

**DİYADİN (AĞRI) TRAVERTENLERİNİN GELİŞİMİ
MORFOLOJİK VE AKTİF TEKTONİK ÖZELLİKLERİ**

Hüseyin Emre SÜRMELİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2014**

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİYADIN (AĞRI) TRAVERTENLERİNİN GELİŞİMİ
MORFOLOJİK VE AKTİF TEKTONİK ÖZELLİKLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hüseyin Emre SÜRMELİ
(2011FEY001)**

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doc. Dr. B. Levent MESÇİ

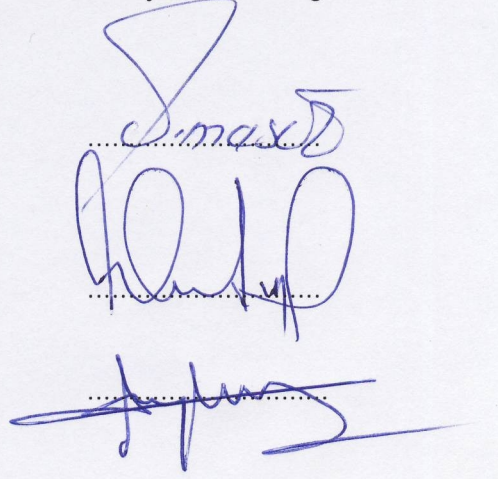
**SİVAS
2014**

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen/Sosyal/Sağlık/Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. B. Levent MESCI
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Halil GÜRSOY
Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Hüseyin Yılmaz
Cumhuriyet Üniversitesi



ONAY

Bu tez çalışması 03.07.214 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez alışması Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenen **M - 497** numaralı katılımlı araştırma projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sırasında bana destek olan öncelikle annem Ayşe Sürmeli'ye, aileme tüm arkadaşlarıma...

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Diyadin (Ağrı) Travertenlerinin Gelişimi, Morfolojik ve Aktif Tektonik Özellikleri

Hüseyin Emre SÜRMELİ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman Yrd. Doç. Dr. B. Levent MESÇİ

Bu çalışma ile Ağrı ili Diyadin ilçesi jeotermal sahasında yer alan Kuvaterner yaşlı travertenlerin gelişimi ve aktif tektonikle ilişkisini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır. Diyadin travertenleri Ağrı'nın yaklaşık 50 km doğusunda, Diyadin ilçesinin 7 km güneyinde yer alan Diyadin jeotermal alanında bulunmaktadır. Morfolojik sınıflamaya göre bölgedeki travertenlerin büyük bir kısmını çatlak sırtı tipi travertenler ve birkaç lokasyonda küçük yüzlekler biçiminde dom tipi travertenler oluşturmaktadır.

U/Th yaşlandırma bulguları, bu bölgedeki traverten oluşumunun günümüzden yaklaşık 125.000 yıl önce başladığını ortaya koymuştur. Uranyum serisi yaş analizleri sonucunda inceleme alanında yer alan sırt tipi travertenlerin yaşlarının 10.011 (± 24.655) ile 125.076 (± 9.387) yıl arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Diyadin traverten alanında elde edilen açılma hızları 1,05 mm/yıl ile 0.012 mm/yıl arasında değişirken, ortalama bölgesel açılma oranı 0.352 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Bölgedeki tüm sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden elde edilen gül diyagramında, açılma çatlaklarının DKD-BGB ve KB-GD doğrultularda yoğunlaştıkları saptanmıştır. Bu sonuçlar Doğu Anadolu sıkışma bölgesindeki Şengör (1980), Koçyiğit ve diğ., (2001), Şaroğlu, (1986) tarafından ortaya konulmuş olan KKB-GGD gidişli açılma çatlaklarıyla uyum göstermemektedir. Bu yoğunlaşmaların Balık Gölü fayı ve Çaldıran fayı arasında kalan blok üzerinde gelişmiş deformasyonlar sonucunda oluştuğu biçiminde yorumlanmıştır.

İnceleme alanında bantlı travertenlerle volkanik kayaçların dokanak halinde olması, bantlı travertenlerin sadece yüzeyde oluşmadığını çatlak sistemini içeren temel kayaların içinde de derinlerde doğru devam ettiğini göstermektedir.

Aktif tektonik ile yakından ilişkisi, doğal güzelliği ve turistik çekiciliği nedeni ile Pamukkale'deki travertenler koruma altına alınmıştır. Pamukkale travertenleri kadar önemli olan ve içerisinde gelişen yapıların özelliği gereği doğal jeolojik miras niteliğindeki Diyadin Travertenlerinin ve traverten köprülerinin koruma altına alınması gereklidir. Bu çalışma sonucunda jeotermal etkinliğin en az 125.000 yıldan beri devam ettiği ve bölgesel tektonik rejimle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bölgesel

tektonik rejimin kısa süreçler sonrasında değişmeyeceği göz önüne alındığında bölgenin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğu gerçeği gözden kaçırılmamalıdır

Anahtar Kelimeler: *Aktif Tektonik, Diyardin Travertenleri, Traverten, Traverten Tektoniği, U/Th yaş yöntemi*

ABSTRACT

MSc Thesis

The Development of Travertine Occurences Diyadin (Ağrı) and Morphologic and Active Tectonics Properties

Hüseyin Emre SÜRMELİ

Cumhuriyet University
Institute of Applied and Natural Sciences
Geological Engineering Department

Supervisor : Assistant Prof. Dr. B. Levent MESÇİ

This study aims to investigate the development of Quaternary travertines and their relationships with local active tectonics, located in the Diyadin geothermal district within the province of Ağrı. Diyadin travertines are located about 50 km to the east of Ağrı and 7 km to the south of Diyadin geothermal district.

When the morphological classification of the travertines is considered, most of them are regarded as fissure-ridge type travertines, rarely dome type travertines in some small localities.

U/Th series age dating results indicate that the travertine deposition goes back to 125.000 years. U-series age dating yields an age of 10.011 (± 24.655) to 125.076 (± 9.387) within fissure-ridge type travertines in the region. While extension speed calculated for the travertine region is changing between 1.05 mm/year and 0.012 mm/year, age and fissure width data indicate a 0.352 mm/year extension rate within Diyadin travertines.

In the Rose diagram which is obtained from all ridge-type travertines' fissure axis in the region, it is determined that extensional fissures are concentrated in ENE-WSW and NW-SE directions. These results do not compliance with NNE-SSE directional opening fissures in the East Anatolian compressional region which are introduced by Şengör, (1980), Koçyigit et al., (2001) and Şaroğlu, (1986). It is interpreted that these concentrations are formed in the result of deformations which are developed on blocks between the Balık Lake and Çaldıran fault.

The contact between banded travertines and extrusive rocks in the study area demonstrates that banded travertines not only occur on the surface but also continue to deep in the basement rocks which contains fissure system.

Pamukkale travertines is one of the spectacular natural heritage and tourist attraction place in the world, as well as a site for active tectonic studies. For these reasons, the area is now under protection. As shows similarities, Diyadin travertines and travertine bridges should also be protected in the same way. As a result of this study, it is indicated that the geothermal activity continues from at least 125.000 years and is related to regional tectonic regime. When it is considered that regional

tectonic regime will be same after a short process, it should be neglected that the region reveals one of the most important geothermal energy potential in Turkey.

Keywords: *Active Tectonics, Diyardin Travertine, Travitonics, U/Th Age Dating*

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak yapılan bu çalışmanın konu ve arazi seçimindeki yönlendirmesiyle, saha çalışmaları ve tez yazım aşamalarında teşvik ve önerileri ile her türlü yardımı esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. B. Levent MESÇİ'ye (CÜ), Prof. Dr. Halil GÜRSOY'a (CÜ),

Yine tezin her aşamasında göstermiş oldukları, yardım ve anlayıştan dolayı Prof. Dr. Orhan TATAR'a (CÜ), Prof. Dr. Kaan Ş. KAVAK'a (CÜ), Yrd. Doç. Dr. Taner EKİCİ'ye ve Yrd. Doç. Dr. Özgen KANGAL'a

Paleomanyetik analizlerdeki katkılarından dolayı Dr. Bassam GHALEB'e (Montreal Quebec Üniversitesi Canada),

Ayrıca, Tezin her aşamasında göstermiş oldukları anlayış, özveriye desteklerinden dolayı annem Ayşe SÜRMELİ'ye, ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XII
EKLER DİZİNİ.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı	1
1.2. Çalışma Yöntemleri	1
1.3. Çalışma Alanının Konumu	2
1.4. Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi	2
1.5. Öncel Çalışmalar.....	4
2. ÇALIŞMA ALANI ve YAKIN ÇEVRESİNİN BÖLGESEL JEOLJİK, TEKTONİK ÖZELLİKLERİ DEPREMSELLİĞİ.....	6
2.1. Çalışma Alanını ve Yakın Çevresinin Jeolojik Özellikleri.....	6
2.2. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Depremsellliği.....	14
3. TRAVERTEN TANIMI, ÖNCEL ÇALIŞMALAR ve TRAVERTENLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	17
3.1 Travertenler Üzerine Yapılmış Öncel Çalışmalar.....	17
3.2. Traverten Teriminin Etimolojisi ve Tanımı	17
3.3. Travertenlerin Çökelme Koşulları.....	17
3.4. Travertenlerin Sınıflandırılması	19
3.4.1. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler	20
3.4.2. Dom Tipi Travertenler	22
4. YAPISAL JEOLJİ/TEKTONİK.....	23
4.1. Travertenlerin Tektonik - Neotektonik Önemleri	23
4.2. Diyardin Çatlak Sırtı Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri.....	25
4.2.1. I Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	30
4.2.2. II Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	31
4.2.3. III Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	33

4.2.4. IV Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	34
4.2.5. V Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	36
4.2.6. VI Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	38
4.2.7. VII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	40
4.2.8. VIII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	42
4.2.9. IX Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	44
4.2.10. X Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	45
4.2.11. XI Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	46
4.2.12. XII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	48
4.2.13. XIII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	49
4.2.14. XIV Numaralı Sırt Tipi Traverten	51
4.2.15. XV Numaralı Sırt Tipi Traverten	52
4.2.16. XVI Numaralı Sırt Tipi Traverten	54
4.2.17. XVII ve XVIII Numaralı Sırt Tipi Travertenler	56
4.2.18. XIX Numaralı Sırt Tipi Traverten	57
4.2.19. XX Numaralı Sırt Tipi Traverten	59
4.2.20. XXI Numaralı Sırt Tipi Traverten	61
4.2.21. XXII Numaralı Sırt Tipi Traverten	62
4.2.22. XXIII Numaralı Sırt Tipi Traverten	64
4.2.23. XXIV Numaralı Sırt Tipi Traverten	66
4.2.24. XXV Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	67
4.2.25. XXVI Numaralı Sırt Tipi Traverten	69
4.2.26. XXVII Numaralı Sırt Tipi Traverten	70
4.2.27. XXVIII Numaralı Sırt Tipi Traverten	71
4.2.28. XXIX Numaralı Sırt Tipi Traverten	73
4.2.29. XXX Numaralı Sırt Tipi Traverten	75
4.2.30. XXXI Numaralı Sırt Tipi Traverten	76
4.3. Diyadin Traverten Köprüleri	78
5. DİYADİN TRAVERTENLERİNİN U/Th YÖNTEMİ ile YAŞLANDIRILMASI	80
5.1. U/Th Yaş Yöntemi ve Travertenlere Uygulanabilirliği.....	80
5.2. Analitik Yöntemler	81
5.3. U/Th Yaş Analizi İçin Alınan Örneklerin Konumları ve Özellikleri	81
5.4. Örneklerin U/Th Yöntemi ile Belirlenen Yaş Sonuçları.....	86
5.5. U/Th Yaş Analizi Sonuçlarına Göre Çatlakların Açılma Hızları	86
6. TARTIŞMALAR ve SONUÇLAR.....	88
7. YARARLANILAN BELGELER.....	90
8. ÖZGEÇMİŞ	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası	3
Şekil 1.2 Çalışma alanının içinde bulunduğu 1/100.000, 1/25.000 ve 1/5.000'lik paftalar	3
Şekil 1.3 Çalışma alanının sayısal arazi modeli	4
Şekil 2.1 İnceleme alanının Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi içerisinde yeri	6
Şekil 2.2 Diyardin ve yakın çevresinin jeolojik haritası	8
Şekil 2.3 Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde gözlenen deformasyon biçimleri	9
Şekil 2.4 İnceleme alanı ve yakın çevresinde yer alan aktif faylar	10
Şekil 2.5 Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde etkin olan neotektonik rejim alanları	11
Şekil 2.6 İnceleme alanı ve yakın dolayında yer alan faylar ve depremlerin görünümü	11
Şekil 2.7 İnceleme alanı ve yakın dolayında yer alan faylar ve depremlerin görünümü	12
Şekil 2.8 Doğu Anadolu'nun neotektonik döneminde gelişmiş olan yanardağlar	13
Şekil 2.9 Tüflerin mikroskop altında çift nikoldeki görünümleri	13
Şekil 2.10 Hipokristelin porfirik dokulu bazaltların mikroskop altında çift nikoldeki görünümleri	14
Şekil 2.11 Türkiye deprem haritası üzerinde Ağrı ilinin konumu	14
Şekil 2.12 Aletsel dönem içerisinde Ağrı ili ve çevresinde gerçekleşen depremler	16
Şekil 3.1 Traverten çökelim ortamları	18
Şekil 3.2 Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun gelişim evreleri	21
Şekil 3.3 Hidrotermal etkinliğin sona ermesinden sonra devam eden açılma	21
Şekil 3.4 Diyardin'de gelişen dom tipi travertenlerin görünümü	22
Şekil 4.1 Türkiye'de bulunan sıcak su çıkış merkezleri ve aktif ana tektonik hatlar arasındaki ilişki	24
Şekil 4.2 Bantlı travertenlerdeki yaş ilişkisi	24
Şekil 4.3 Diyardin'deki ana çatlak eksenlerinden hazırlanan gül diyagramı	25
Şekil 4.4 Diyardin bölgesindeki sırt tipi travertenlerin numaralandırılmış konumlarını gösteren harita	26
Şekil 4.5 III. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler	27
Şekil 4.6 II. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler	28
Şekil 4.7 I. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler	29
Şekil 4.8 I numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	30
Şekil 4.9 I numaralı sırt tipi travertenin görünümü	31
Şekil 4.10 II numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	32

Şekil 4.11 II numaralı sırt tipi travertenin görünümü	32
Şekil 4.12 III numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	33
Şekil 4.13 III numaralı sırt tipi travertenin görünümü	34
Şekil 4.14 IV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	35
Şekil 4.15 IV numaralı sırt tipi travertenin görünümü	35
Şekil 4.16 IV numaralı sırt tipi travertenin üzerinde bulunan su çıkışı ve havuz	36
Şekil 4.17 V numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	37
Şekil 4.18 V numaralı sırt tipi travertenin görünümü	38
Şekil 4.19 V numaralı sırt tipi travertenin üzerinde gözlenen pasifleşmiş su çıkış noktaları	38
Şekil 4.20 VI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	39
Şekil 4.21 VI numaralı sırt tipi travertenin görünümü	40
Şekil 4.22 VI numaralı sırt tipi travertenin üzerinde bulunan güncel su çıkışı	40
Şekil 4.23 VII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	41
Şekil 4.24 VII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	42
Şekil 4.25 VIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	43
Şekil 4.26 VIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	43
Şekil 4.27 IX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	44
Şekil 4.28 IX numaralı sırt tipi travertenin görünümü	45
Şekil 4.29 X numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	46
Şekil 4.30 XI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	47
Şekil 4.31 XI numaralı sırt tipi travertenin görünümü	47
Şekil 4.32 XII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	48
Şekil 4.33 XII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	49
Şekil 4.34 XIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	50
Şekil 4.35 XIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	50
Şekil 4.36 XIV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	51

Şekil 4.37 XIV numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	52
Şekil 4.38 XV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c).....	53
Şekil 4.39 XV numaralı sırt tipi travertenin görünümü	54
Şekil 4.40 XVI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	55
Şekil 4.41 XVI numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	55
Şekil 4.42 XVII ve XVIII numaralı sırtların harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramları (b) ...	56
Şekil 4.43 XVII ve XVIII numaralı sırt tipi travertenlerin görünümü.....	57
Şekil 4.44 XIX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	58
Şekil 4.45 XIX numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	59
Şekil 4.46 XX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	60
Şekil 4.47 XX numaralı sırt tipi travertenin görünümü	60
Şekil 4.48 XXI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	61
Şekil 4.49 XXI numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	61
Şekil 4.50 XXII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	63
Şekil 4.51 XXII numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	64
Şekil 4.52 XXIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	65
Şekil 4.53 XXIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü.....	65
Şekil 4.54 XXIV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	66
Şekil 4.55 XXIV numaralı sırt tipi travertenin görünümü	67
Şekil 4.56 XXV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	68
Şekil 4.57 XXV numaralı sırt tipi travertenin görünümü	69
Şekil 4.58 XXVI numaralı sırt tipi travertenin görünümü	69
Şekil 4.59 XXVII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	70
Şekil 4.60 XXVII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	71
Şekil 4.61 XXVIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	72
Şekil 4.62 XXVIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü	73

Şekil 4.63 XXIX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	74
Şekil 4.64 XXIX numaralı sırt tipi travertenin görünümü	74
Şekil 4.65 XXX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	75
Şekil 4.66 XXX numaralı sırt tipi travertenin görünümü	76
Şekil 4.67 XXXI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)	77
Şekil 4.68 XXXI numaralı sırt tipi travertenin görünümü	78
Şekil 4.69 Köprü Çermiğinin batısında yer alan traverten köprüsü	79
Şekil 4.70 Köprü Çermiğinin kuzeybatısında yer alan traverten köprüsü	79
Şekil 5.1 U/Th 1-1 ve 1-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü	83
Şekil 5.2 U/Th 2-1a, 2-1b ve 2-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü	83
Şekil 5.3 U/Th 3-1 ve 3-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü	84
Şekil 5.4 U/Th 4-1ve 4-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü	85
Şekil 5.5 U/Th 5 numaralı örneğin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	85
Şekil 5.6 U/Th 6-1 ve 6-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	86

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Ağrı ili ve çevresinde meydana gelen aletsel dönem depremler	15
Çizelge 5.1: ,Ağrı Diyadin tarverten alanından alınan örneklerin konumu ve yaş sonuçları	82
Çizelge 5.2: Yaş sonuçları ve çatlak genişliklerinden elde edilen açılma hızları	87

EKLER DİZİNİ

Ek:1	I. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler
Ek:2	II. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler
Ek:3	III. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Travertenler özel oluşum koşulları altında ve ortamlarda oluşmaları, oluştukları bölgenin jeolojik-tektonik özelliklerine ilişkin önemli veriler barındırmaları nedeniyle çeşitli araştırmacılar tarafından (Heimann ve Sass, 1989; Altunel ve Hancock, 1996; Altunel, 1994 ve 1996; Çakır, 1999; Mesci ve diğ., 2008 ve Mesci 2012, Karabacak, 2002; Temiz ve Eikenberg, 2011) ayrıntılı olarak incelenen bir kayaç türüdür.

Faylar ve çatlaklar, hidrotermal akışkanın yüzeye taşınmasında önemli rol oynar. Türkiye'nin birçok bölgesinde yaygın jeotermal sahaların varlığı ve bunların çevresinde birçok traverten yüzleklerinin oluşumunun Pliyo-Kuvaterner 'den bu yana oluşmaya başlamış olması, aktif tektonik etkinliğin yakın jeolojik geçmişte ve günümüzde de devam ettiğinin bir göstergesidir. Travertenlerin çökelişi sırasında gelişen yapılar, çökelişi sırasında ve sonrasındaki tektonik kuvvetlerin yönü ve kronolojisi hakkında önemli bilgiler verir. Hidrotermal çözeltilerin zaman zaman radyoaktif elementleri de bünyelerinde bulundurmaları nedeniyle bu çözeltilerin oluşturduğu karbonatlı çökellerin bünyesinde U, Th gibi radyoaktif elementler bu çökeller içerisinde yer alabilir. Bu radyoaktif elementlerin izotoplarından yararlanılarak U/Th yaş tayini yöntemi uygulanarak, travertenlerin yaşları belirlenebilmektedir (Altunel, 1994, 1996).

Bu çalışma, halen oluşumu devam eden Ağrı ili, Diyadin jeotermal alanında yer alan traverten oluşumlarının (Diyadin Travertenleri); morfolojik özelliklerinin, aktif tektonik özelliklerinin, oluşum yaşlarının ve bölgesel açılma oranlarının belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bölgede yer alan travertenler ilk kez bu çalışma ile Uranyum/Toryum (U/Th) yöntemi ile yaşlandırılmış, morfolojik ve yapısal özellikleri ortaya konularak tektonik-aktif tektonik amaçlı değerlendirilmiştir.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma aşağıda verilen 3 aşamada gerçekleştirilmiştir.

- **Literatür tarama ve büro çalışmaları**

Traverten çökellerinin tektonik açıdan değerlendirilmesi için traverten tektoniği ile ilgili önceki yapılan çalışmalardan travertenlerin morfolojisi, oluşumunu, yaşlandırma yöntemlerini kapsayan makale, kitap gibi kaynaklar ayrıntılı ve özenli bir şekilde taranarak tez aşamasının başlangıcında gerekli dokümantasyon sağlanmıştır.

Saha çalışmaları sırasında uygulanan jeolojik haritalama tekniğinin temelini kırık-çatlak sistemlerinin ayrıntılı belirlenmesi oluşturduğu için, incelenen bölgelerin ayrıntılı topoğrafik haritalarına gereksinim duyulmuştur. Bu nedenle 1/25.000 ölçekli ve 1/5000 ölçekli topoğrafik haritalar ve WorldView-2 uydu görüntüsünün sağlanması bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

- **Saha çalışmaları**

Çalışmanın bu aşamasında 1/5.000 ölçekli jeolojik haritalama gerçekleştirilmiştir. Çatlak ve kırık eksenlerinin durumları pusula ile konumları ise sistematik olarak GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile saptanmış ve böylece çok yüksek duyarlılıkta bir çatlak/kırık haritalaması yapılmıştır. Radyometrik yaş analizler için sistematik örnek alımları da bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

- **Verilerin değerlendirilmesi ve tez yazımı**

Saha çalışmaları sırasında elde edilen verilerin değerlendirilmesine çalışmanın bu aşamasında başlanmıştır. Öncelikle GPS ile alınan çatlaklara ilişkin enlem ve boylam değerleri, çatlak genişlikleri, traverten tabakalarının doğrultu ve eğimleri bilgisayar ortamında 1/5.000 ölçekli topoğrafik harita üzerine geçirilmiştir. Bu çatlaklar üzerinde tektonik yorumlara gidebilmek amacıyla her bir çatlak takımı için ve tüm alanlar için ayrı ayrı gül diyagramları oluşturulmuştur.

