Anatolian Fault Zone. *Tectonophysics* 9, 143-165, **1970**.
- [60] Ataman, G., Buket, E. ve Çapan, U. Z., Kuzey Anadolu Fay Zonu Bir Paleo-Benioff Zonu Olabilir mi?, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 84, 112-118, **1975**.
- [61] Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F., The Anatolian earthquake of 17 August 1668. In (W.H.K. Lee, H. Meyers and K. Shimizaki; Eds) Historical seismograms and earthquakes of the world, *Academic Press*, 173-180, **1988**.
- [62] Adıyaman, O., Chorowicz, J., Arnaud, N., Gündoğdu, N., Gourgaud, A., Late Cenozoic tectonics and volcanism along the North Anatolian Fault: New structural and geochemical data, *Tectonophysics*, 338, 135-165, **2001**.
- [63] Şengör, A.M.C., The North Anatolian transform fault; its age, off set and tectonic significance, *Journal of the Geological Society, London* 136, 269–282, **1979**.
- [64] Barka, A.A., *Seismo-tectonics aspects of the North Anatolian Fault Zone*, Ph. D. Thesis, University of Bristol, Bristol, **1981**.
- [65] Barka, A.A., Hancock, P.L., Neotectonic deformation patterns in the convex-northwards arc of the North Anatolian fault zone, *Geological Society, London, Special Publications*, 17(1), 763-774, **1984**.
- [66] Şengör, A.M.C., Görür, N., Şaroğlu, F., Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation in Zones of Tectonic Escape: Turkey as a Case Study, *The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Special Publication No. 37, 227-264, **1985**.
- [67] Şaroğlu, F., *Geological and Structural Evolution of East Anatolia during Neotectonic Period*, Ph. D. Thesis, İstanbul Univesity, İstanbul, **1985**.
- [68] Şaroğlu, F., The age and offset on the North Anatolian Fault, *METU Journal Pure and Applied Sciences*, 21, 65-79, **1988**.
- [69] Koçyiğit, A., Basic geological characteristics and total offset of the North Anatolian Fault zone in Suşehri area, NE Turkey, *METU Pure and Applied Sciences*, 22, 43-68, **1988**.
- [70] Barka, A. A., The North Anatolian fault zone, *Annales Tectonicae*, 6, 164-195, **1992**.
- [71] Sengör, A.M.C., Yılmaz, Y., Tethyan evolution of Turkey; a plate tectonic approach, *Tectonophysics*, 75, 181-241, **1981**.
- [72] Dewey, J.F., Şengör, A.M.C., Aegean and surrounding regions: complex multipart and continuum tectonics in a convergent zone, *Geological Society of America Bulletin*, 90, 84-92, **1979**.
- [73] McKenzie, D. P., Plate tectonics of the Mediterranean region, *Nature*, 220, 239-343, **1970**.

- [74] McKenzie, D.P., Active tectonics of Mediterranean region, *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, 30, 109-185, **1972**.
- [75] Şengör, A.M.C., Fundamentals of neotectonics of Turkey: *TJK Conference Series* 2, 40p, **1980**.
- [76] Koçyiğit, A., Beyhan, A., A new intracontinental transcurrent structure: The Central Anatolian Fault Zone, Turkey, *Tectonophysics* 289, 317-336, **1998**.
- [77] Şengör, A.M.C., Kidd, W.S.F., Post-collision tectonics of the Turkish Iranian plateau and a comparison with Tibet, *Tectonophysics*, 55, 361-376, **1979**.
- [78] DeMets, C., Gordon, R.G., Argus, D.F., Stein, S., Current plate motions, *Geophysical Journal International*, 1001, 425-478, **1990**.
- [79] Barka, A.A., Reilinger, R., Active tectonics of the Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annali di Geofisica*, 40, 587-610, **1997**.
- [80] McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R.W., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadaria, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prelepin, M., Reilinger, R.E., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G., Global positioning system constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal of Geophysical Research*, 105, 5685-5719, **2000**.
- [81] Reilinger, R., McClusky, S., Paradissis, D., Ergintav, S., Vernant, P., Geodetic constraints on the tectonic evolution of the Aegean region and strain accumulation along the Hellenic subduction zone, *Tectonophysics*, 488, 22-30, **2010**.
- [82] Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Gorur, N., Le Pichon, X., Rangin, C., The North Anatolian Fault: A New Look. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 33, 37-112, **2005**.
- [83] Ketin, İ., Kuzey Anadolu Deprem Fayı. *İstanbul Teknik Üniversitesi Dergisi*, 15:49-52, **1957**.
- [84] Tokay, M., Geological observations on the North Anatolian Fault Zone between Gerede and Ilgaz. in: Proceedings of Symposium on North Anatolian Fault Zone and Earthquake Belt, Mineral Resources and Exploration Institute Public, Ankara, pp. 12-29, **1973**.
- [85] Gautier, P., Brun, J.-P., Moriceau, R., Sokoutis, D., Martinod, J., Jolivet, L., Timing, kinematics and cause of Aegean extension: a scenario based on a comparison with simple analogue experiments, *Tectonophysics*, 315, 31-72, **1999**.
- [86] Barka, A.A., Kadinsky-Cade, K., Strike-slip fault geometry in Turkey and its influence on earthquake activity, *Tectonics*, 7 (3), 663-684, **1988**.
- [87] Tatar, Y., Tectonic study of Erzincan-Refahiye section of the North Anatolian Fault Zone, Hacettepe University Earth Sciences, 4, 201-236, **1978**.