Araziden alınan traverten örneklerinin Radyometrik yaş tayinleri ise Montreal Quebec Üniversitesinde Dr. Bassam GHaleb tarafından yapılmıştır.

1.3. Çalışma Alanının Konumu

İnceleme alanını oluşturan traverten sahası Ağrı'nın yaklaşık 50 km doğusunda bulunan Diyadin ilçesinin 7 km güneyinde yer alan Diyadin jeotermal alanında bulunmaktadır.

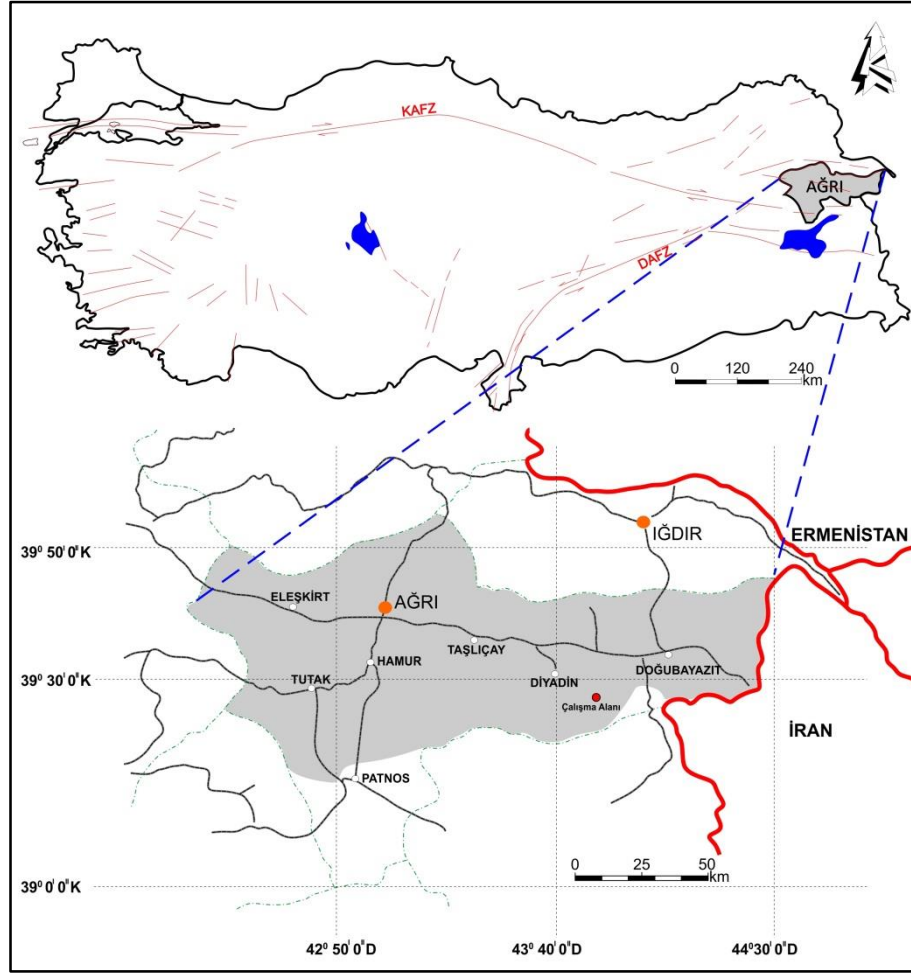
Bu traverten alanı aynı zamanda 1/100.000 ölçekli Ağrı İ51 ve J51, 1/25.000 ölçekli Ağrı İ51-d₃, İ51-d₄, J51-a₁, J51-a₂ topoğrafik paftaları ve 1/5000 ölçekli İ51-d-23-d, İ51-d-23-c, İ51-d-24-d, İ51-d-24-c, J51-a-3-a, J51-a-3-b, J51-a-3-c, J51-a-3-d, J51-a-4-a, J51-a-4-b, J51-a-4-c, J51-a-4-d, J51-a-8-a, J51-a-8-b, J51-a-9-a, J51-a-9-b, J51-d-17-a, J51-d-17-b kadastro amaçlı topoğrafik paftalar içerisinde yer almaktadır (Şekil 1.1 ve 1.2).

1.4. Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi

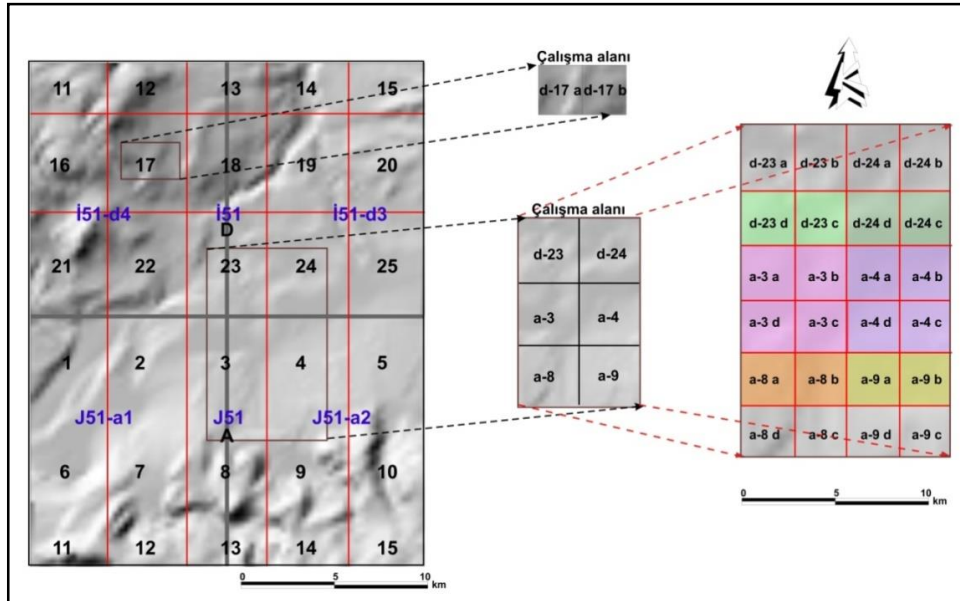
İnceleme alanı ve yakın yöresindeki engebeli arazi bölgede yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar birimlerinin (bazalt akıntıları ve tüfler) ve Miyosen yaşlı Kireçtaşlarının litolojik özellikleri ve akarsular tarafından denetlenmektedir.

İnceleme alanında bulunan en büyük akarsu yaklaşık KD-GB uzanımlı Murat nehridir. Murat nehrine bağlanan ve genel doğrultuları yaklaşık KB-GD olan birçok dere bulunmaktadır. Murat nehrinin aktığı vadiden KB ve GD doğrultuları boyunca uzaklaşıldıkça topografya daha engebeli bir görünüm kazanmakta ve yükselmektedir. Kesiktaş tepe, Korkuluk tepe, Tilkideliği tepe ve Kale tepe önemli yükseltileri oluştururken inceleme alanının 25 km GD'sunda Tendürek dağı bulunmaktadır (Şekil 1.3).

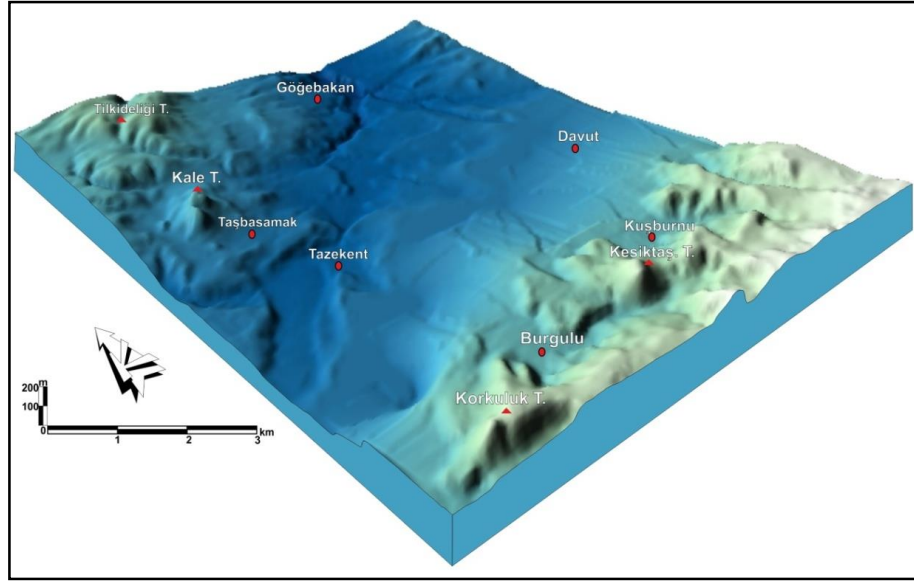
1/5.000 ölçekli topoğrafik haritaların sayısallaştırılmasıyla elde edilen verilerin Sayısal Yükselti Modellemesi (Digital Elevation Modelling, DEM) işlemleriyle elde edilen üç boyutlu blok diyagram traverten alanının topoğrafik özelliklerini gerçeğine çok yakın bir şekilde yansıtmaktadır (Şekil 1.3).



Şekil 1.1 Çalışma alanının yer bulduru haritası



Şekil 1.2 Çalışma alanının içinde bulunduğu 1/100.000, 1/25.000 ve 1/5.000'lik paftalar



Şekil 1.3 Çalışma alanının sayısal arazi modeli

1.5. Öncel Çalışmalar

Bu araştırma kapsamında araştırılan inceleme alanı ve yakın yöresini kapsayan, başlıca öncel çalışmalar;

Şaroğlu ve Güner (1979), Ağrı ve çevresindeki diri ve etkin olan bindirmelerin ve doğrultu atımlı fayların yamaçlarında, blokların duraysızlığından kaynaklanan ve kayaç türünün de etkisinin olduğu büyük heyelanlar ve kayaç akmaları geliştiğini ve Ağrı havzasının kuzeyinde yer alan büyük heyelanlar ile Tutak fayı boyunca gelişen heyelanların tipik örnekler olduğunu söylemiştir.

Kıral ve Çağlayan (1980), Ağrı il merkezi doğusunda yaptıkları çalışmada, Taşlıçay-Cumaçay arasında yüzlekler veren volkanitlerin Pliyo-Kuvaterner yaşlı olduğunu, esas olarak bazaltik, kısmen de andezitik ve trakitik lav tuf ve aglomeralardan meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Şaroğlu ve Güner (1981), Doğu Anadolu'da neotektonik dönemin Orta Miyosen 'de sıkışma tektonik rejimi ile başladığını, bölgede K-G yönlü sıkışma sonucu, D-B doğrultulu bindirmelerin KD-GB doğrultulu, doğrultu atımlı sol yönlü fayların, KB-GD doğrultulu, doğrultu atımlı sağ yönlü fayların ve K-G gidişli açılma çatlaklarının oluştuğunu, bölgede neotektonik dönem öncesi birimler üzerine Üst Miyosen 'den itibaren volkanosedimanter bir istifin çökelmeye başladığını öne sürmüştür.

Ketin (1983), Tendürek dağının solfatar safhasında olduğunu dile getirmektedir. Yöredeki bazalt çıkış merkezleri, sıcak su kaynakları, traverten oluşumları, çizgisel uzanışlı vadiler, bataklık sahaları, uzamış tepeler, akarsu yataklarındaki ani dirsekler, aynı formasyonun farklı yükseltide olması, asılı vadiler (Taşbasamak Köyü batısı) gibi gözlemlerden yola çıkarak, kaplıca sahasının çok deforme olduğunu gösterdiğini, sıcak su kaynaklarının da sahadaki bu tektonik hatlar üzerinde geliştiğini belirtmiştir.

Nagao ve diğeri (1989), Tendürek dağının güneyinde yer alan Çaldıran ilçe merkez yakınlarından ve daha kuzeyde Diyadin dolaylarında yaptıkları çalışmada, arazide kendiliğinden çıkan doğal gazlardan aldıkları örneklerde yapmış oldukları, Helyum, izotop çalışmaları ($3\text{He}/4\text{He}$) ile bu gazların manto kökenli bir magma rezervuarından türeyen volkanik kökenli gazlar olduklarını ve Tendürek volkanik sistemini beslediğini ortaya koymuşlardır

Karlı (1990), Tendürek dağı batısında, Atadamı köyü civarında, kükürt madeni aramasına dönük çalışma yapmış, sahada kükürt rezervinin bulunduğu ve kükürt gazının çıktığını ve bu gazın hava ve su kaynaklarına karıştığını ifade etmiştir.

Çakır ve Tanyolu (1994), Ağrı-Taşlıçay, Iğdır civarının 1/25.000 ölçekli jeoloji harita çalışmasını yapmış, sahanın stratigrafisi, tektoniği ve jeolojisi hakkında bilgi vermiştir.

Ölmez ve diğeri (1994), yaptıkları çalışmada, Tendürek Jeotermal Alanı'nın volkanolojisi ve jeotermal enerji olanaklarını araştırmış, bu çalışmayla Diyadin Jeotermal Alanı'nda yapılan kimyasal ölçümlerle jeotermal sahanın ısıtıcısının volkanik merkezli olduğu ifade edilmiştir.

Burçak ve diğeri (1997), Diyadin Jeotermal Sahası'nın stratigrafik ve tektonik özellikleri çalışılmış alanda görülen K-G ve KD-GB yönlü kırıkların açılma çatlakları olabileceklerini, Paleozoik yaşlı mermerlerin jeotermal akışkanların ana rezervuarı olduğunu açıklamıştır.

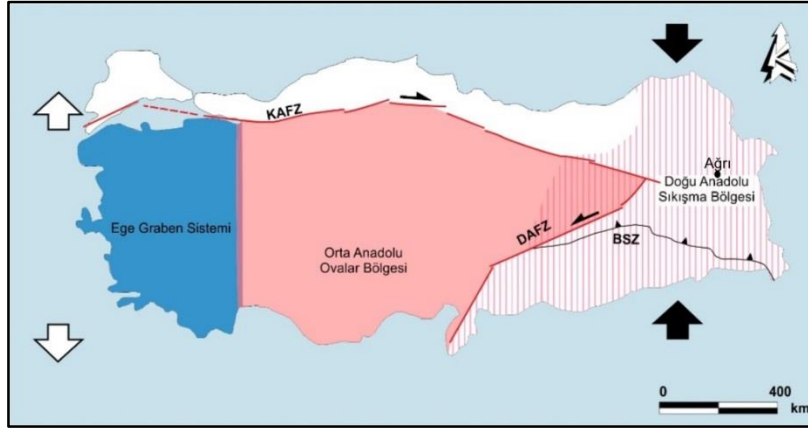
Zaman (2000), Diyadin traverten alanında aktif ve pasif halde, kuzey-güney, doğu-batı yönde kesintili bir şekilde 7-8 km uzunluğa ulaşan traverten sırtların varlığından bahsetmiştir.

Koçyiğit ve diğeri (2001), araştırmacılar, Doğu Anadolu platosu ve Küçük Kafkasların KB ve KD gidişli sağ yanal ve sol yanal aktif doğrultu atımlı faylarla, K-G, KKB gidişli çatlaklar ve/veya Pliyo-Kuvaterner volkanlar ve çeşitli doğrultu atımlı havzalarda birikmiş, 5 km kalınlıkta, deforme olmamış Pliyo-Kuvaterner kıtasal volkano-sedimanter birimlerle karakteristik olduğunu belirtmişlerdir.

2. ÇALIŞMA ALANI ve YAKIN ÇEVRESİNİN BÖLGESEL JEOLojİK, TEKTONİK ve SİSMİK ÖZELLİKLERİ

2.1. Çalışma Alanını ve Yakın Çevresinin Jeolojik Özellikleri

Türkiye’de Paleotetis ve Neotetis okyanuslarının açılıp kapanma süreçlerinin izleri olan birçok kenet kuşağı yer almaktadır. Bu kenet kuşaklarından birisi olan, Bitlis Kenet kuşağı Anadolu ve Arap levhalarının Orta-Üst Miyosende gerçekleşen çarpışması sonucu oluşmuştur. Türkiye’de neotektonik dönemi başlatan bu çarpışma sürecinin sonucunda, Şengör (1980) Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Orta Anadolu Ovalar Bölgesi ve Ege Graben Sistemi olarak adlandırılan ve kendilerine özgü deformasyon biçimleri olan neotektonik bölgeler tanımlamıştır (Şekil 2.1). İnceleme alanı bu neotektonik bölgelerden Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi içerisinde yer almakta ve bu rejim, bölgenin jeolojik gelişimini önemli ölçüde etkilemiştir.



Şekil 2.1 İnceleme alanının neotektonik bölgeleri gösteren harita üzerindeki konumu (Şengör (1980))

Şaroğlu (1986) Doğu Anadolu'nun evriminde dört yapısal dönem ayırtlamıştır. Birinci dönem Paleozoyik-Alt Mesozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturmaktadır. İkinci dönem kayalarının birinci dönem kayaları üzerine Üst Kretase 'de tektonik dokanakla yerleşmiş ofiyolitik melanjdan oluştuğunu belirtmektedir. Üçüncü dönem kayalarının ise alttaki kayalar topluluklarını uyumsuz olarak örten Eosen-Alt Miyosen yaşlı sedimanter istif olduğunu belirtmiştir. Üst Miyosenden başlayıp günümüze kadar devam eden dördüncü dönem kayalarının ise karasal ortamda gelişmiş çökellerle temsil edilen etkin tektonik ve volkanizma ile karakterize olan bir istiftten oluştuğunu belirtmektedir.

Neotektonik dönem boyunca etkin olan sıkışma rejimi Üst Miyosen 'den günümüze kadar kıta kabuğunun kalınlaşmasına ve yükselmesine, yoğun volkanik etkinliğe neden olmuştur. Bu gelişmelerle beraber neotektonik dönem boyunca, açılma çatlakları, kıvrımlar, bindirmeler, doğrultu atımlı faylar gelişmiştir.

Çakır ve Tanyolu (1998) Diyardin jeotermal alanında temelde Paleozoik yaşlı kuvarsit ve mermerden oluşan metamorfiklerin yer aldığını belirterek, bunlar üzerinde tektonik dokanakla Üst Kretase yaşlı ofiyolitik melanjların geldiğini belirtmektedir. Bu birimlerin üzerine ise uyumsuz

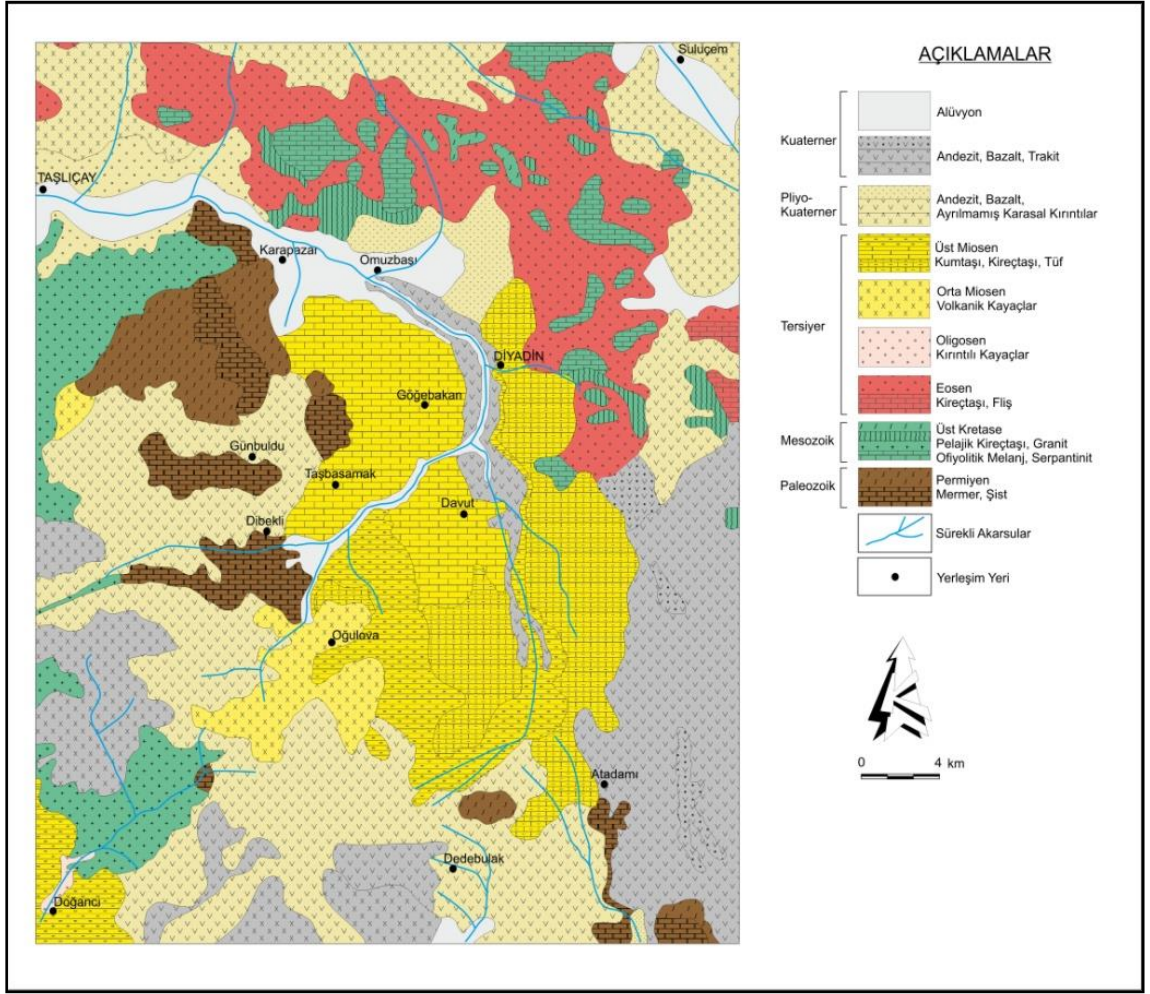
olarak Üst Miyosen yaşlı gölssel sedimentler ve bunlarla yanal ve düşey yönde geçişli volkaniklerin geldiğini belirtmiştir. Bu birimlerin üzerinde ise Pliyosen yaşlı bazaltlar yer alır. Kuvaterner birimler ise kendinden yaşlı tüm birimleri uyumsuzlukla örten alüvyon ve travertenlerle temsil edilmektedir.