- [88] Tatar, O., *Neotectonic structures in the east-central parts of the North Anatolian Fault Zone.*, PhD. Thesis, Univ. Keele, **1993**.
- [89] Ayhan, M.E., Demir, C., Kahveci, M., Kaplan, M., 1990-1993 yılları GPS ölçümleri ile Gerede-Adapazarı bölgesindeki alanın belirlenmesi, in: *Türk Haritacılığının 100. yılı Bilimsel Kongresi*, Ankara, pp. 55-60, **1995**.
- [90] Yaltırak, C., Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190, **2002**.
- [91] Ambraseys, N. N., Finkel, C. F., *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas*, İstanbul: Eren Yayıncılık, **1995**.
- [92] Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., *Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan Sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar)*, İstanbul, İTÜ Maden Fakültesi Ofset Matbaası, **1967**.
- [93] Guidoboni, E., Comastri, A., Catalogues of Earthquakes and tsunamis in the Mediterranean area from the 11th to 15th century, *Rome: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*, **2005**.
- [94] Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., Catalogue of Ancient Earthquakes in the Medditeranean Area up to the 10th Century, Roma: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*, **1994**.
- [95] Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu, MÖ. 2100-MS. 1900, İstanbul: TÜBİTAK Proje No: TBAG-341, **1981**.
- [96] Tan, O., Tapırdamaz, M. C., Yörük, A., The earthquake catalogues for Turkey, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 17, 405-418, **2008**.
- [97] Ambraseys, N. N., Jackson, J. A., Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region, *Geophysical Journal International*, 133, 390-406, **1998**.
- [98] Shebalin, N. V., Tatevossian, R. E., Catalogue of large historical earthquakes of the Caucasus. In Historical and Prehistorical earthquakes in the Caucasus, Volume, ss. 201-232. Eds. Giardini D. ve Balassanian S., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, **1997**.
- [99] Kondorskaya, N. V., Ulomov, V. I., Special Catalogue of Earthquakes of the Northern Eurasia (SECNE) 25.01.2009, **1999**.
- [100] Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yılmaz, M., Bütünleştirilmiş homojen Türkiye deprem kataloğu (1900-2010; $M \geq 4.0$), Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Bebek- İstanbul, **2011**.
- [101] Ambraseys N.N., The little-known earthquakes of 1866 and 1916 in Anatolia (Turkey). *Journal of Seismology*, 1, 3, 289-299, **1997**.
- [102] Barka, A. A., Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the period 1939 to 1967, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 86, 1238-1254, **1996**.
- [103] Dewey, J. W., Seismicity of Northern Anatolia, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 66, 843-868, **1976**.