Diyadin ve yakın çevresinde temeli, Paleozoik yaşlı Şist, kuvarsit ve mermerlerden oluşan metamorfik kayalar oluşturur. Bu metamorfik kayalar, Diyadin kaplıcalarının GB'sında, Taşbasamak, Altınkilit, Dibekli ve Ulukent yerleşmeleri batısında yüzeylemektedir (Şekil 2.2).

Diyadin'in kuzeyinde yüzeyleyen ve Neotetis'in kuzey kolunun ürünleri olan ve bazik-ultrabazik kayalar ile kumtaşı, kireçtaşı, tuf ve kireçtaşı bloklarını kapsayan ofiyolitik melanj, metamorfiklerin üzerinde tektonik olarak yer alır. Doğu Anadolu'da yaygın olan birim Üst Kretase yaşlıdır. Bu birimlerin üzerine ise uyumsuzlukla volkanizmanın etkin olmadığı Eosen-Oligosen yaşlı flişler gelmektedir (Şekil 2.2).

Miyosen genel anlamda kireçtaşı litolojisinde olup, resifal özellikte ve oldukça yaygındır. Birbirleriyle yanal ve düşey yönde geçişli olan bu çökeller ve istife katılan volkanikler, tuf, kumtaşı, bazalt ve andezitten oluşmaktadır. Doğu Anadolu'da Üst Miyosen kumtaşı, silttaşı, çakıltası ile başlar, killi kireçtaşı, tuf, aglomera ve volkanik akıntılarla devam eder. Üst Miyosen yaşlı kireçtaşları inceleme alanında Davut, Gögebakan köyleri çevresinde yüzeyler (Şekil 2.2).

Yukarıda değinilen kayaların üzerine ise uyumsuzlukla Kuvaterner yaşlı travertenler ve alüvyonlar gelmektedir (Şekil 2.2).



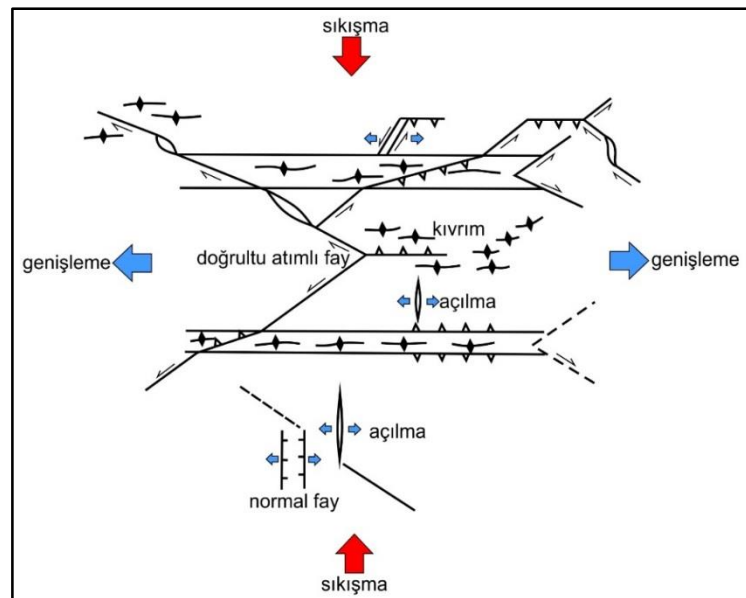
Şekil 2.2 Diyaradin ve yakın çevresinin jeolojik haritası(Şenel, 2001)

Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Orta Miyosen 'de başlayan K-G doğrultulu, sıkışma rejimi ile inceleme alanı ve yakın çevresinde; D-B doğrultulu kuzey ya da güneye eğimli yüksek açılı bindirmeler, eksenleri D-B doğrultulu kıvrımlar, KD-GB doğrultulu sol yönlü doğrultu atımlı faylar, KB-GD doğrultulu sağ yönlü doğrultu atımlı faylar, K-G doğrultulu açılma çatlakları meydana gelmiş ve bu çatlaklar nedeniyle bölgede yaygın volkanik etkinlikler oluşmuştur. Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesindeki bu deformasyonları Şengör (1985) şekil 2.3'teki gibi modellemiştir.

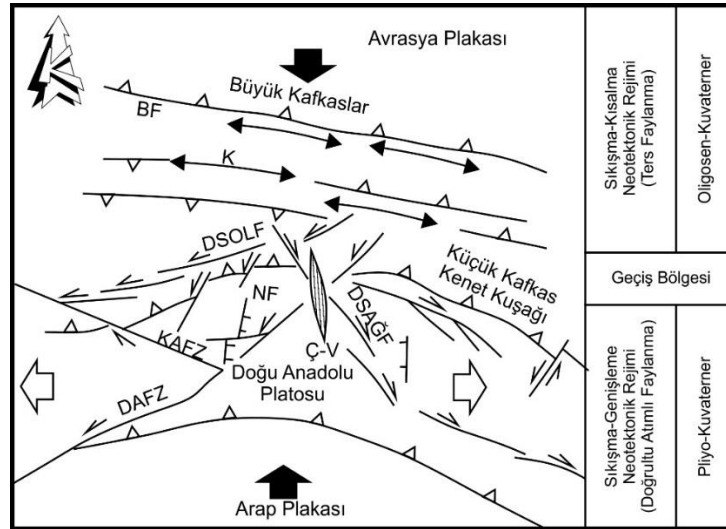
Doğu Anadolu'daki neotektonik dönem fayları, günümüzde diri ve eşlenik bir sistem oluşturmaktadır. Ancak, fayların çoğu bir taraftan Doğu Anadolu'daki Pliyo-Kuvaterner, Kuvaterner yaşlı volkanitlerle, diğer taraftan da yine aynı yaşlı karasal tortul ve alüvyonlarla örtülerek gizlenmiş durumdadır.

Çalışma alanı ve yakın çevresinde bölgesel ölçekte; baskın faylanmanın Erciş Fayı, Çaldıran fayı, Balık Gölü Fay Zonu, Doğubayazıt Fay Zonu, Iğdır Fay Zonu gibi doğrultu atımlı sağ yanal faylardan oluştuğu dikkati çekmektedir (Şekil 2.4). İnceleme alanına en yakın ve belirgin fay Balık Gölü Fay zonudur. Toplam uzunluğu 100 km'yi bulan bu fay Balık Gölünden

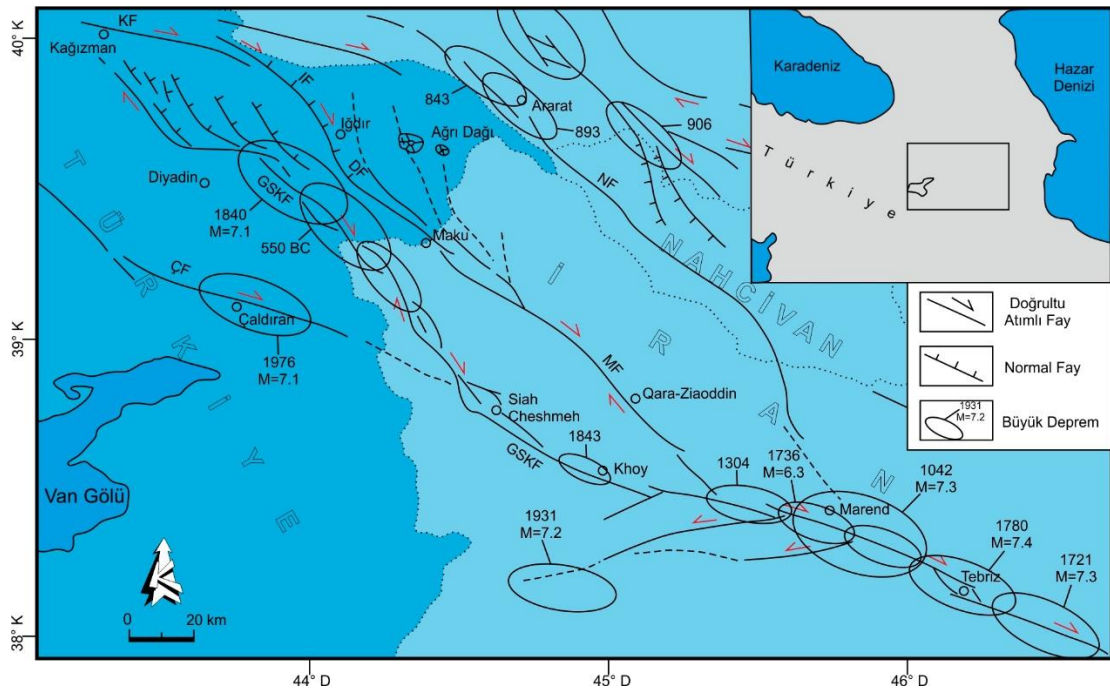
Koçyiğit ve diğ., (2001)'e göre de Diyadin jeotermal alanı yakınında Ağrı, Çaldıran, Tutak, Çaldıran ve Balık Gölü, sağ yanal doğrultu atımlı fayları bulunmaktadır (Şekil 2.7).



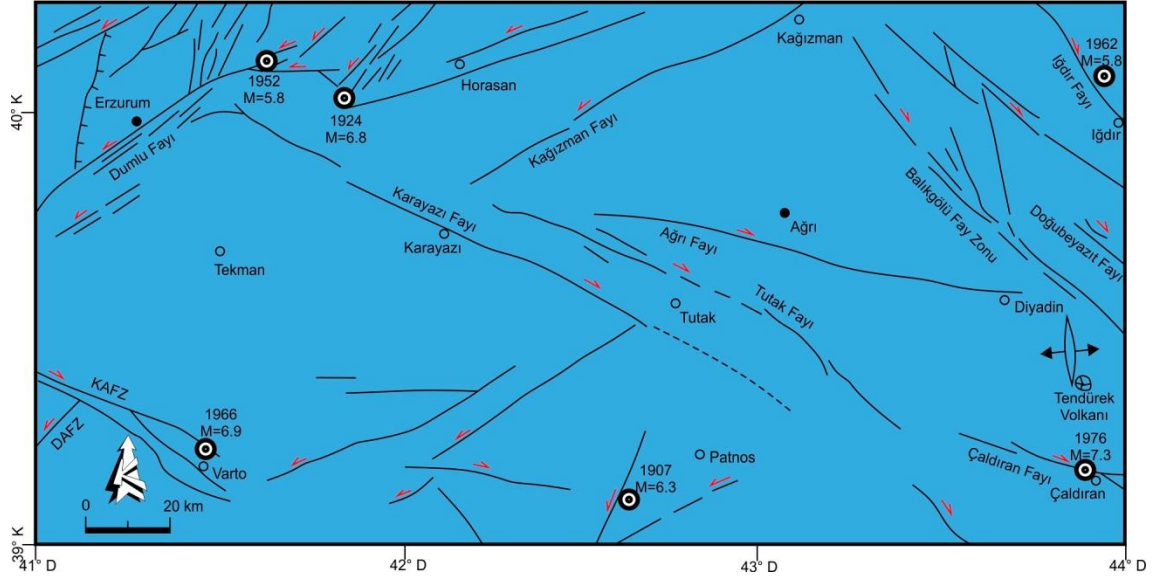
Şekil 2.3 Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde gözlenen deformasyon biçimleri (Şengör ve diğ., 1985)



Şekil 2.5 Doğu Anadolu sıkışma bölgesinde etkin olan neotektonik rejim alanları (Siyah ok, KKB-GGD kısalma, beyaz ok, BGB-DKD yönlü genişlemeyi göstermektedir. DSOLF; doğrultu atımlı sol yanal fay, DSAĞF; doğrultu atımlı sağ yanal fay, KAFZ; Kuzey Anadolu Fay Zonu, DAFZ; Doğu Anadolu Fay Zonu, NF: Normal Fay, BF; Bindirme-Ters Fay; Ç-V; çatlak ve/veya Pliyo-Kuvaterner volkanizma,) (Koçyiğit ve diğ., 2001)



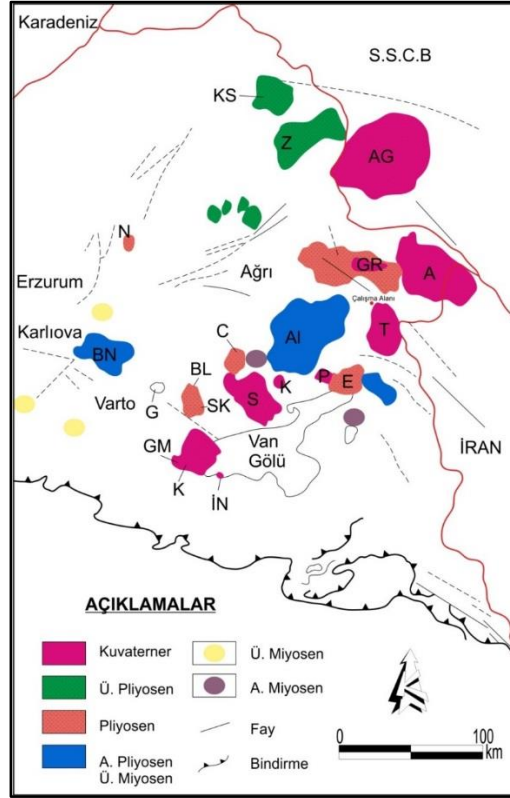
Şekil 2.6 İnceleme alanı ve yakın dolayında yer alan faylar ve depremlerin görünümü (Karakhanian ve diğ., 2004)



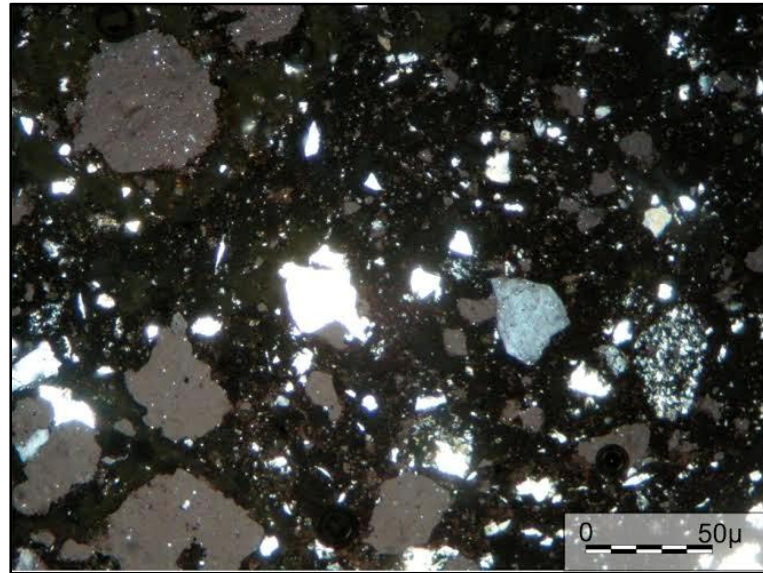
Şekil 2.7 İnceleme alanı ve yakın dolayında yer alan faylar ve depremlerin görünümü (Koçyiğit ve diğ., 2001)

Doğu Anadolu'da neotektonik dönemden günümüze kadar önemli volkanik etkinliklerin olduğu gözlenmektedir (Şekil 2.8). Bu volkanizmanın bölgenin yapısal özellikleriyle yakın ilişkili olduğu görülmektedir. Bölgesel ölçekte Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesinde Alt Miyosen'den, Kuvaterner'e kadar değişik dönemlerde volkanik etkinliğin meydana geldiği, dikkati çekmektedir. İnceleme alanı olan Diyarbakır ve çevresindeki Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar Tendürek Volkanına bağlı bazaltik akıntılardan oluşmaktadır (Şekil 2.8). Koçyiğit ve diğ. (2001) bölgedeki Orta-Üst Miyosen volkaniklerinin kalk-alkalin, Orta Pliyosen-Kuvaterner volkaniklerinin ise alkali volkanik aktiviteyi yansıttığını belirtmiştir. Bölgede araştırma yapan bir diğer araştırmacı Keskin de (2003) Muş, Nemrut ve Tendürek volkanizmasının alkalin nitelikte olduğunu, volkanizmanın mağmadan türediğini ve dalma-batma bileşenlerini içermediğini belirtmiştir.

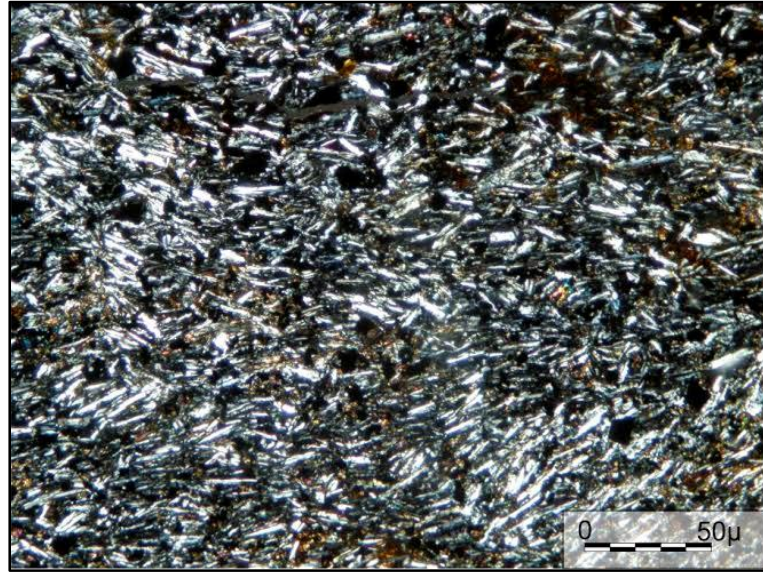
İnceleme alanında yer alan volkanik kayalardan alınan örneklerin petrografik incelenmesi sonucunda volkan camı ve kuvars kristali bakımından oldukça zengin, daha az oranda volkanik kayaç parçacığı içeren tüf ve bileşenlerinin çoğunluğu piroklastik kökenli olup, nadiren epiklastik kökenli kayaç parçacıkları içeren tüfler ve tamamen mikrolitlerden oluşmuş hipokristalin bazaltlar olduğu saptanmıştır (Şekil 2.8, 2.9).



Şekil 2.8 Doğu Anadolu'nun neotektonik döneminde gelişmiş olan yanar- dağlar. AG- Alagözdağı; KS- Kısır dağı; BN- Bingöl dağı; T- Tendürek dağı; A- Ağrı dağı; AL- Alagöz dağı; İN- İncekaya; C- Cemalverdi dağı; P- Pirreşit dağı; E- Etrüsk dağı; S- Süphan dağı; SK- Sakız dağı; BL- Bilican dağı; G- Golibaba dağı; GZ- Gözü dağı; GM- Germav dağı (Şaroğlu 1999).



Şekil 2.9 Tüflerin mikroskop altında çift nikoldeki görünüşleri

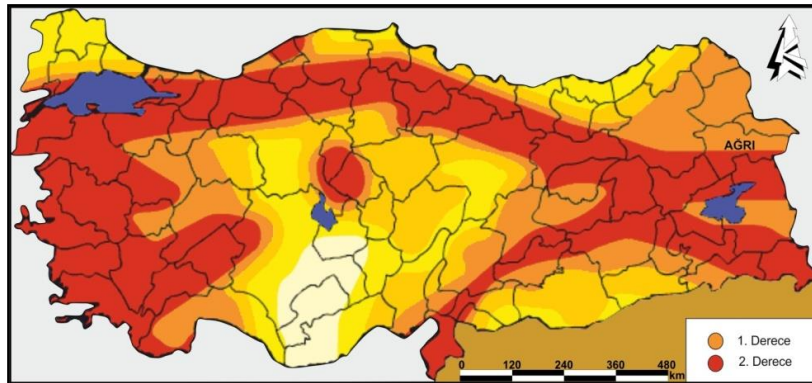


Şekil 2.10 Hipokristalin porfirik dokulu bazaltların mikroskop altında çift nikoldeki görünüşleri

2.2. İnceleme Alanı ve Yakın Çevresinin Depremselliği

Eşlenik doğrultu atımlı sol yanal ve sağ yanal, bindirme ve ters fayların yoğun olarak gözlemlendiği Doğu Anadolu Sıkışma bölgesi sismik etkinlik açısından da çok aktif özellikler göstermektedir (Koçyiğit ve diğ., 2001).