- [104] Bates, R. L., Jackson, J. A., *Glossary of Geology (Second Edition)*, American Geology Institute Falls Church, Virginia, 751, **1980**.
- [105] Julia, R., Travertines. In: P.A. Scholle, D.G. Bebout, C.H. Moore (Editors), Carbonate depositional Environments, *American Association of Petroleum Geologist*, 33, 64-72, **1983**.
- [106] Okay, A.C., *Mineralbilim*, İstanbul Üniversitesi Yayını, **1976**.
- [107] Pentecost, A., Travertine, *Springer Verlag*, 445p, **2005**.
- [108] Ford, T.D., Pedley, H.M., A review of tufa and travertine deposits of the world, *Earth-Science Reviews* 41, 117-175, **1996**.
- [109] Guo, L., Riding, R., Hot-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy, *Sedimentology*, 45, 163–180, **1998**.
- [110] Smart, P.L., Uranium series dating. In: P.L. Smart and P.D. Francis (Eds.). Quaternary dating Methods-a User's Guide, *Quaternary Research Association Technology*, Guide 4, London, pp.45-83, **1991**.
- [111] Çelik, O.F., Radyometrik tarihlendirme yöntemleri; $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, ^{14}C , U/Th ve Fizyon İz. İn: Kazancı, N. ve Gürbüz, A.(ed), *Kuvaterner Bilimi*, Ankara, 471-492, **2012**.
- [112] Sibson, R.H., Moore, J. McM., Rankin, A.H., Seismic pumping a hydrothermal fluid transport mechanism, *Journal of the Geological. Society of London*, 131, 653-659, **1975**.
- [113] Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Cakır, Z., Travertines: using travertines in active fault studies, *Journal of Structural Geology*, 21, 903–916, **1999**.
- [114] Brogi, A., Capezzuoli, E., Travertine deposition and faulting: the fault-related travertine fissure ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy), *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 98, 931–947, **2009**.
- [115] Brogi, A., Capezzuoli, E., Alçiçek, M.C., Gandin, A., Evolution of a fault controlled fissure-ridge type travertine deposit in the western Anatolia extensional province: the Cukurbağ fissure-ridge (Pamukkale, Turkey). *Journal of the Geological Society*, **2014**.
- [116] Taylor, S. R., McLennan, S. H., *The Continental Crust: Its Composition and Evolution*, Blackwell, Oxford, 312 pp, **1985**.
- [117] Bau, M., Dulski, P., Möller, P., Yttrium and holmium in South Pacific seawater: vertical distribution and possible fractionation mechanisms, *Chemie der Erde Geochemistry* 55, 1–15, **1995**.
- [118] Elderfield, H., The oceanic chemistry of the rare-earth elements, *Royal Society of London*, Series A 325, 105–126, **1988**.
- [119] Bau, M., Rare earth element mobility during hydrothermal and metamorphic fluid–rock interaction and the significance of the oxidation state of europium, *Chemical Geology*, 93, 219–230, **1991**.

- [120] Liu, Z., Yuan, D., He, S., Cao, J., You, S., Dreybrodt, W., Svensson, U., Yoshimura, K., Drysdale, R., Origin and forming mechanisms of travertine at Huanglong Ravine of Sichuan, *Geochimica*, 32, 1–10, **2003**.
- [121] Rollinson, H.R. (1993). Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation and Interpretation. Longman, Harlow, 352 p



ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : İsmail AYDOĞDU

Doğum Yeri : Altındağ

Medeni Hali : Bekar

E-posta : aydogdui.06@gmail.com

Adresi : Yenibatu Mah. 2422. Sk. Güneypark Evleri B Blok No:18
Batıkent/ANKARA

Eğitim

Lise : Batıkent Lisesi

Lisans : Mersin Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil Düzeyi

İngilizce (iyi)

İş Deneyimi

-

Deneyim Alanları

Yapısal Jeoloji, Neotektonik

Tezden Üretilmiş Projeler ve Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

Dirik, K., Aydoğdu, İ., Uysal, T., Ünal-İmer, E., Mutlu, H., Karabacak, V., Yüce, G., Temel, A., Uranyum-Serisi Yaş Tayini Çalışmaları İle Geç Kuvaternerde'ki Paleodepremselliğin Tespiti: Çermik-Reşadiye Travertenleri (Kuzey Anadolu Fay Sistemi-Kelkit Segmenti), 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri, 665-656, Ankara, **2018**.

Dirik, K., Aydoğdu, İ., Uysal, T., Ünal-İmer, E., Mutlu, H., Karabacak, V., Yüce, G., Temel, A., 2018, The Importance of Uranium-Series Dating For Investigation of the Late Quaternary Paleosismicity: Çermik-Reşadiye Fissure-Ridge Travertine (Kelkit Segment of North Anatolian Fault System-Turkey), Geophysical Research Abstracts, Vol. 20, EGU2018-12132, EGU General Assembly **2018**.





HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

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

Tarih: 09/07/2018

Tez Başlığı : Traverten Çökellerinin Aktif Tektonik Çalışmalar İçin Önemi: Tokat Reşadiye Traverten (Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Türkiye)

Yukarıda başlığı gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 82 sayfalık kısmına ilişkin, 09/07/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *Turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 8 'dir.

Uygulanan filtrelemeler:

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

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

Gereğini saygılarımla arz ederim.

09.07.2018

Adı Soyadı: İsmail Aydoğdu
Öğrenci No: N14120074
Anabilim Dalı: Jeoloji Mühendisliği
Programı: Yüksek Lisans
Statüsü: ☒ Y.Lisans ☐ Doktora ☐ Bütünleşik Dr.

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

(Prof. Dr. R. Kadir Dirik)