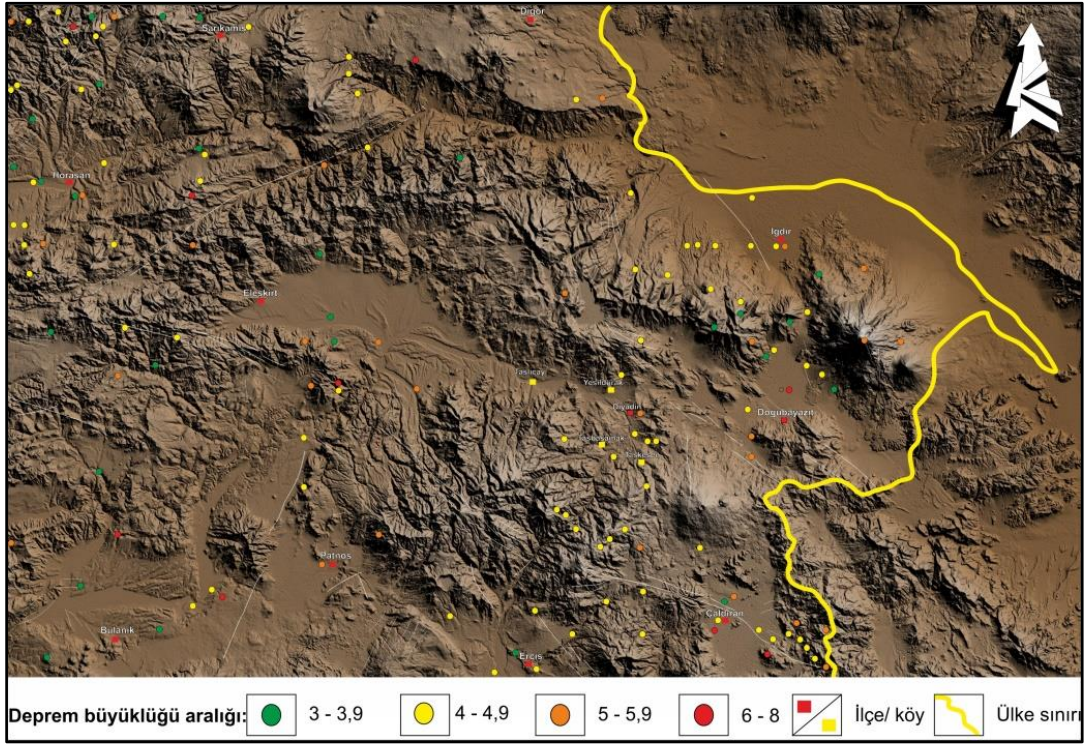
Türkiye deprem haritasında birinci ve ikinci derece riskli bölgelere düşen çalışma alanı ve yakın çevresinde Balık Gölü Fay Zonu, Iğdır Fay zonu, Erciş fayı ve Çaldıran fayı deprem üreten ve üretebilecek ana faylar olarak dikkati çekmektedir (Şekil 2.11). Kandilli rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünden alınan aletsel dönem deprem verileri incelendiğinde bölge genelinde 1976 Çaldıran Depremi gibi büyüklükleri 7 dolayında depremler gözlenmesine karşın, Ağrı- Doğubayazıt- Iğdır ve yakın çevresindeki depremlerin büyüklükleri 6'yı geçmemektedir (Çizelge 2.1 ve Şekil 2.12). Aletsel dönem öncesi, Balık Gölü Fayı üzerinde inceleme alanı ve yakın yöresini etkileyen 1840 ve MÖ 550'de iki tane önemli depremin varlığı dikkati çekmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.11 Türkiye deprem haritası üzerinde Ağrı ilinin konumu

Çizelge 2.1: Ağrı ili ve çevresinde meydana gelen aletsel dönem depremler (Kandilli rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü)

Gün/Ay/Yıl	Enlem	Boylam	Büyüklik (Ms)	Derinlik (km)	Gün/Ay/Yıl	Enlem	Boylam	Büyüklik (Ms)	Derinlik (km)
19.02.1900	39.46	44	5.3	33	19.11.1983	40.38	42.14	4.7	32
12.07.1900	40.28	43.1	6.1	15	07.03.1984	39.01	43.31	4.6	4
28.04.1903	39.3	42.3	7.1	20	28.06.1985	40.22	42.01	4.9	0
27.01.1913	39.3	43	5.9	15	07.11.1985	40.37	42.29	5.1	31
13.05.1923	39.7	42.8	5.7	33	22.01.1987	40.22	42.2	4.3	10
18.08.1935	39.6	43.1	5.5	33	19.04.1988	40.37	42.23	3.6	10
02.05.1936	39.8	43.5	5.5	33	27.04.1991	40.01	43.68	4	10
14.11.1938	40.2	43.6	5.2	19	03.06.1991	40.07	42.85	5	34
10.09.1941	39.5	43	6	28	16.06.1991	40.1	42.97	4.5	29
07.12.1947	40	42.2	5.1	8	19.06.1991	40.25	42.92	4.5	43
14.12.1947	39.9	42.5	5.8	33	10.08.1991	39.94	42.05	4.2	10
27.08.1950	39.1	42	5.1	33	27.01.1992	40	42.19	3.7	3
18.03.1951	39.9	42.1	5.8	33	02.05.1994	40.21	42.94	4.4	33
19.04.1956	39.63	42.3	5.2	50	23.04.1995	39.43	42.25	3.7	10
04.09.1962	39.9	44.09	5.6	10	16.05.1995	39.71	42.46	4.3	10
11.09.1962	39.9	43.9	4.25	33	05.06.1996	39.65	42.4	3.8	10
09.10.1963	39.4	42.8	4.6	35	27.08.1996	40.08	43.32	3.9	77
12.04.1969	40.29	42.92	4	62	18.03.1997	39.72	42.12	3.7	33
25.12.1969	39.18	42.55	4.6	66	01.06.1997	39.9	42.05	4.1	10
12.07.1975	39.27	43.86	4.1	53	02.11.1997	40.23	42.25	3.1	33
24.11.1976	39.18	43.71	4.9	46	13.04.1998	39.94	42.02	4.1	10
24.11.1976	30.15	43.09	7.2	18	01.05.1998	40.03	42.08	4	27
24.11.1976	39.05	44.04	6.1	10	11.05.1998	39.73	42.32	4	29
24.11.1976	39.17	43.95	5.1	33	03.05.1999	39.02	43.42	4.1	10
24.11.1976	39.49	43.74	4.6	2	03.12.1999	40.35	42.26	4.5	10
28.11.1976	39.08	44.06	4.4	33	07.12.1999	40.33	42.24	4.2	10
04.12.1976	39.31	43.66	4.9	53	21.12.1999	40.37	42.42	3.5	42
28.12.1976	39.46	43.63	4.3	51	24.12.1999	39.04	42.11	3.6	10
17.01.1977	39.27	43.7	5	40	17.03.2000	40.37	42.52	3.6	26
26.03.1977	39.34	43.5	4.8	25	12.04.2000	40.1	42.52	3.8	10
11.07.1977	39.56	43.99	4.4	10	29.07.2000	39.1	42.41	3.5	6
28.01.1978	39.51	43.69	4.4	56	24.09.2000	39.49	43.72	4.1	18
20.05.1978	40.35	42.65	4.5	13	02.11.2000	39.05	43.37	3.6	10
11.04.1979	39.12	43.91	4.9	44	02.11.2000	39.16	43.93	3.6	10
19.05.1982	40.07	42.26	4.7	62	20.08.2001	40.16	42.07	3.7	25
20.06.1983	39.84	42.06	4.5	10	01.07.2002	39.9	42.29	4.7	10
30.10.1983	40.36	42.01	5	3	13.11.2002	39.88	42.84	3.5	10
30.10.1983	40.35	42.18	6	16	13.06.2004	40.2	43.53	4	3
30.10.1983	40.23	42.03	4.8	10	31.07.2004	39.65	44.15	4.3	14
02.11.1983	40.36	42.06	4.8	25	09.08.2004	39.81	43.89	4.8	19
02.11.1983	40.32	42.16	4.6	29	29.08.2004	39.84	44.18	3.9	5
08.11.1983	40.09	42.53	4.5	33	02.01.2005	39.19	42.2	3.6	56
08.11.1983	40.03	42.52	4.4	3	02.09.2005	40.03	42.09	3.6	5



Şekil 2.12 Aleltsel dönem içerisinde (1900-2012 yılları arasında) Ağrı ili ve çevresinde gerçekleşen depremlerin Sayısal Arazi Modeli üzerindeki dağılımı (deprem verileri Kandilli rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsünden alınmıştır)

3. TRAVERTEN TANIMI, ÖNCEL ÇALIŞMALAR ve TRAVERTENLERİN SINIFLANDIRILMASI

3.1 Travertenler Üzerine Yapılmış Öncel Çalışmalar

1800'lü yılların sonlarından başlayarak günümüze kadar; travertenlerin oluşumuna neden olan suların kimyası, mineralojik ve petrografik özellikleri, jeokimyasal özellikleri, çökel ortamları gibi (Hayden, 1872; Russell, 1882; Weed, 1887; Jones, 1925; Barnes, 1965; Gonfiantini ve diğerleri, 1968; Barnes ve O'Neil, 1971; Jacobson ve Usdowski, 1975; Bencini ve diğerleri, 1977; Leeman ve diğerleri, 1977; Buccino ve diğerleri, 1978; Feth ve Barnes, 1979; Chafetz ve Butler, 1980; Folk ve Chafetz, 1980; Pedley, 1980; Julia, 1983; Chafetz ve Folk, 1984; Folk ve diğerleri, 1985; Love ve Chafetz, 1988; Heimann ve Sass, 1989; Pedley, 1990; Pentocost, 1990; Ford ve Pedley, 1992) değişik amaçlar ve yöntemlerle incelendiği dikkati çekmektedir.

Travertenler aktif tektonik amaçlı çalışmalarda 1960'lı yıllardan sonra kullanılmaya başlanmıştır (Scholl, 1960; Barnes ve diğerleri, 1978; Martelli, 1989). Ülkemizde de travertenlerin aktif tektonik amaçlı kullanımlarına ilişkin önemli çalışmalar yapılmıştır (Altunel ve Hancock, 1996; Altunel, 1994 ve 1996; Çakır, 1999; Mesci, 2008; Karabacak, 2002; Temiz ve Eikenberg, 2011).

3.2. Traverten Teriminin Etimolojisi ve Tanımı

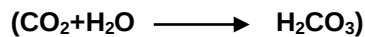
Traverten teriminin (travertino) İtalyanca, Tiburtinus kelimesinin zaman içinde değişmiş hali olduğu, bu oluşukların yaygın olarak görüldüğü İtalya'daki Roma yakınlarındaki Tibur'dan geldiği ve kayacın eski devirlerde Lapis Tiburtinus (Tibur taşı) olarak adlandırılmaktadır. Lapis Tiburtinus Latince zaman içerisinde travertino olarak yerleşmiştir. İngilizceye Travertine olarak geçerken terim Türkçeye ise Traverten olarak yerleşmiştir.

Travertenler karstik ve hidrotermal sular, küçük nehirler ve bataklıklardaki kalsiyum bikarbonatın çökmesiyle veya tamamen biyokimyasal olarak tortulaşmasıyla oluşan kayaçlardır. Traverten tufa ile aynı anlamla kullanılmıştır. Fakat traverten sert ve kompakt kayaçlar, tufa ise yumuşak, gözenekli ve süngerimsi kayaçları belirtmek için kullanılmıştır.

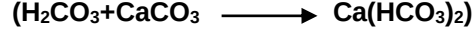
Julia (1983) traverteni "bataklıklarda, küçük nehirlerde, kaynaklarda (karstik, hidrotermal) genellikle kabuk bağlama (biyokimyasal çökme ve/veya çimento çökeli) şeklinde oluşan kalsiyum karbonat yığılımları" biçiminde tanımlamaktadır.

3.3. Travertenlerin Çökme Koşulları

Travertenler içerisinde zaman zaman aragonit, opal, kil ve kuvars mineralleri bulunmasına karşın birincil minerali kalsittir. Travertenler kimyasal ve/veya biyokimyasal yolla oluşmaktadır. Kimyasal çökme şu şekilde olmaktadır; Yüzey ve/veya yeraltı suları, atmosferik koşullar etkisi altında ya da çevre kayaçlardan etkileşim yolu ile bünyelerine CO₂ alarak, karbonik asit bakımından zengin bir duruma geçer.



Karbonik asitce zengin bu sular yeraltındaki dolaşımları sırasında CaCO_3 bileşimli kayalarla etkileşerek kalsiyum bikarbonatça zengin bir bileşim kazanır.

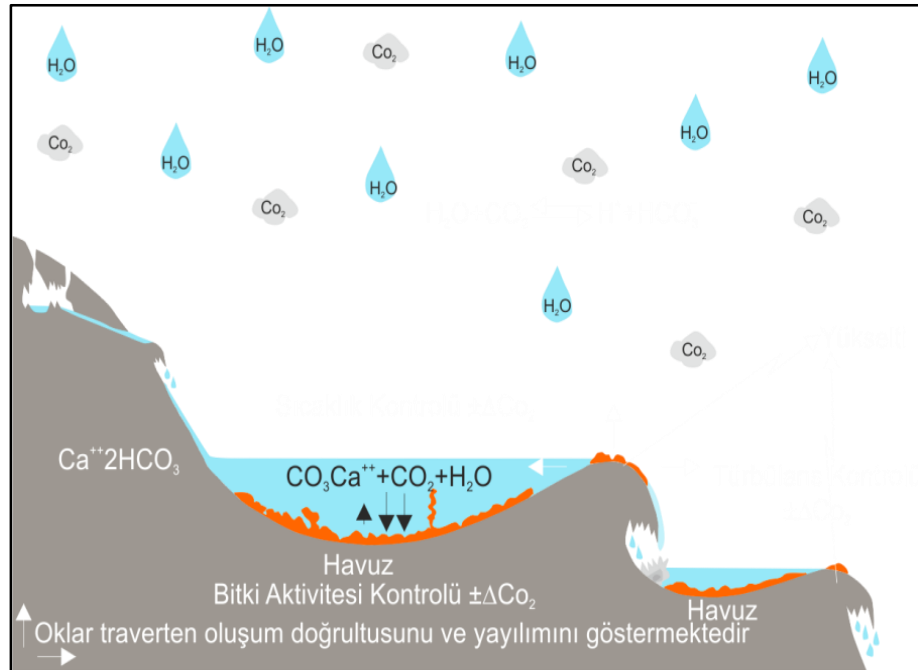


Çeşitli şekillerde, özellikle tektonik süreksizlik düzlemleri (fay ve çatlak sistemleri) aracılığı ile yüzeye ulaşan kalsiyum bikarbonat bakımından zengin suların üzerlerindeki dış basıncın düşmesi ve içerdikleri karbondioksitin atmosferdeki karbondioksit ile dengede olmayışı gibi nedenlerle, atmosferdeki karbondioksit ile yüzeye ulaşan su içerisindeki karbondioksit arasındaki oran dengeye gelinceye kadar su bünyesindeki karbondioksit kaybedilir. Dolayısı ile CO_2 'nin ayrılması nedeniyle bikarbonat bileşimi parçalanır ve traverten çökelişi gerçekleşir.

Travertenler biyokimyasal yolla oluşurken su sıcaklığının kontrolünde olan CO_2 'in bir kısmı atmosfere karışırken bir kısmı da alg'lerce alınır. Algler karbondioksiti harcarken etraflarında CaCO_3 'tan oluşan zar şeklinde bir çökeliş gelişir. Alg öldükten sonra içi boş silindirik yapıdaki travertenler oluşur.

Julia (1983) travertenlerin çökmesini basınç, ısı ve CO_2 'in fiziksel olarak, fotosentezin de biyokimyasal olarak kontrol ettiğini belirtmektedir (Şekil 3.1).

Hem sıcak su kaynakları hem de soğuk su kaynakları travertenleri oluşturabilir. Soğuk su travertenlerinin oluşumunda su sıcaklığı 20°C 'nin altındadır. Sıcak su kaynaklarına oranla soğuk su kaynakları CO_2 'yi daha yavaş kaybeder. Çökeliş kaynaktan kısa bir mesafe sonra başlar. Sıcak su kaynaklarında ise sıcaklık 20°C den fazladır. Sıcak sular kaynaktan çıktıktan sonra soğumaya başlar ve belli bir akıştan sonra traverten çökelişi başlar.



Şekil 3.1 Traverten çökeliş ortamları (Julia, 1983)

3.4. Travertenlerin Sınıflandırılması

Chafetz ve Folk'un (1984) belirttiği gibi birçok traverten oluşumun organik ve inorganik işlemlerin sonucu olup, bu işlemler sonucu oluşan materyalin miktarı birçok değişkene bağlıdır.

Örneğin, fiziko -kimyasal etkiler sudaki malzemenin çokluğu ve büyüme oranları da karbonatın organik çözülmesini etkilerler. Helmann ve Sass'ın (1989) belirttiği gibi travertenler ani litolojik değişiklikler gösterdikleri için belirli stratigrafik birimlere ayırma zorluğuna rağmen, birçok araştırmacı gözeneklilik, bitki içeriği, morfoloji gibi değişik kriterler kullanarak travertenleri sınıflandırmışlardır (Russell, 1892; Scholl, 1860; İrion ve Muller, 1968; Buccino ve diğerleri, 1978; Julia, 1983; Chafetz ve Folk, 1984; Pedley, 1990; Ford ve Pedley, 1992; Pentecost, 1993; Altunel ve Hancock, 1993a).

Travertenleri sınıflandırmada en kullanışlı kriter morfolojidir çünkü ;

1) İdeal bir sınıflandırma;

a) Farklı çevrelerde oluşan travertenlere

b) Eski (aktif olmayan) ve yeni (aktif) traverten oluşumlarına.

2) Chafetz ve Folk'un da (1984) belirttiği gibi morfoloji, çevrenin varlığını kontrol eder. Yani traverten havuzları veya eğimli yüzeyler gibi. Dolayısıyla da organik veya inorganik çökelme buna bağlı olarak gelişir.

Morfolojik ölçüt yaygın bir şekilde traverten sınıflandırmasında kullanılmıştır. Örneğin; Tivoli (İtalya), Mammoth Hot Springs ve Bridgeport (California, U.S.A) ve Pamukkale gibi dünyada iyi bilinen traverten kütleleri morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır.

Travertenler geçmişte, litoloji, bitki içeriği, morfoloji ve fiziksel özellikleri gibi farklı kriterlere göre sınıflandırılmış olmalarına karşın günümüzde araştırmacıların çoğunluğu, 5 traverten tipi içeren Chafetz ve Folk (1984) tarafından önerilmiş ve Altunel, (1996) tarafından 3 traverten tipi eklenerek geliştirilmiş Fay önü, Kendiliğinden oluşan kanal tipi ve Aşınmış travertenler tabakaları) morfolojik sınıflandırmayı tercih etmektedirler.

Altunel ve Hancock (1993 a)'e göre travertenler morfolojik olarak;

1. Şelale tipi travertenler;
2. Göl çökelleri;
3. Koni tipi;
4. Teras tipi travertenler;
5. Çatlak sırtı tipi;
6. Fay önü travertenleri;
7. Kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenler;
8. Aşınmış traverten tabakaları;

Altunel ve Hancock (1993 a) sınıflaması temel olarak alınarak bu çalışmada incelenen Ağrı, Diyadin bölgesindeki travertenlerin;

1. Çatlak sırtı tipi
2. Dom (Koni) Tipi Travertenler olarak sınıflandırılabilir. Bu nedenle aşağıda bu tip travertenlerin genel özelliklerine daha ayrıntılı olarak değinilecektir.

3.4.1. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler

Bu tip traverten oluşumlarının dünyada en iyi bilinen örnekleri Pamukkale (Denizli), Mammoth Hot Spring (ABD) ve Tivoli (Roma/İtalya)'de bulunmaktadır. Türkiye'deki diğer örnekleri ise Gediz Grabeni, Tokat-Reşadiye, Ihlara Vadisi, Sivas (Sıcak Çermik, Delikkaya, Sarıkaya, Ortaköy), Afyon (Gazlıgöl) ve Kırşehir'de çatlak sırtı tipi traverten oluşumları bulunmaktadır.

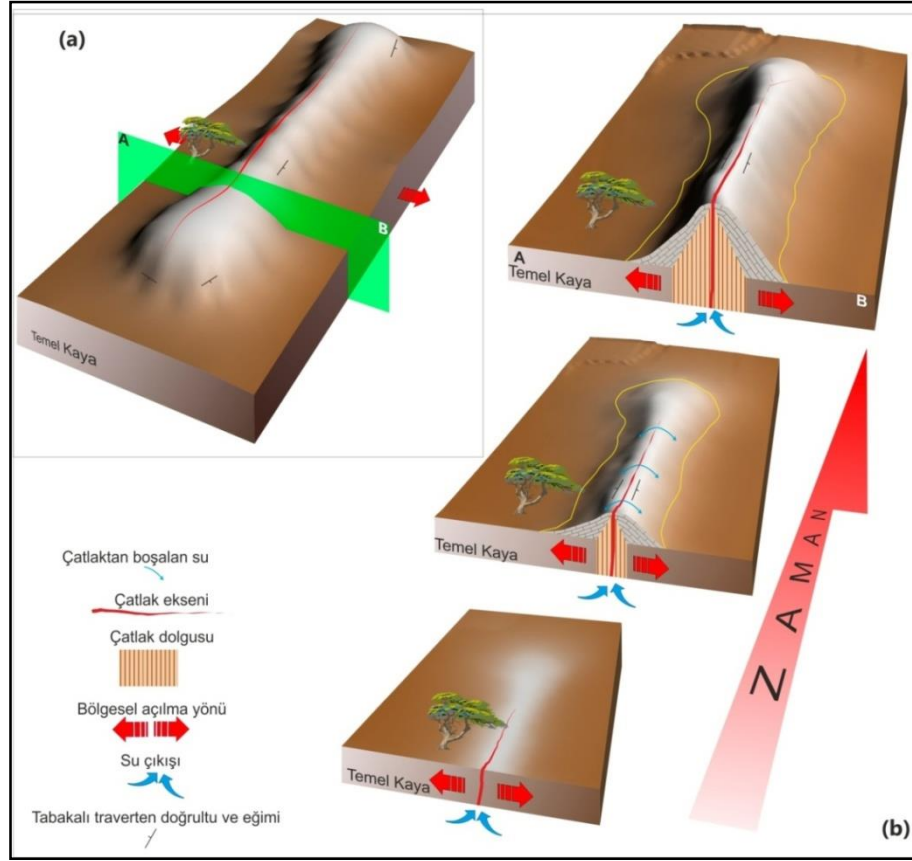
Çatlak sırtı tipi traverten terimi önceki çalışmalarda Hayden (1872) ve Weed (1887) tarafından Yellowstone (ABD) Ulusal parkında bulunan Mammoth Hot Springs travertenleri için kullanılmıştır. Bu oluşumlarda hidrotermal suların yüzeye çıkmasındaki en önemli etken, çatlak ve fay gibi tektonik süreksizlik düzlemleridir. Sırt tipi travertenlerle tektonik yapılar arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Özellikle genişlemeli tektonik etkinliğin egemen olduğu bölgelerde sırt tipi traverten oluşumları yaygın olarak gözlenmektedir.

Bu nedenle bu tip travertenler bölgenin tektonik özellikleri ile ilgili önemli verileri kaydetmekte ve bulundukları bölgenin tektonik özelliklerini yansıtmaları bakımından diğer traverten tipleri içinde ilk sırayı almaktadır. Sırt tipi travertenler, merkezi bir çatlaktan çıkan kalsiyum bikarbonatça zengin sıcak suyun, çatlak içerisinde ve yüzeyde olmak üzere iki farklı biçimde traverten çökeltmesi sonucunda oluşmaktadır.

Genişlemeli tektonik etkinliğin bulunduğu bölgelerde, travertenler için temel oluşturacak kayalarda yer alan çatlak sistemleri aracılığı ile yükselen su, çatlak içerisinde çoğunlukla gözeneksiz, su içerisinde bulunan minerallere bağlı olarak değişik renkte bantlara sahip "bantlı travertenleri" çökeltmektedir. Çökelim genellikle çatlak duvarının her iki tarafında simetrik olarak oluşmaktadır. Bölgesel genişleme devam ettiği süreçte, açılmaya devam eden çatlak içerisinde yükselen su, çatlak eksenini sabit kalmak koşulu ile çatlak duvarına paralel biçimde traverten çökeltmeye devam etmektedir (Şekil 3.2).

Çatlak eksenlerinde oluşan traverten tipine renk ve desenlerinin estetik olması ve göze hoş görünmesi nedeniyle halk dilinde oniks adı verilmekte ve süs eşyası yapımında, binaların yüzey kaplamalarında, iç mimari ve dekorasyon tasarımlarında kullanılmaktadır. Yarı kapalı veya kapalı ortamlarda dolaşan sıcak sulardaki karbondioksit gazının sistemden yavaş uzaklaşması nedeniyle kalsit çökelim hızı yavaş olmakta ve böylece gözeneksiz/masif dokulu travertenler oluşmaktadır.

Çatlak ekseninde bu bantlı traverten çökelişi sürerken yüzeyde değişen fiziksel koşullar nedeniyle daha gözenekli, çoğunlukla tek düze bir renk tonuna sahip tabakalı travertenler oluşmaktadır. Çökelişin bu aşamasında yüzeye ulaşan ve çatlak eksenine dik yönde boşalan sıcak su içerisindeki karbondioksit gazı, çatlak içerisindekinden daha hızlı bir biçimde uzaklaşmakta ve topografya üzerinde çatlak eksenine dik yönde eğimli traverten tabakalarını oluşturmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun gelişim evreleri (Mesci, 2012)



Şekil 3.3 Diyadin çatlak sırtı tip travertenlerinde hidrotermal etkinliğin sona ermesinden sonra da devam eden açılma sonucunda sırt ekseninde gelişen dolgusuz açıklıkların görünümü

3.4.2. Dom Tipi Travertenler

Yatay veya çevreye göre hafif tümsek yüzeylerden çıkan kalsiyum bikarbonatlı suların, çepeçevre yayılarak akmasıyla dom veya koni şeklinde çöktüğü travertenlere “dom (koni) tipi travertenler” denir.

Genellikle küçük ölçeklerde gelişen dom tipi traverten oluşumlarına birçok traverten sahasında rastlamak mümkündür. Ancak çökeltmenin ilerleyen evrelerinde, morfolojik yapının durumuna veya çevredeki diğer kaynaklardan çökelen traverten depolanmalarına bağlı olarak, dom yapıları birleşip kaybolabilmektedir. Bunun dışında dom tipi travertenler, çökmeyi besleyen hidrotermal etkinliğin sona ermesi veya sonradan gelişen kırıklarla farklı kesimlere ötelenmesi sonucunda aşınarak şekil değişikliğine uğrayabilmektedir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Diyardin'de gelişen dom tipi travertenlerin görünümü

4. YAPISAL JEOLJİ/TEKTONİK

4.1. Travertenlerin Tektonik - Neotektonik Önemleri

Hancock ve diğerleri (1999), sıcak sulardan itibaren gelişen Geç Kuvaterner yaşlı traverten çökellerinin neotektonik-aktif tektonik çalışmalar açısından çok önemli bir araç olduğunu belirtmekte ve bu inceleme biçimini Travertonics olarak adlandırmaktadır.

Bu yöntem Altunel ve Hancock (1993 a ve b, 1996), Altunel (1994, 1996) ve Çakır (1999) tarafından başarılı bir şekilde Denizli (Pamukkale) travertenlerine uygulanmıştır. Son yıllardaki aktif tektonik ile ilgili çalışmalarda traverten oluşum alanlarının özel bir önem taşıdığı ve bu tür çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaya başlandığı dikkati çekmektedir.

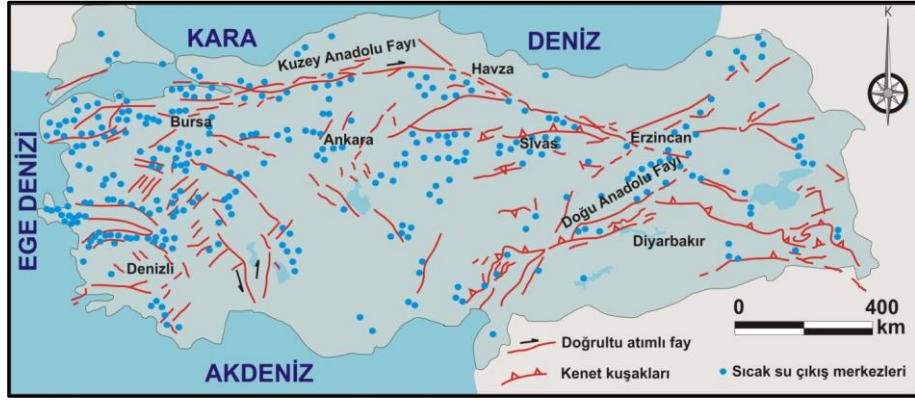
Çakır (1999), Gediz ve Menderes grabenlerinde aktif normal fay parçalarının sıçrama yaptığı yerlerde karmaşık genişlemeli deformasyonlar nedeniyle sıcak suların yüzeye çıkarak travertenleri oluşturduğunu belirtmektedir.

Karabacak (2002), Karabacak ve Altunel (2003) İhlara vadisindeki travertenleri morfolojik özellikleri ve kabuksal deformasyon açısından değerlendirmiştir.

Koçyiğit (2003), Karakoçan fay kuşağındaki etkin gerilme yönleri ile traverten sırtlarının doğrultularının birbirleriyle uyumlu olduklarını ve aktif tektonik çalışmalarda kullanılabileceğini belirtmiştir.

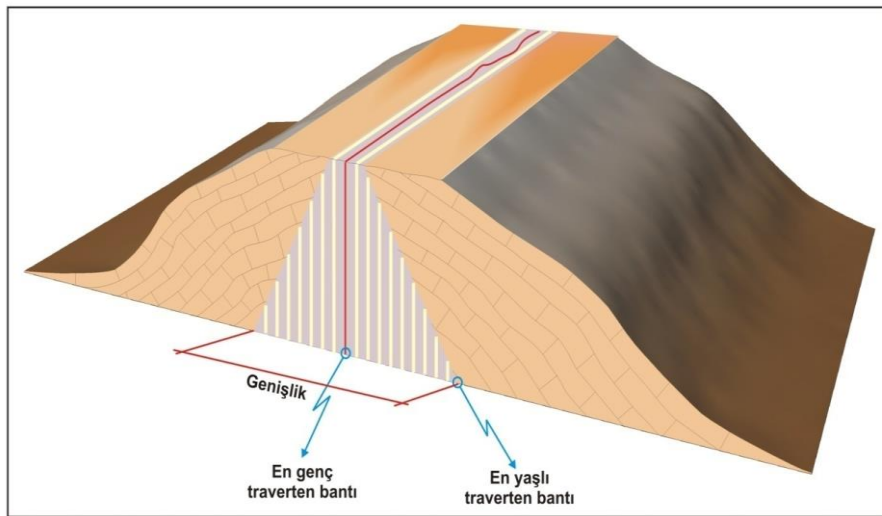
Mesci(2008), Sivas iline bağlı Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya bölgelerindeki travertenleri de, sırt tipi travertenlerin açılmaya başlama ve pasifleşme zamanları inceleyerek 56.000 yıllık periyotlu bir gruplaşma gözlendiğini ve bölgedeki açılma hızı ve bu periyotları dikkate alan bir yaklaşım kullanarak Sivas havzası ve/veya yakın çevresinde yer alan fayların 56.000 yıllık periyotlarla en fazla 7.1 büyüklüğünde depremler üretmiş olabileceğini belirtmiştir.

Özellikle sıcak suların yüzeye ulaşmasında çatlak-fay sistemlerinin oynadığı rol göz ardı edilemez niteliktedir. Örneğin Kuzey Anadolu Fay Kuşağı, Doğu Anadolu Fay Kuşağı ve Ege Graben Bölgesi, Türkiye'nin tektonik açıdan aktif en önemli 3 ana yapısal unsurudur. Bunlar üzerinde ve çevresinde yer alan sıcak su çıkış merkezlerinin konumsal dağılımı, tektonik ve hidrotermal etkinlik arasındaki ilişkiyi çok açık biçimde kanıtlar niteliktedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Türkiye’de bulunan sıcak su çıkış merkezleri ve aktif ana tektonik hatlar arasındaki ilişki (Şimşek 2003’den sadeleştirilerek alınmıştır)

Travertenler, tektonik açıdan değerlendirildiğinde sırt tipi traverten oluşumlarının çok önemli verileri barındırdığı dikkati çekmektedir. Diyadin bölgesinde yüzeyleyen travertenler büyük oranda “sırt tipi morfolojisi” gösteren travertenlerden oluşmaktadır. Bunlar içerisinde birçok yapısal unsur gözlenmektedir. Sırt tipi travertenlerdeki çatlak eksenlerinin gidişi, uzunluğu, genişliği gibi bir takım özellikleri, bölgeyi etkileyen tektonik rejim hakkında önemli bilgi sağlayan başlıca verileri oluşturur. Ayrıca sırt tipi travertenlerde oluşan çatlaklar, genişleme rejiminin ürünleri olduğu için bu yapılar, bölgesel açılma yönlerine ve oranlarına ilişkin somut sonuçlar vermektedir. Sırt tipi travertenler, bir çatlaktan yükselen suyun çatlak duvarlarında travertenleri çökeltmesi sonucunda oluşmaktadır. Bölgesel genişlemeye bağlı olarak çatlak açılmaya devam ettiği sürece çatlak duvarından çatlak eksenine doğru gençleşen bir traverten çökelişi oluşmaktadır. Yani bir sırt tipi travertenin oluşumunun çatlak merkezinde bulunan traverten bantı en genç, çatlak duvarındaki traverten bantı ise en yaşlı olmasını gerektirmektedir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Bantlı travertenlerdeki yaş ilişkisi (Ölçeksiz) (Mesci 2004)

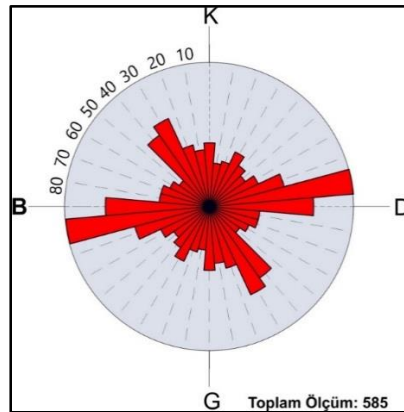
Bu noktada travertenleri mutlak yaşlandırma zorunluluğu doğmaktadır. Eğer çatlak duvarına yakın olan en yaşlı traverten bandı ile çatlak merkezindeki en genç traverten bandının mutlak yaşları saptanabilirse basit bir işlem ile açılma oranı hesaplanabilmektedir. Bu yöntem daha önce Altunel ve Hancock (1993 a ve b, 1996), Altunel (1994, 1996), Çakır (1999) tarafından kullanılarak, Denizli (Pamukkale) bölgesindeki traverten oluşumları için önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu araştırmacılar travertenlere yaş vermede kullanılabilecek en uygun yöntemin U/Th yöntemi olduğunu belirtmişler ve uygulamışlardır. Bu yöntem ile 5.000 ile 400.000 yıl arasında çok hassas yaşlar elde edilebilmekte ve karbonatlara kolaylıkla uygulanabilmektedir.

4.2. Diyadin Çatlak Sırtı Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri

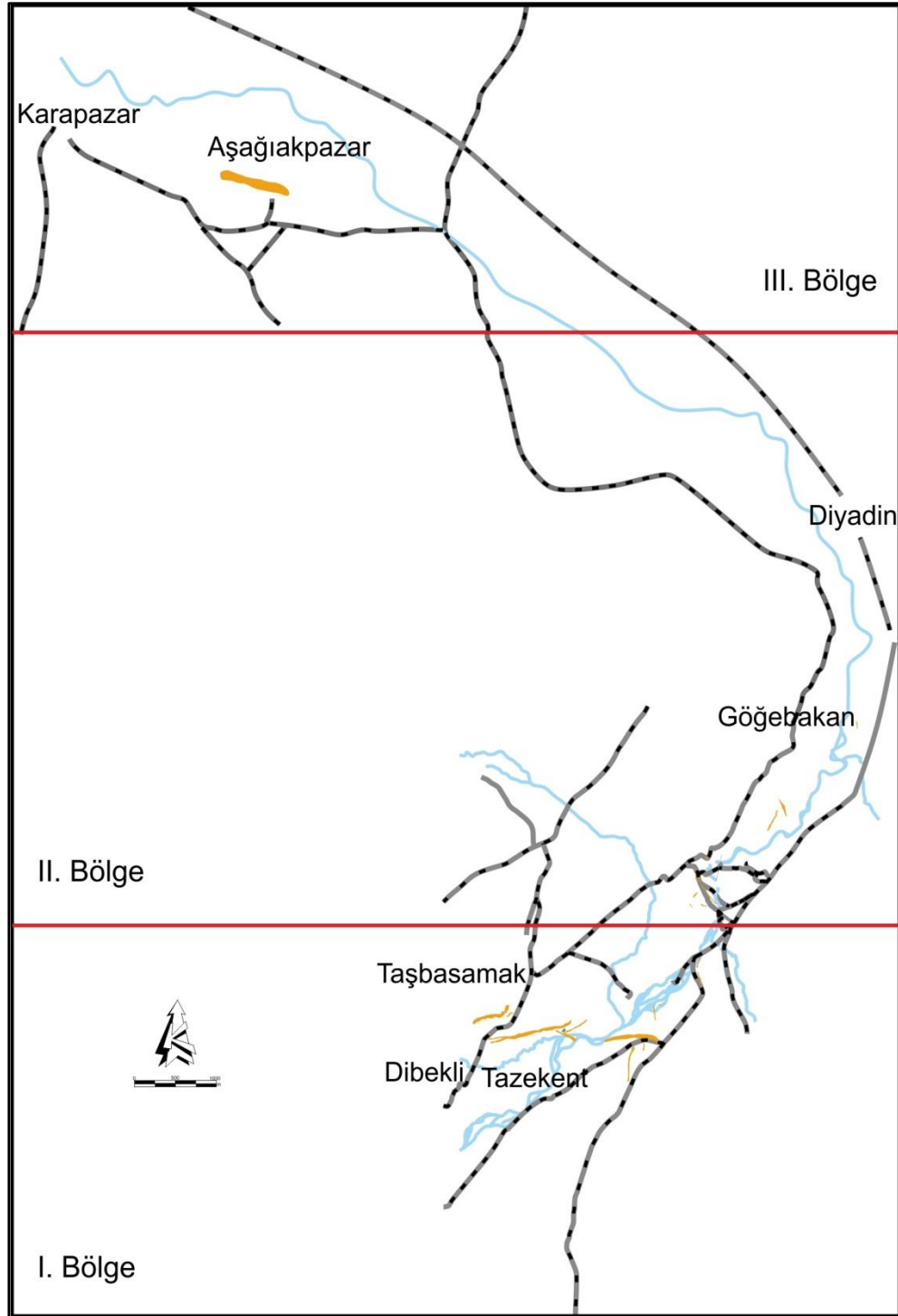
Diyadin jeotermal alan içerisinde 31 adet ana “sırt tipi traverten” oluşumu yer almaktadır. Sırtlar üzerinde bulunan ana ve parazitik çatlaklar GPS kullanılarak çatlak eksenini üzerinde enlem ve boylam değerleri belirli aralıklarla ölçülüp elde edilen değerler her bir çatlak eksenini için bilgisayar ortamında değerlendirilerek enlem-boylam grafikleri elde edilmiştir. 1/5.000 ölçekte hassas bir şekilde haritalanmıştır. Bu sırtlara harita düzlemi üzerinde bakıldığı takdirde çatlak eksenlerinin DKD-BGB ve KB-GD doğrultularda yoğunlaştıkları göze çarpmaktadır (Şekil 4.3). Diyadin de bulunan sırt tipi traverten oluşumlarında yer alan parazitik çatlaklar dışında kalan ana çatlakların toplam uzunlukları 5275.37 metredir.

Bu bölgede bulunan sırt tipi travertenler üzerinde saha çalışmaları sırasında ayrıntılı gözlemler yapılarak çatlakların gelişimlerine ilişkin eksenlerin genişlikleri, yükseklikleri ve tabakalı travertenlerin eğim değerleri gibi veriler toplanmıştır. Bu verileri her bir çatlak üzerinde görebilmek amacıyla Diyadin çatlak haritasında yer alan sırt tipi travertenlere 1’den 31’e kadar numara verilmiştir (Şekil 4.4, 4.5, 4.6, 4.7).

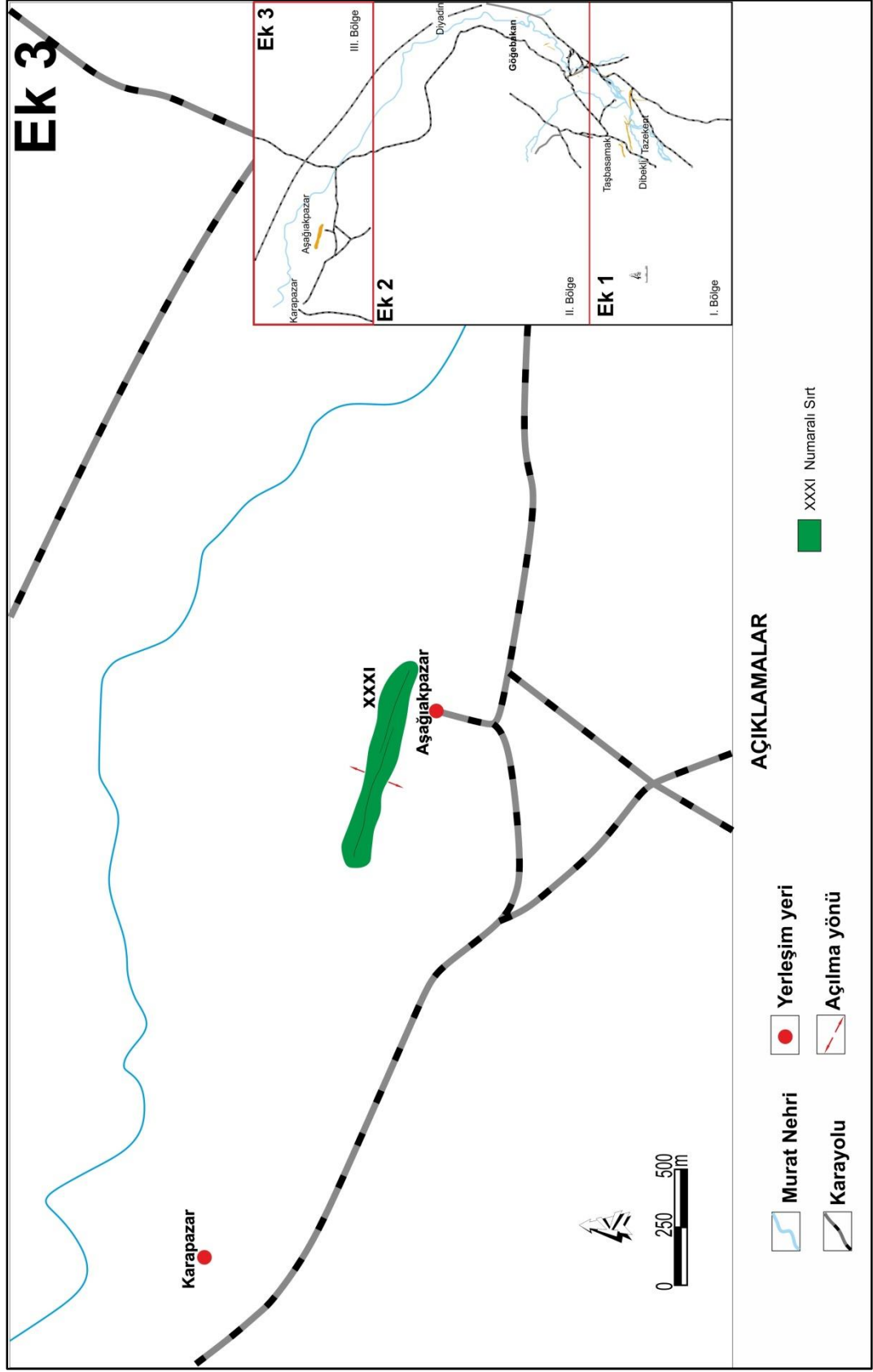
Ancak bu sırt tipi travertenlerden ikisinde tam olarak sırt tipi travertenlerin tüm özellikleri gözlenememiştir. Geriye kalan 31 adet sırt tipi traverten oluşumu tek tek numaralandırılmış ve uygun ölçeklerde ayrı ayrı çizilerek üzerindeki yapılar, gül diyagramları ve ölçekli enine jeolojik kesitleri hazırlanmıştır.



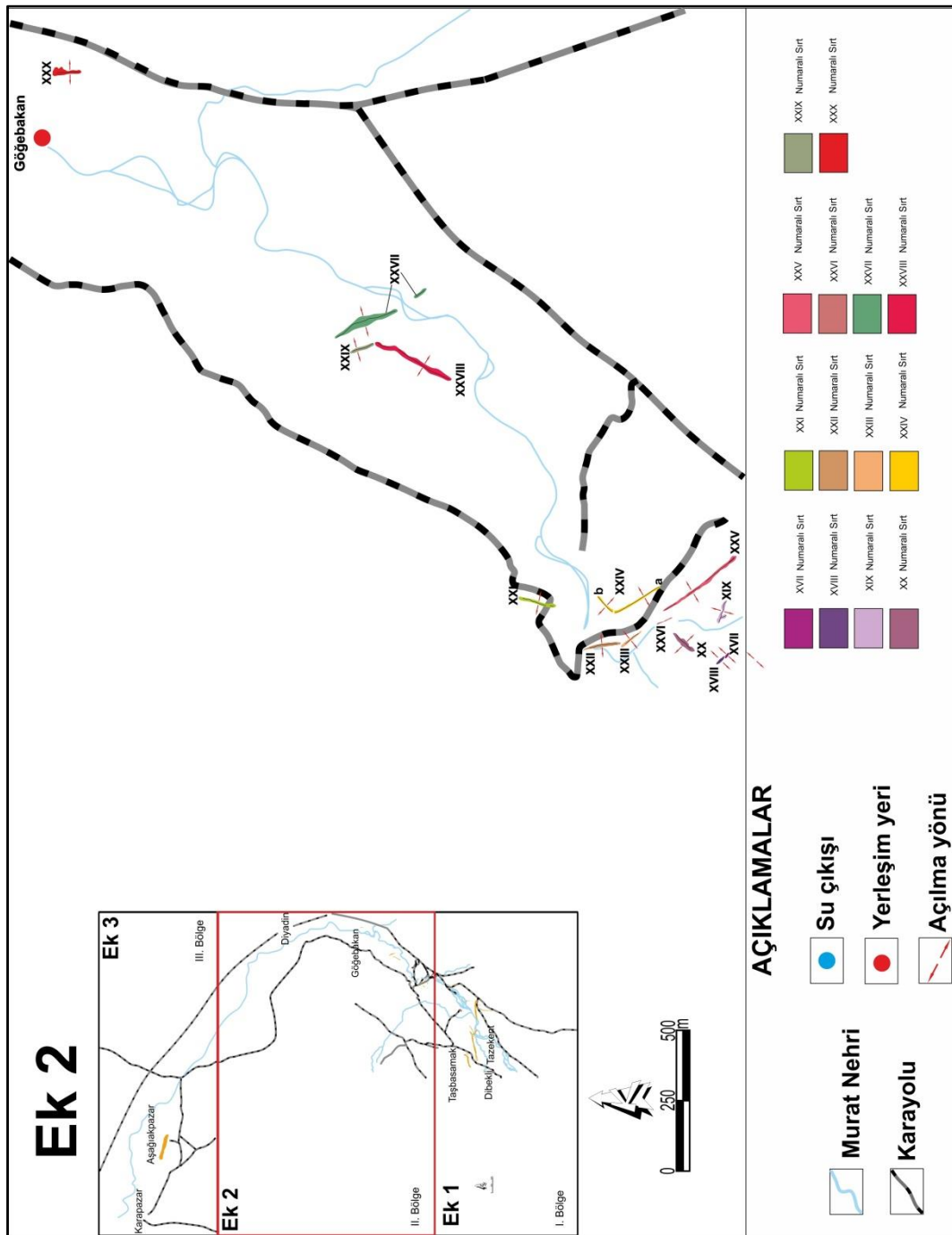
Şekil 4.3 Diyadin'deki 31 ana çatlak ekseninden hazırlanan gül diyagramı

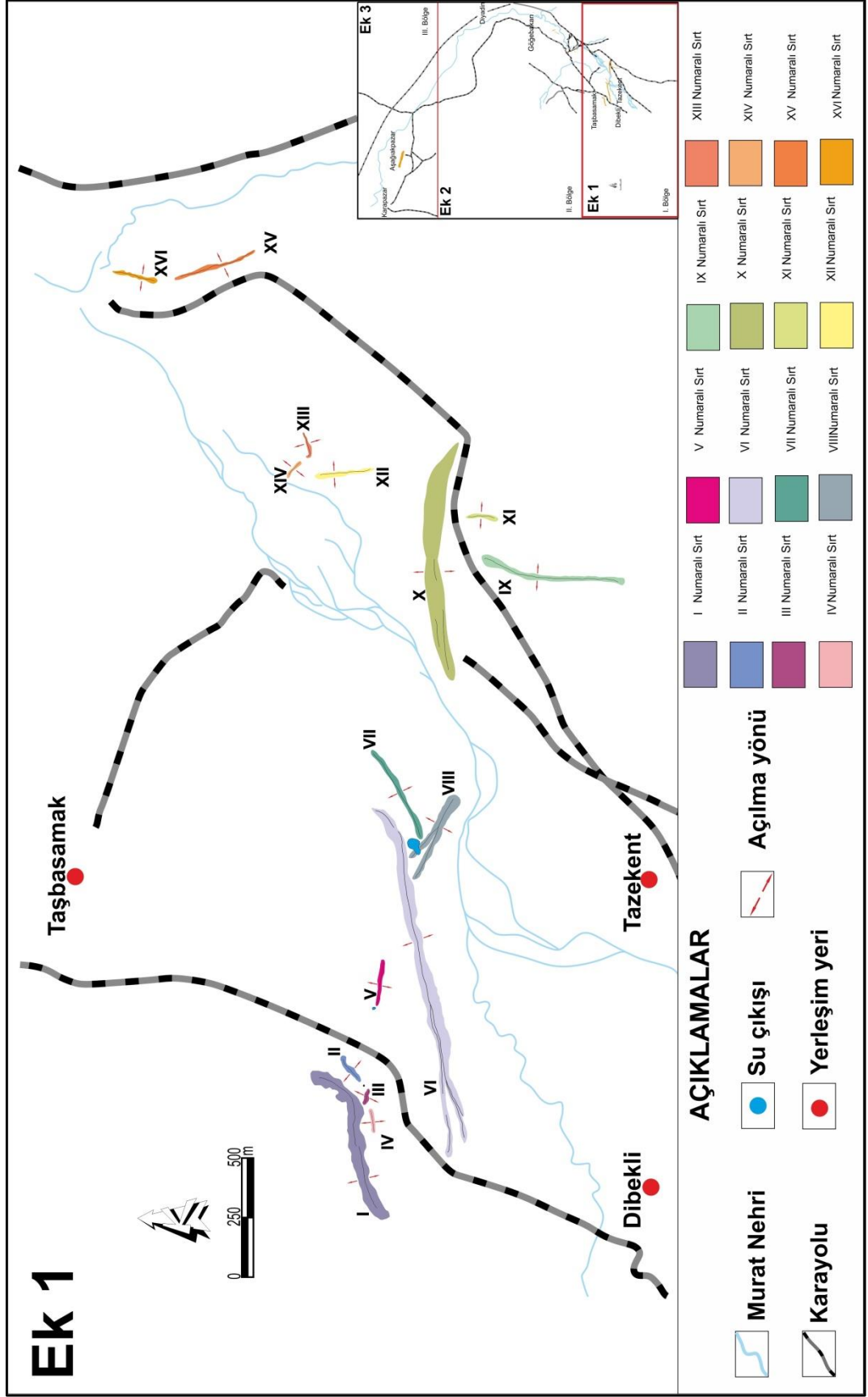


Şekil 4.4 Diyar bölgesindeki sırt tipi travertenlerin numaralandırılmış konumlarını gösteren harita



Şekil 4.5 III. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler

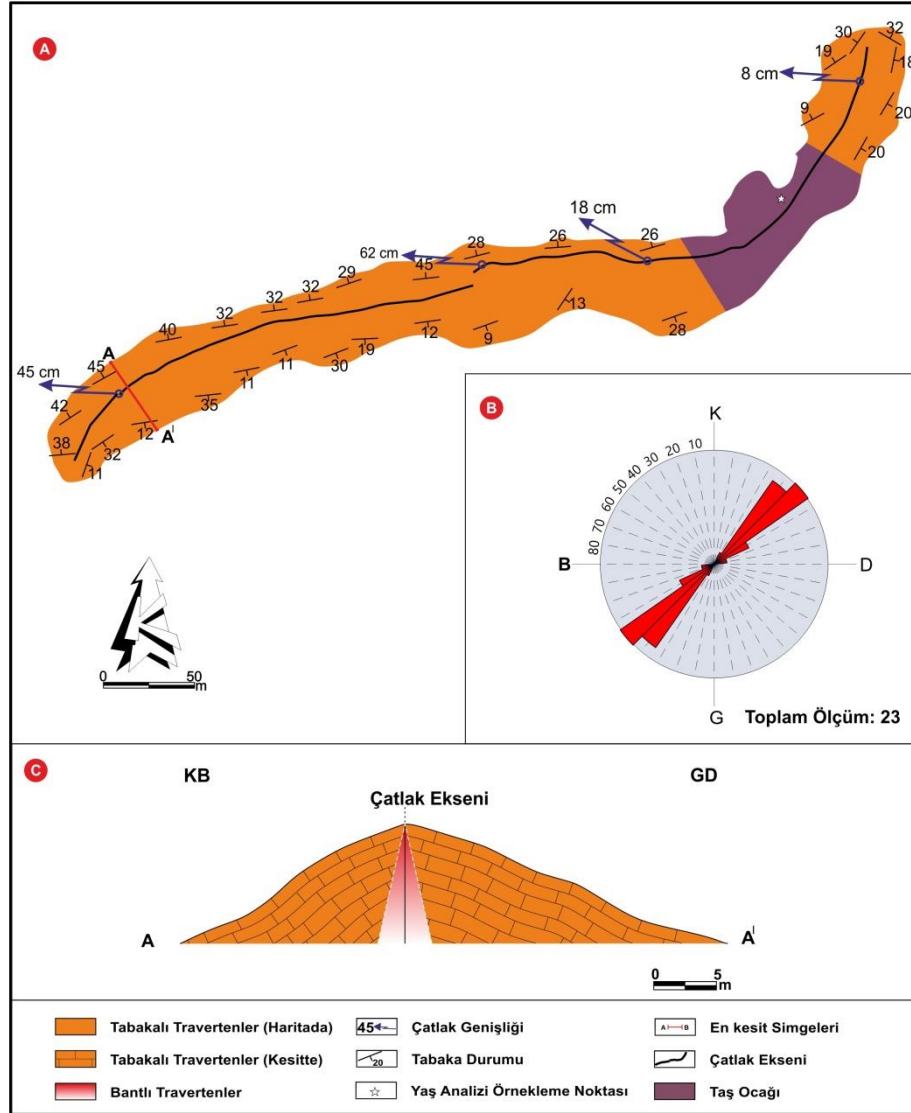




Şekil 4.7 I. Bölge'de bulunan sırt tipi travertenler

4.2.1. I Numaralı Sırt Tipi Traverten

Dibekli'nin (Diyadin) 1.2 km KD'sunda bulunan I numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ana çatlak genişliği, 8 ile 62 cm arasında değişmektedir. Sırt üzerindeki çatlakların harita düzlemindeki uzunluğu 405,86 metre olup, travertenin yüzey alanı 13590,43 m²'dir. Bu sırt tipi travertenin çatlak ekseninin doğrultularından yararlanılarak hazırlanan gül diyagramı K40°-50°D gidişli bir yoğunlaşma göstermektedir (Şekil 4.8). Tabakalı travertenlerin 45° ile 9° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.9).



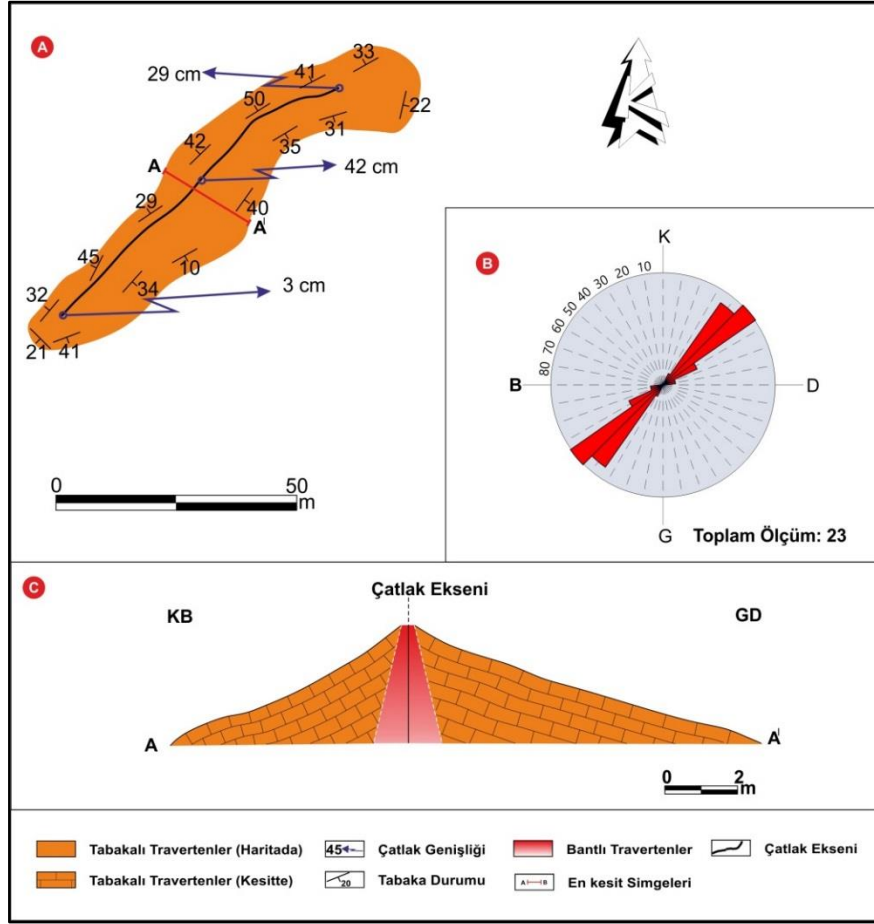
Şekil 4.8 I numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.9 I numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.2. II Numaralı Sırt Tipi Traverten

II numaralı sırt, I numaralı sırtın yaklaşık 200 metre güneydoğusunda KD-GB yönünde uzanmakta ve yaklaşık 60 metre uzunluğundadır. Ana çatlağın gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlağın genel gidişinin K55°D doğrultusunda olduğunu göstermekte ve bu sırt üzerinde ana çatlak genişliği 3 ile 42 cm arasında değişmektedir. II numaralı sırt tipi travertenin alanı 13590,43 m² dir. Tabakalı travertenlerin 50° ile 10° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GD ve KB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.10, 4.1).



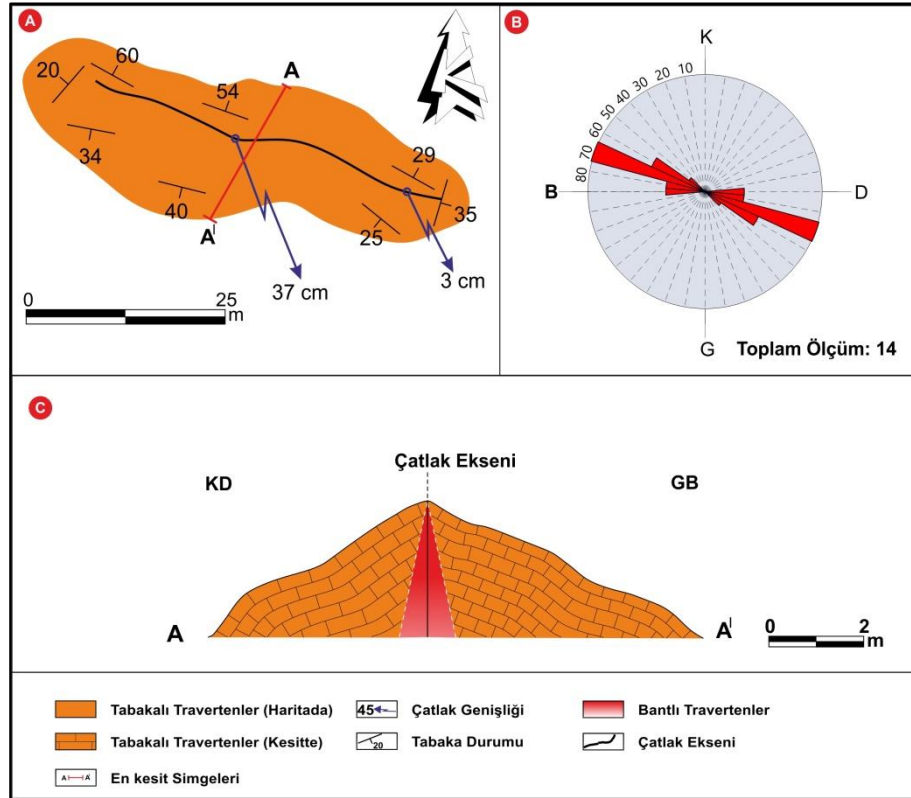
Şekil 4.10 II numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.11 II numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.3. III Numaralı Sırt Tipi Traverten

III numaralı sırt II numaralı sırtın yaklaşık 40 metre güneybatı ucuna yakın bir noktadan kuzeybatıya doğru uzanmakta ve yaklaşık 32 metre uzunluğundadır. Sırt tipi traverten oluşumunun çatlak ekseninin doğrultularına göre yapılan gül diyagramı, çatlak ekseninin K 70° B doğrultusunda yoğunlaştığını göstermektedir. III numaralı Sırt tipi travertende ana çatlak genişliği 3 ile 37 cm arasında değişmektedir. III numaralı sırt tipi travertenin alanı 385 m² dir. Tabakalı travertenlerin 60° ile 20° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.12, 4.13).



Şekil 4.12 III numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)

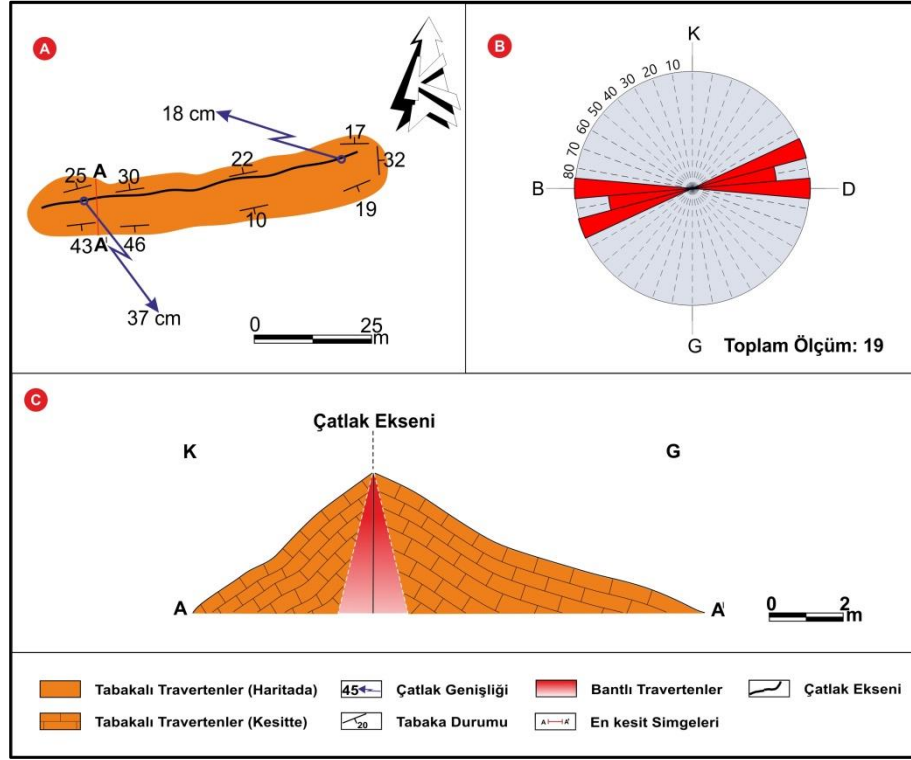


Şekil 4.13 III numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KB'dan GD'ya bakış)

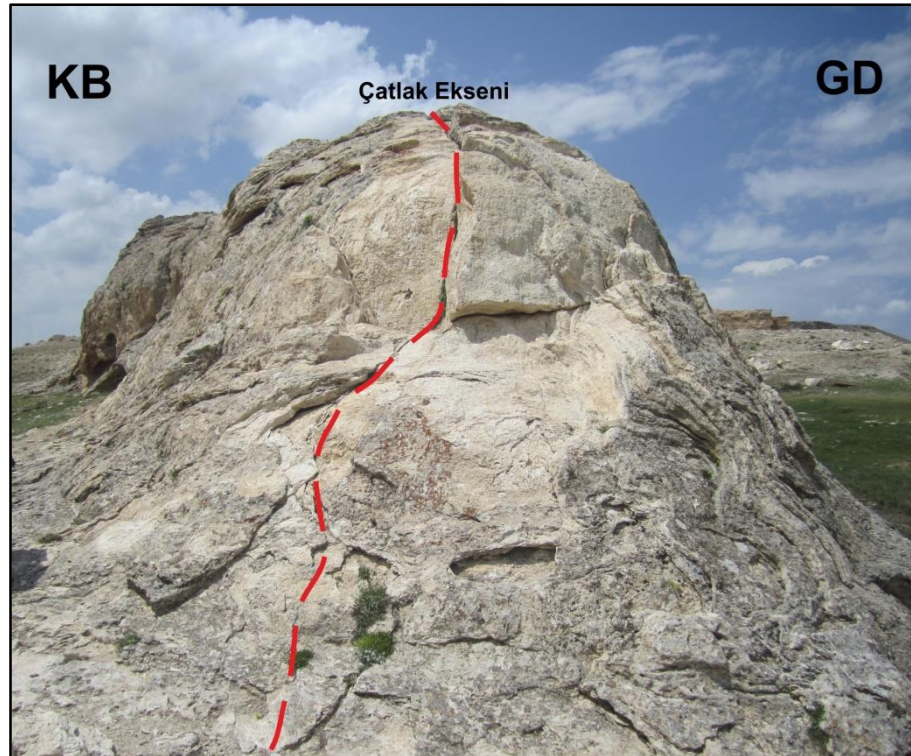
4.2.4. IV Numaralı Sırt Tipi Traverten

IV numaralı sırt III numaralı sırtın yaklaşık 40 metre güneydoğu ucuna yakın bir noktadan güneybatıya uzanmakta ve yaklaşık 52 metre uzunluğundadır. Bu sırt tipi traverten üzerinde ana çatlak genişliği, 18 ile 37 cm arasında değişmektedir. Çatlak ekseninden alınan ölçümlere göre yapılan gül diyagramında çatlak ekseninin K 75° D doğrultusunda yoğunlaştığını göstermektedir. IV numaralı sırt tipi travertenin alanı 536 m² dir. Tabakalı travertenlerin 46° ile 10° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GD ve KB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.14, 4.15).

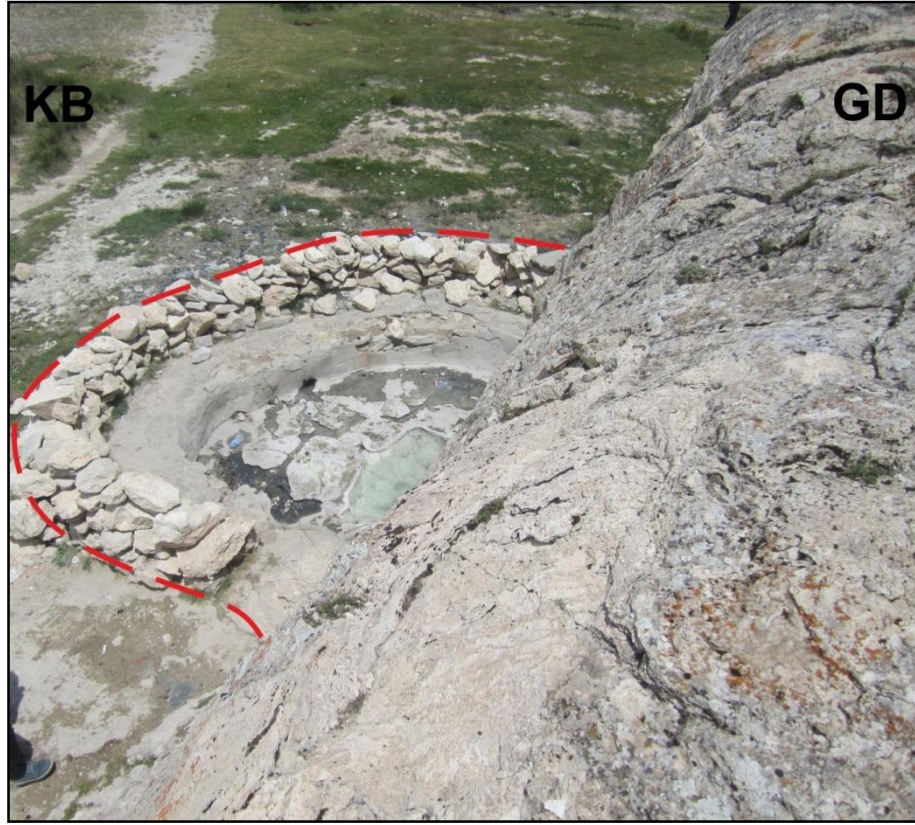
Bu sırt üzerinde yer alan havuzcuklar etrafında, suyu havuzlarda toplamak amacıyla yerleştirilmiş blok boyutlarında traverten parçaları bulunmaktadır. Bu gözlem IV numaralı sırtın günümüze çok yakın bir dönemde aktif olduğunu göstermektedir (Şekil 4.16).



Şekil 4.14 IV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



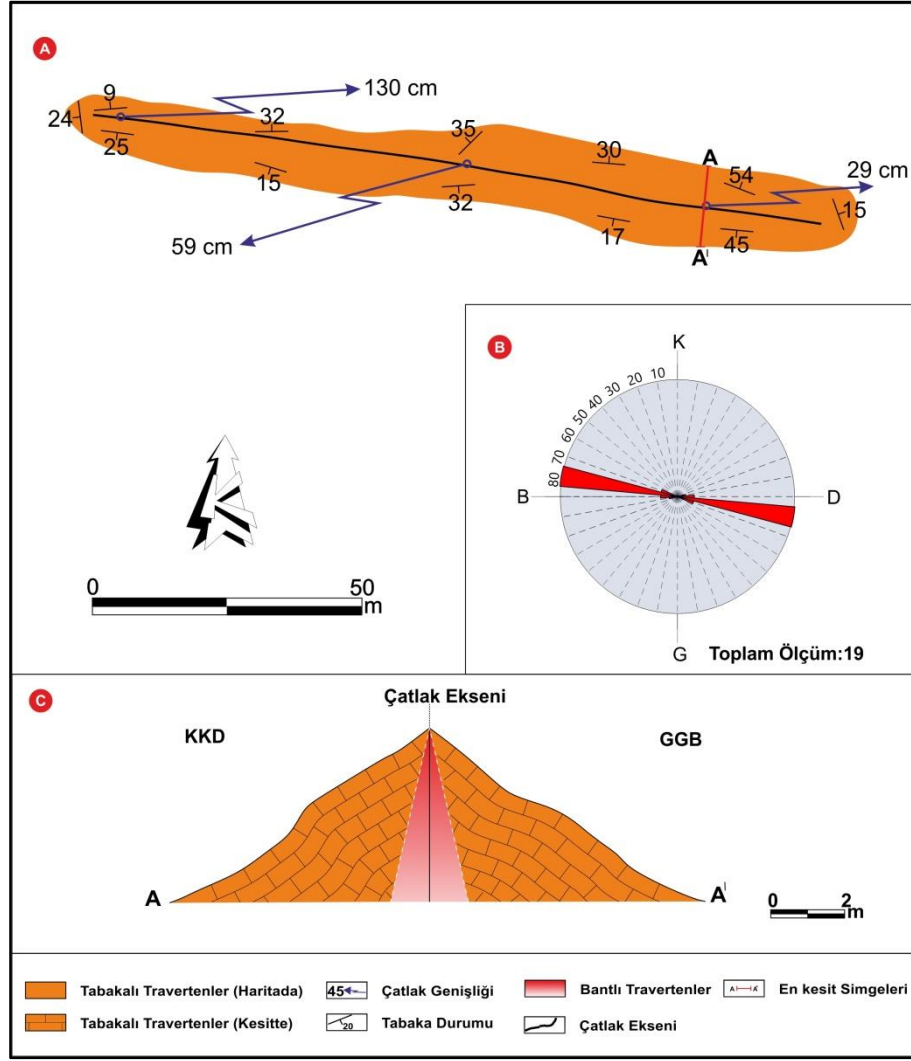
Şekil 4.15 IV numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)



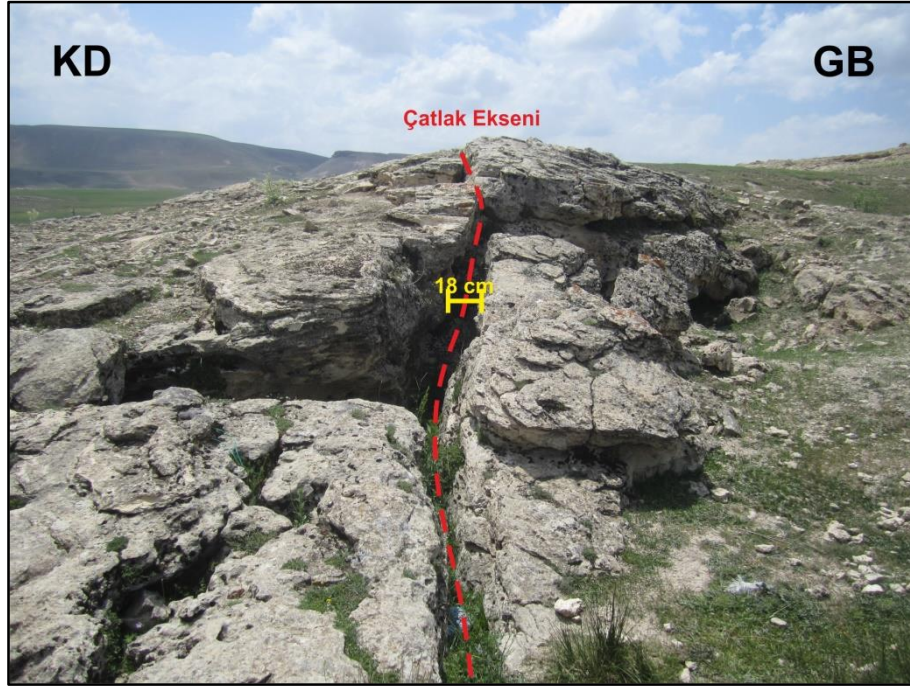
Şekil 4.16 IV numaralı sırt tipi travertenin üzerinde bulunan aktif sıcak su çıkışı ve havuzun görünümü

4.2.5. V Numaralı Sırt Tipi Traverten

V numaralı sırt Taşbasamak'ın yaklaşık 1.2 km. güneyinde bulunmaktadır ve toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 104 metre, travertenin alanı 1090 m² dir. Arazide ölçülen toplam 19 adet çatlak eksenine ait doğrultu değerlerine göre yapılan gül diyagramında genel yönelimin K 80° B doğrultusunda yoğunlaştığı görülmektedir V numaralı Sırt tipi travertende ana çatlak genişliği, 29 ile 130 cm arasında değişmektedir. V numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 54° ile 15° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.17, 4.18). Bu sırt üzerinde pasif su çıkış noktaları gözlenmektedir (Şekil 4.19).



Şekil 4.17 V numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.18 V numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KB'dan GD'ya bakış)



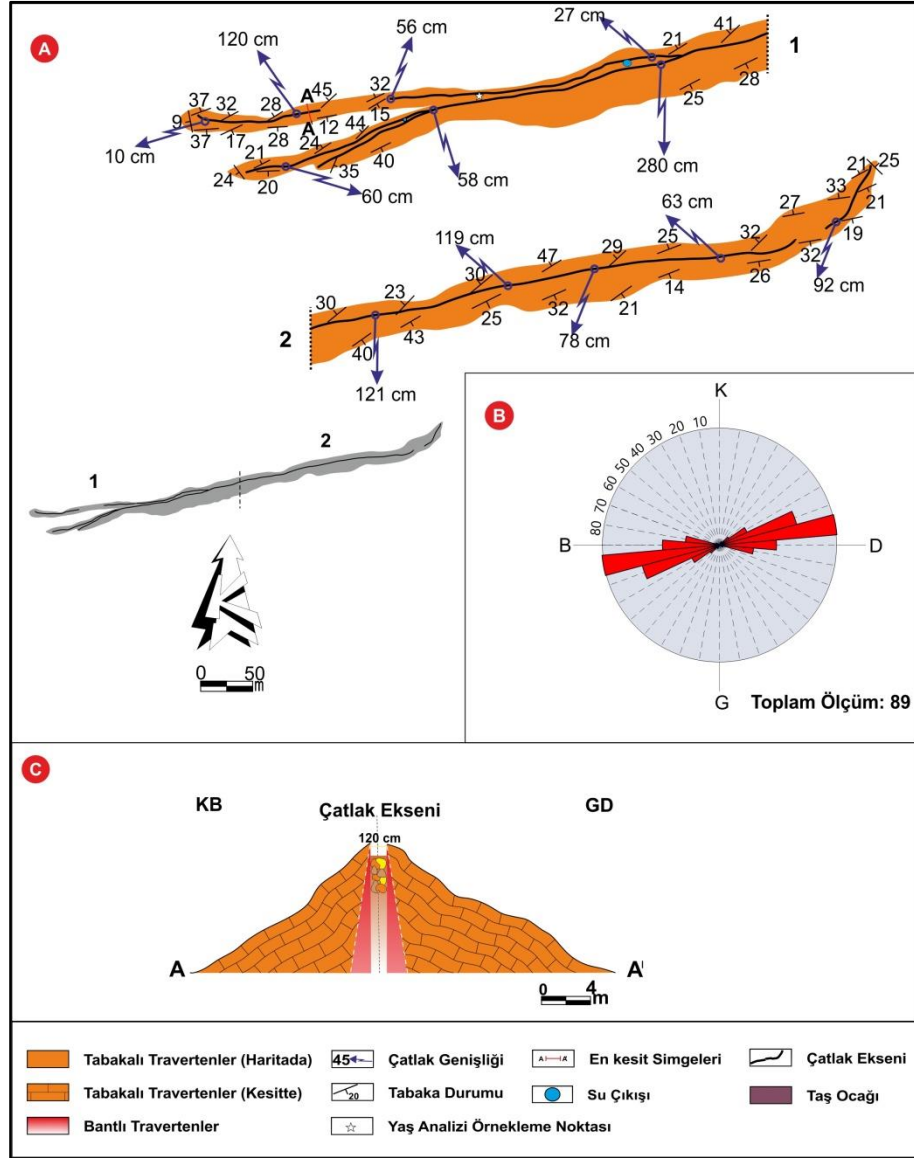
Şekil 4.19 V numaralı sırt tipi travertenin üzerinde gözlenen pasifleşmiş su çıkış noktaları

4.2.6. VI Numaralı Sırt Tipi Traverten

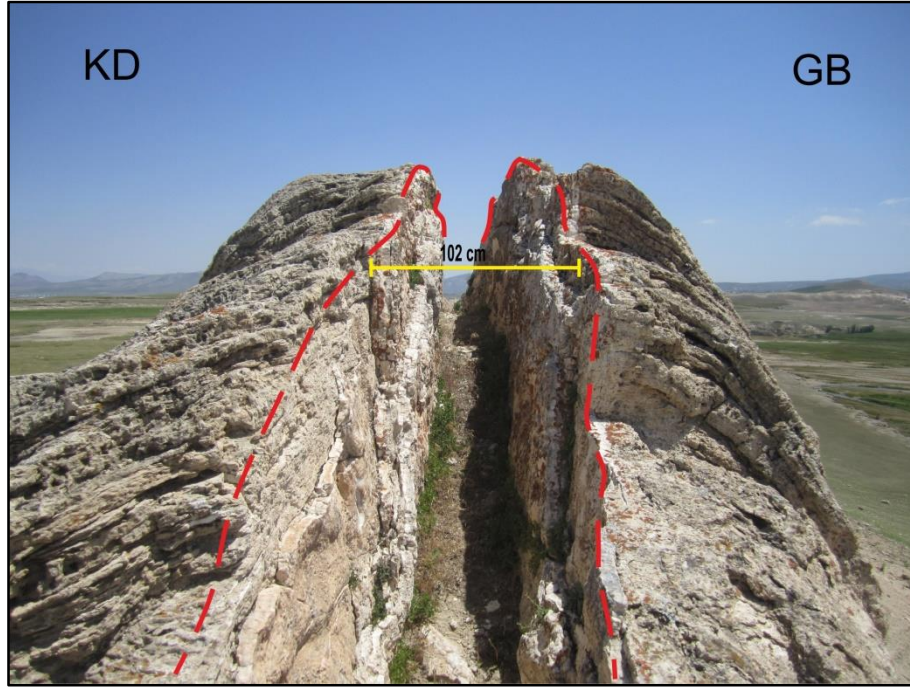
VI numaralı sırt Taşbasamak'ın yaklaşık 1.6 km güneybatısına yakın bir noktadan kuzeydoğuya uzanmakta ve yaklaşık 1230 metre uzunluğundadır. Travertenin alanı 25221 m² dir. Bu sırt tipi traverten üzerinde ana çatlak genişliği, 10 ile 280 cm arasında değişmektedir.

Arazide ölçülen toplam 89 adet çatlak eksenine ait doğrultu değerlerine göre yapılan gül diyagramında genel yönelimin K 80° D doğrultusunda yoğunlaştığı görülmektedir. VI numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 47° ile 9° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GD ve KB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.20, 4.21).

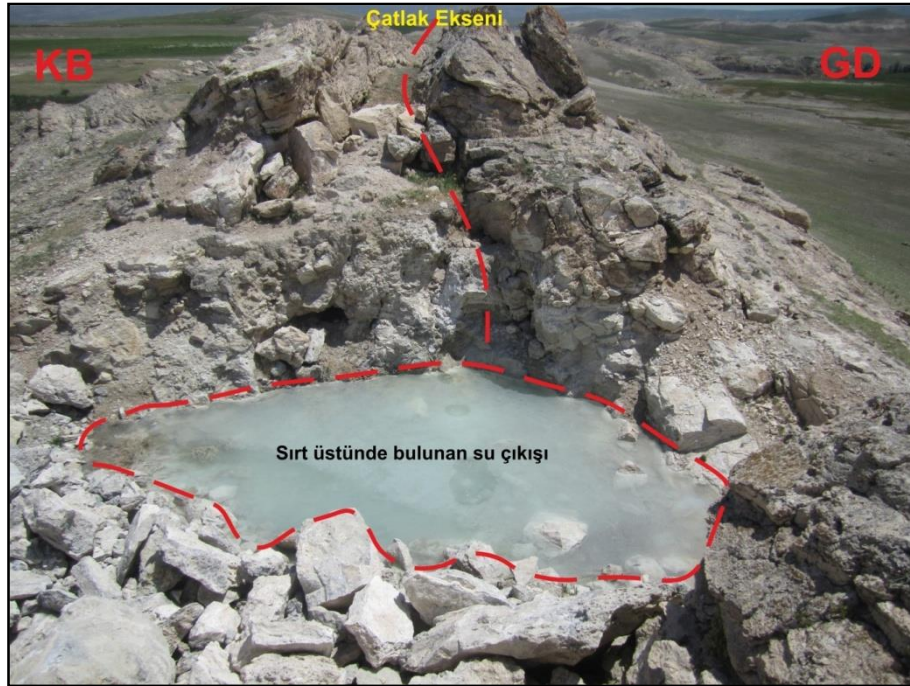
VI numaralı sırt üzerinde halen daha çıkmakta olan hidrotermal suların oluşturduğu havuzlar bulunmaktadır. Bu güncel çıkan sıcak sular, VI sırtın genç bir sırt olabileceğini gösterir (Şekil 4.22).



Şekil 4.20 VI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlak eksenine ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.21 VI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KD'dan GB'ya bakış)

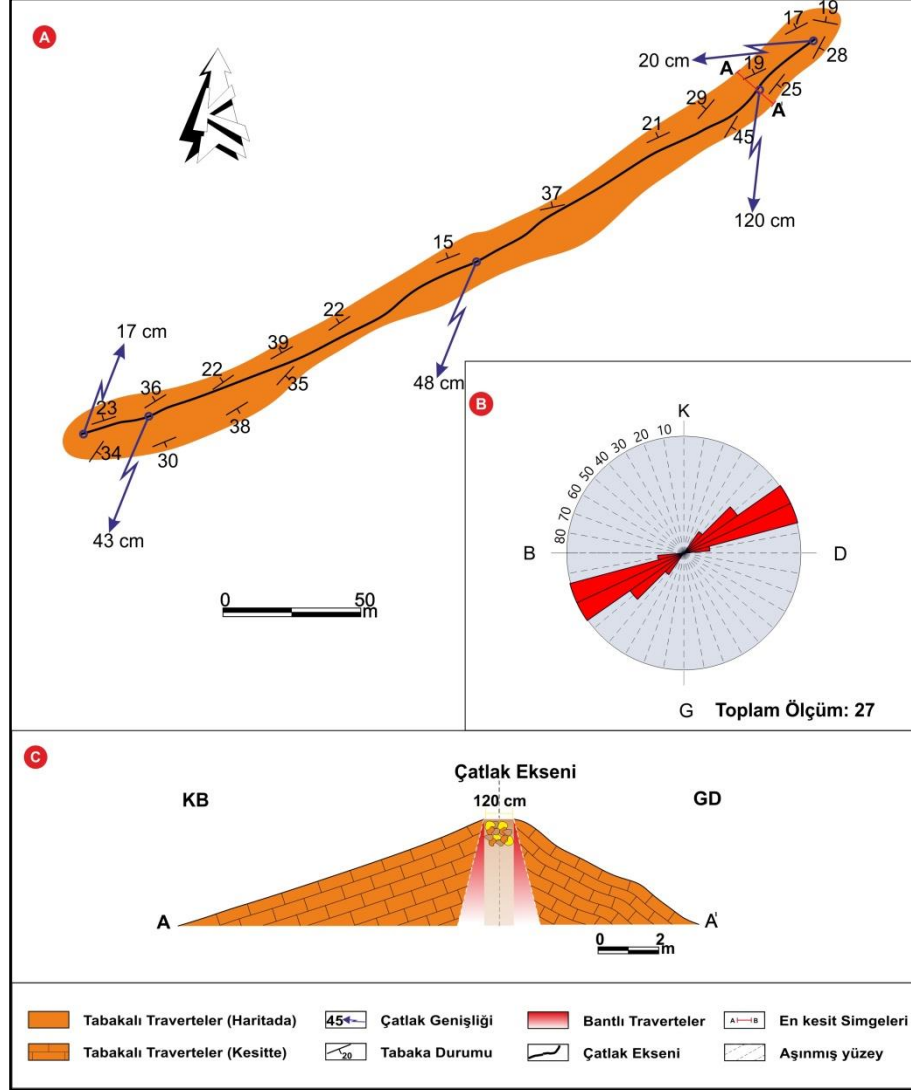


Şekil 4.22 VI numaralı sırt tipi travertenin üzerinde bulunan güncel su çıkışı

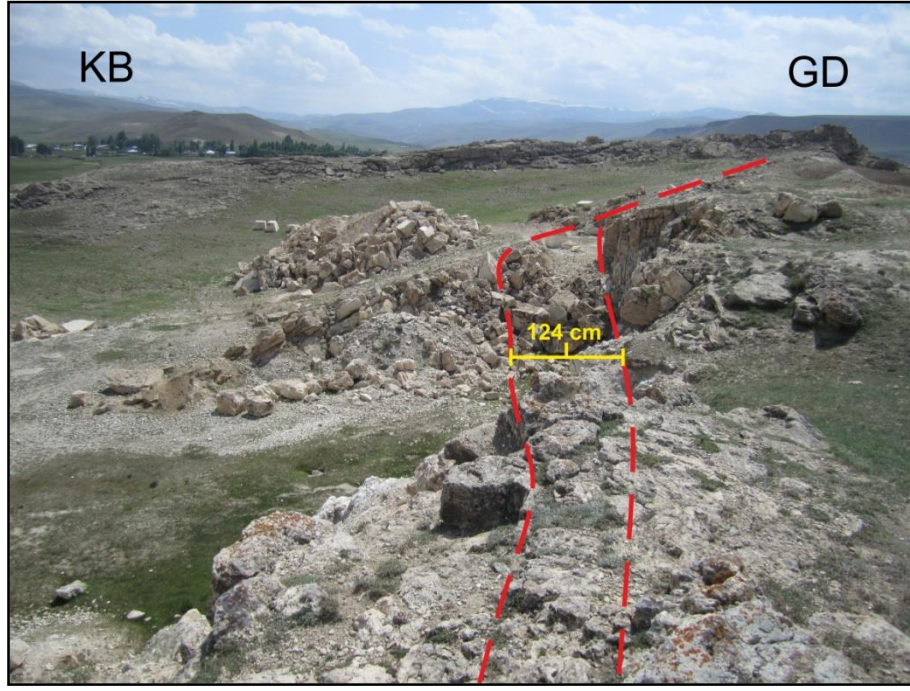
4.2.7. VII Numaralı Sırt Tipi Traverten

VII numaralı sırt Taşbasamak'ın yaklaşık 1.2 km. güneydoğusunda bulunmaktadır ve VIII numaralı sırta dik olarak uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 233 metre, olup arazide ölçülen toplam 27 adet çatlak eksetine ait doğrultu değerlerine göre yapılan gül

diyagramında genel yönelimin K 60-70° D doğrultusunda yoğunlaştığı görülmektedir ve travertenin alanı 3174 m² dir. VII numaralı Sırt tipi travertende ana çatlak genişliği, 43 ile 124 cm arasında değişmektedir. VII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 38° ile 17° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.23, 4.24).



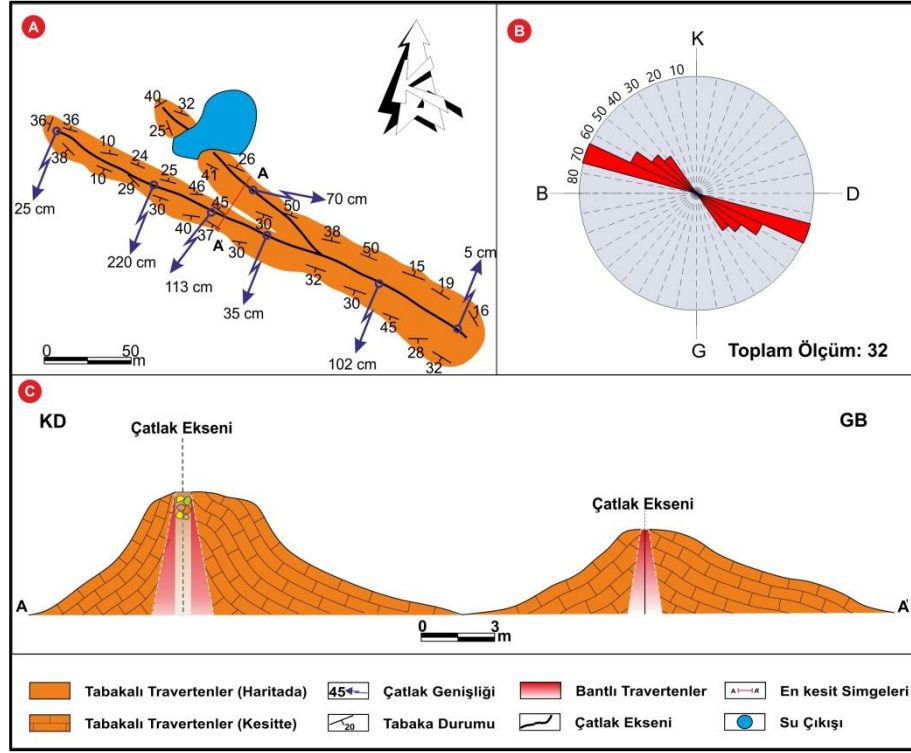
Şekil 4.23 VII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



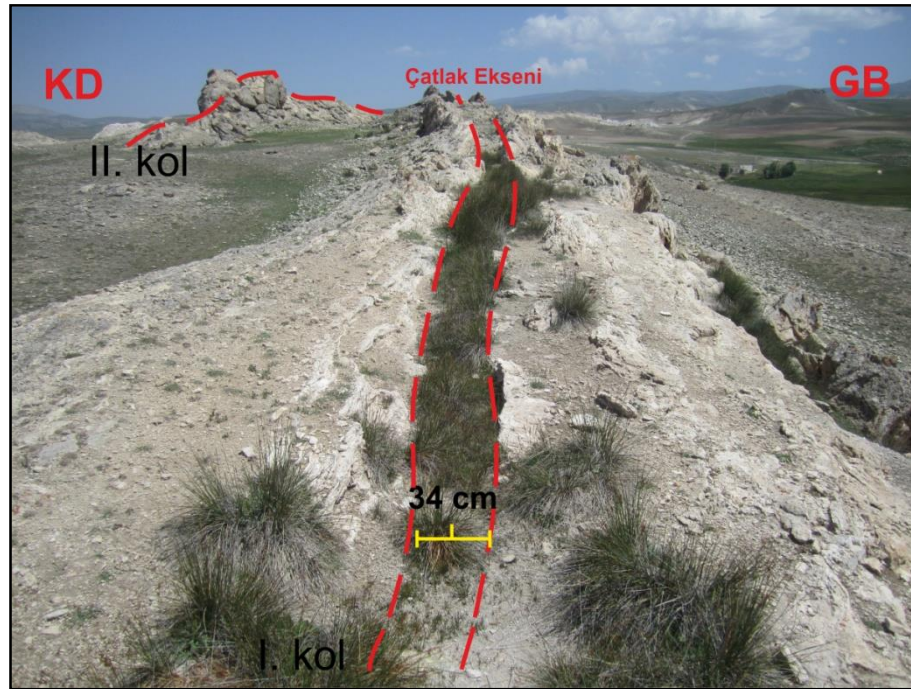
Şekil 4.24 VII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.8. VIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

VIII numaralı sırt VII numaralı sırtın yaklaşık 80 metre güneybatı ucuna yakın bir noktadan güneydoğuya doğru uzanmakta ve yaklaşık 300 metre uzunluğundadır. Yapılan gül diyagramında çatlak ekseninin K 70° B ya yoğunlaştığını göstermektedir. Bbu sırt üzerinde ana çatlak genişliği, 5 ile 220 cm arasında değişmektedir. VIII numaralı sırt tipi travertenin alanı 5235 m² dir. Tabakalı travertenlerin 50° ile 16° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir. VIII numaralı sırt iki kolun birleşimiyle oluşmaktadır ve sırtın üzerinde bulunan merkezi çatlaklarda su çıkışı gözlenmektedir. Sırtın ikinci kolu su çıkışı bulunan havuz tarafından kesilmektedir (Şekil 4.25, 4.26).



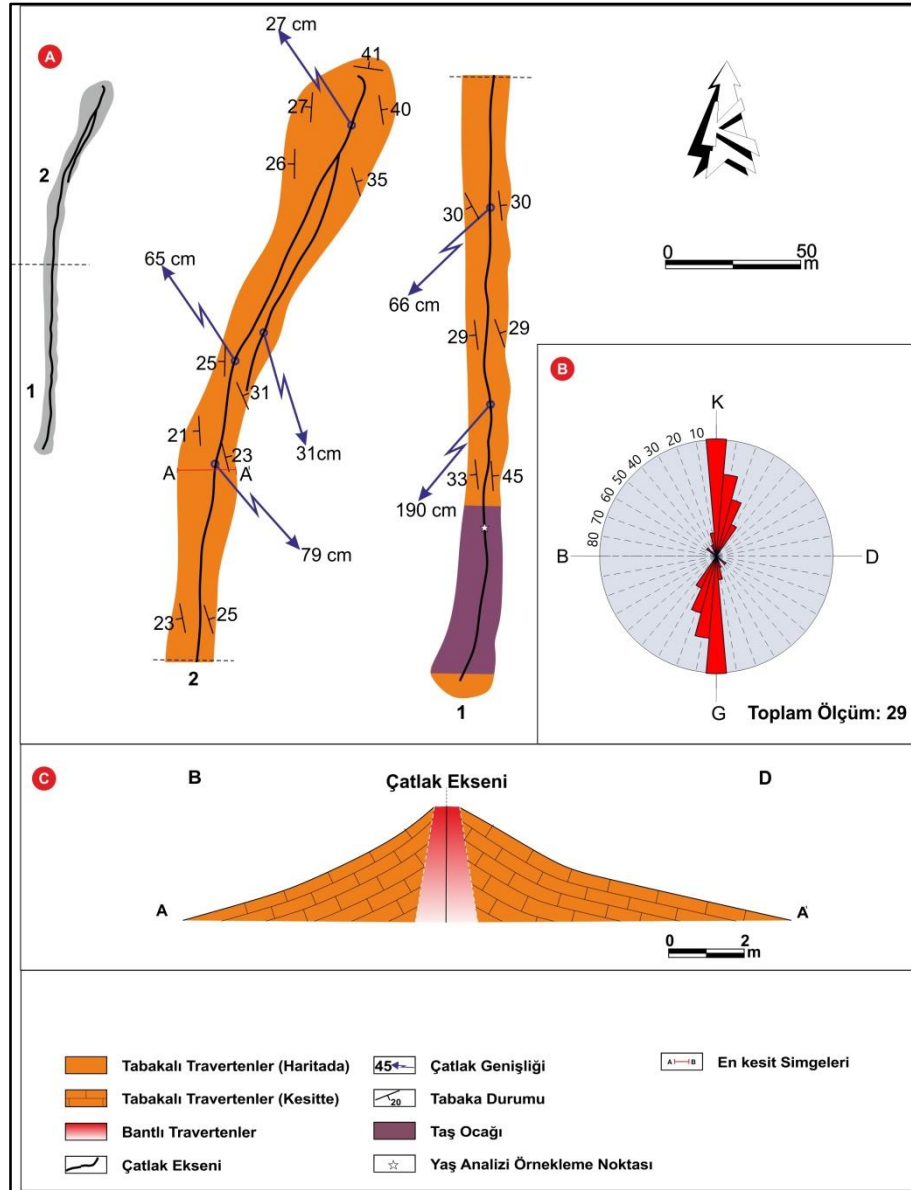
Şekil 4.25 VIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



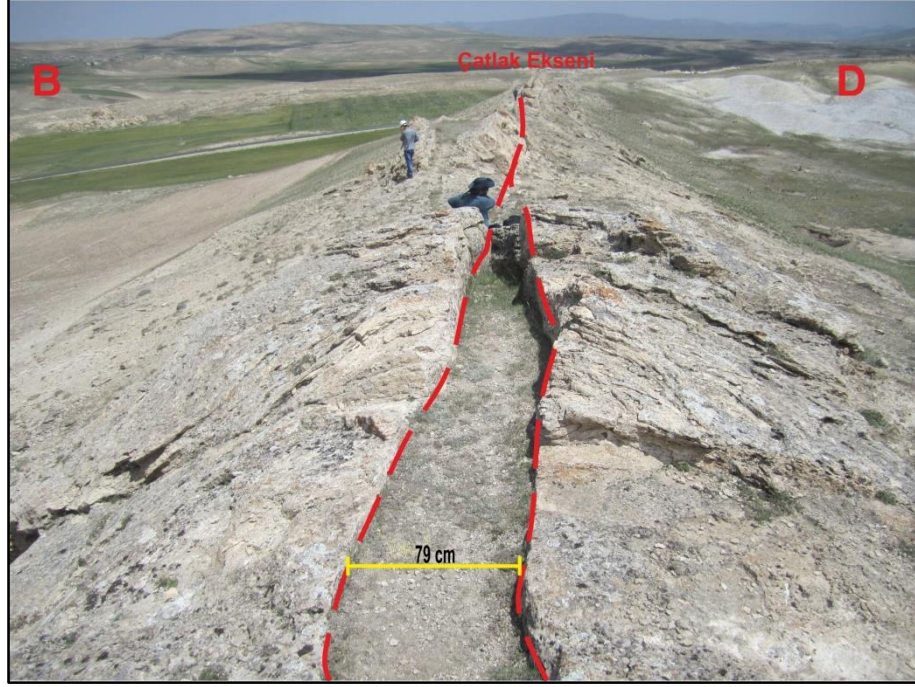
Şekil 4.26 VIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KB'dan GD'ya bakış)

4.2.9. IX Numaralı Sırt Tipi Traverten

IX numaralı sırt Taşbasamak'ın yaklaşık 2.5 km. güneydoğusunda bulunmaktadır ve X numaralı sırta dik, XI numaralı sırta paralel olarak uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 420 metre travertenin alanı 5080 m² dir. Çatlak ekseninin gidişinden elde edilen gül diyagramında BKB-DGD ve K5°B gidişli doğrultularında yoğunlaşma olduğu gözlenmektedir. IX numaralı Sırt tipi travertenin ana çatlak genişliği, 27 ile 190 cm arasında değişmekte, tabakalı travertenlerin 45° ile 20° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir. Her iki çatlak ekseninin kenarında gelişen tabakalı travertenlerin yer yer asimetrik olarak geliştiği gözlenmektedir. Bu asimetrik gelişim tektonik kökenli olmayıp, tamamen traverten oluşum anındaki paleotopoğrafyanın eğimi ile yakından ilişkilidir. Sırtın bir bölümü taş ocağı olarak işletilmektedir (Şekil 4.27, 4.28).



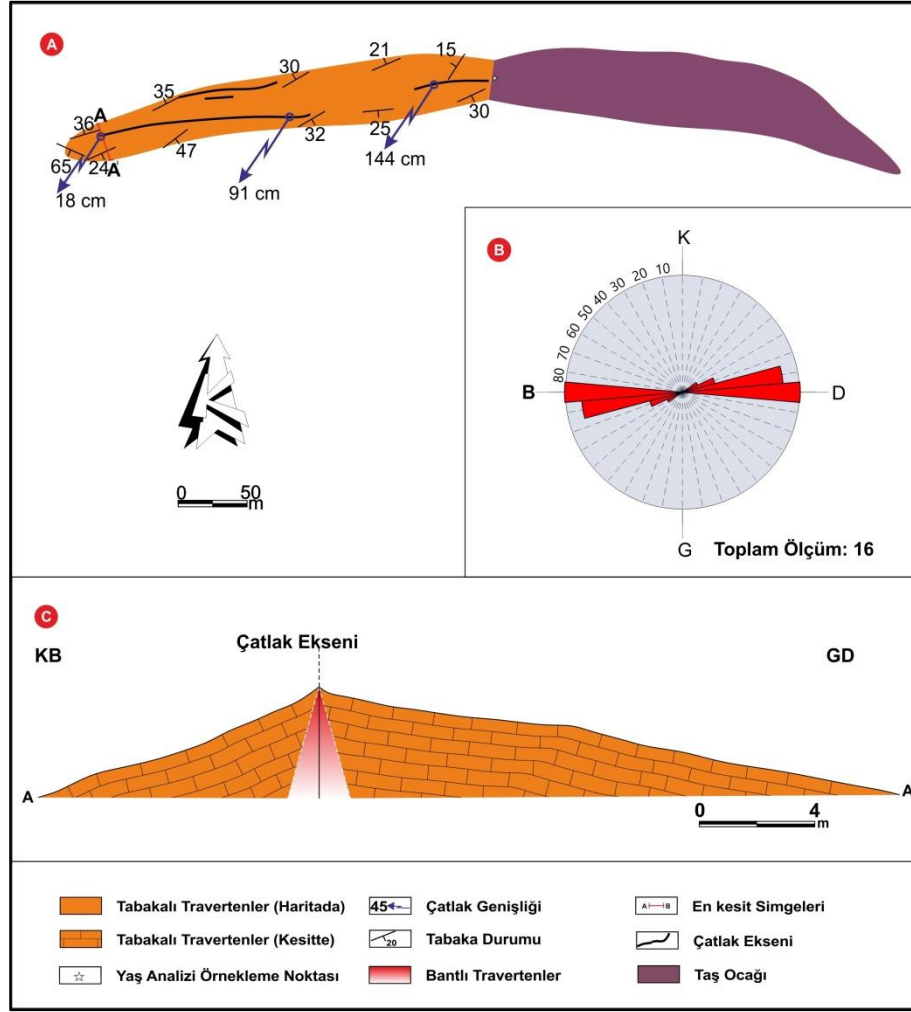
Şekil 4.27 IX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)

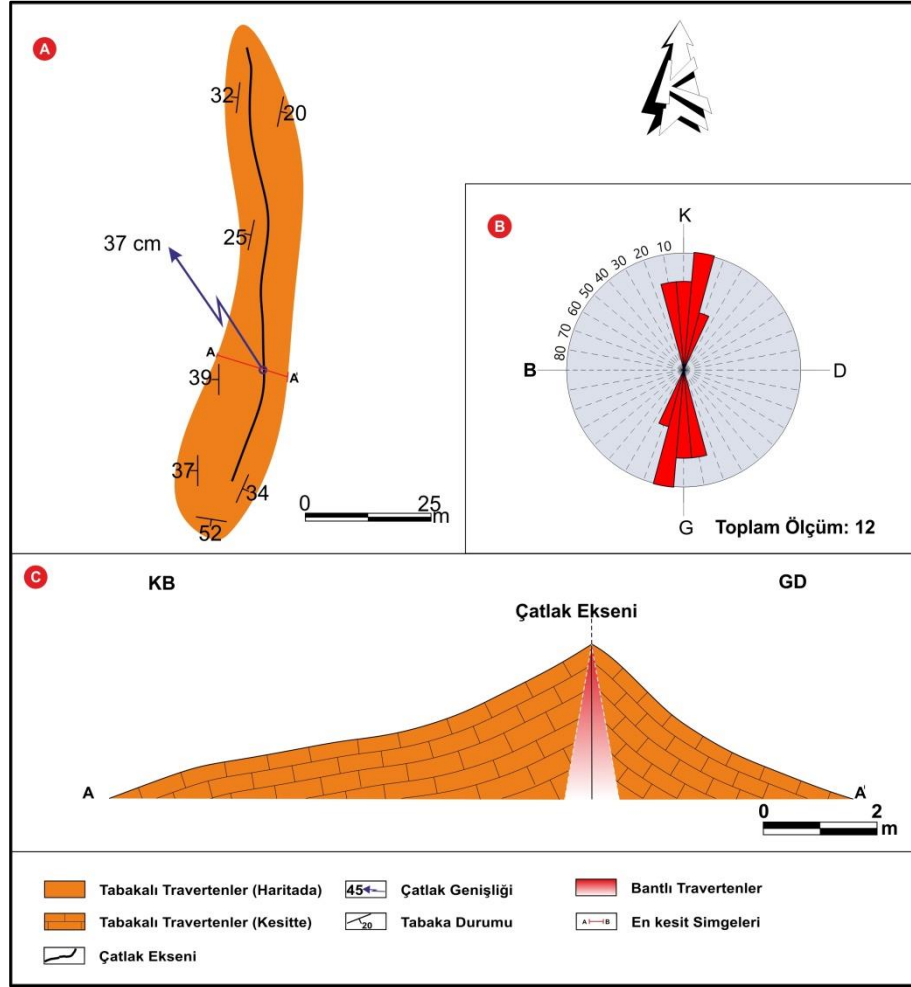


Şekil 4.28 IX numaralı sırt tipi travertenin görünümü (G'den K'ye bakış)

4.2.10. X Numaralı Sırt Tipi Traverten

X numaralı sırt Taşbasamak'ın yaklaşık 1.5 km güneydoğusunda bulunmaktadır ve X numaralı sırtın gidişi BGB-DKD yönündedir. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 285 metre travertenin alanı 21451 m² dir. Ana çatlaklardan alınan yaklaşık 16 adet doğrultu ölçümü ile yapılan gül diyagramı, egemen doğrultunun D-B olduğunu göstermektedir. X numaralı travertende ana çatlak genişliği 18 ile 144 cm arasında değişmektedir. X numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 65° ile 15° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir. Bu sırtın yarısından büyük bir bölümü taş ocağı olarak işletilmektedir (Şekil 4.29).





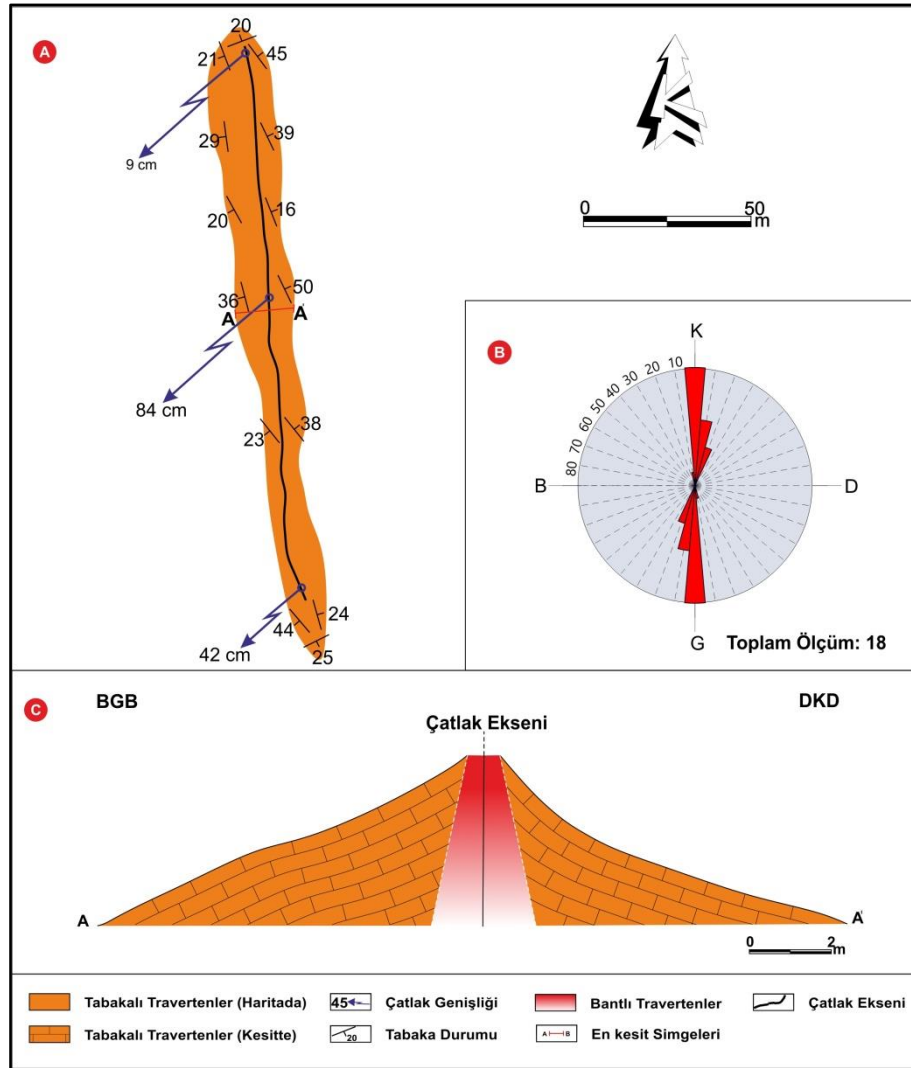
Şekil 4.30 XI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



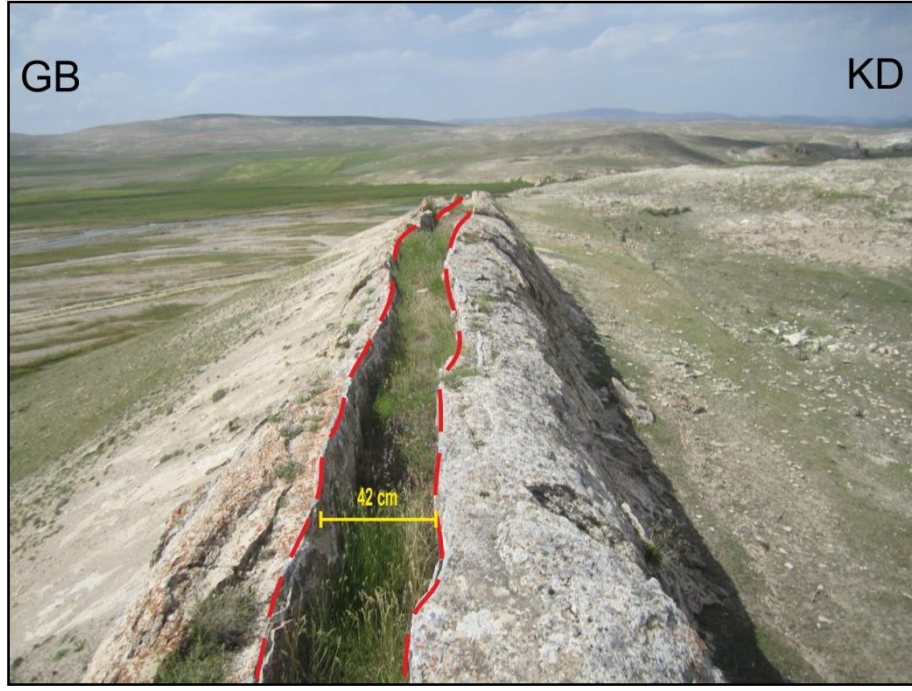
Şekil 4.31 XI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GGB'dan KKD'ya bakış)

4.2.12. XII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XII numaralı sırt X numaralı sırtın uç noktasından yaklaşık 300 metre kuzeydoğusunda bulunup kuzeybatıya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 1300 metre, travertenin alanı 1550 m² dir. Çatlak eksenlerinden alınan 18 adet doğrultu ölçümünden yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun K-G yönlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 9 ile 84 cm arasında değişmektedir. XII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 50° ile 20° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.32, 4.33).



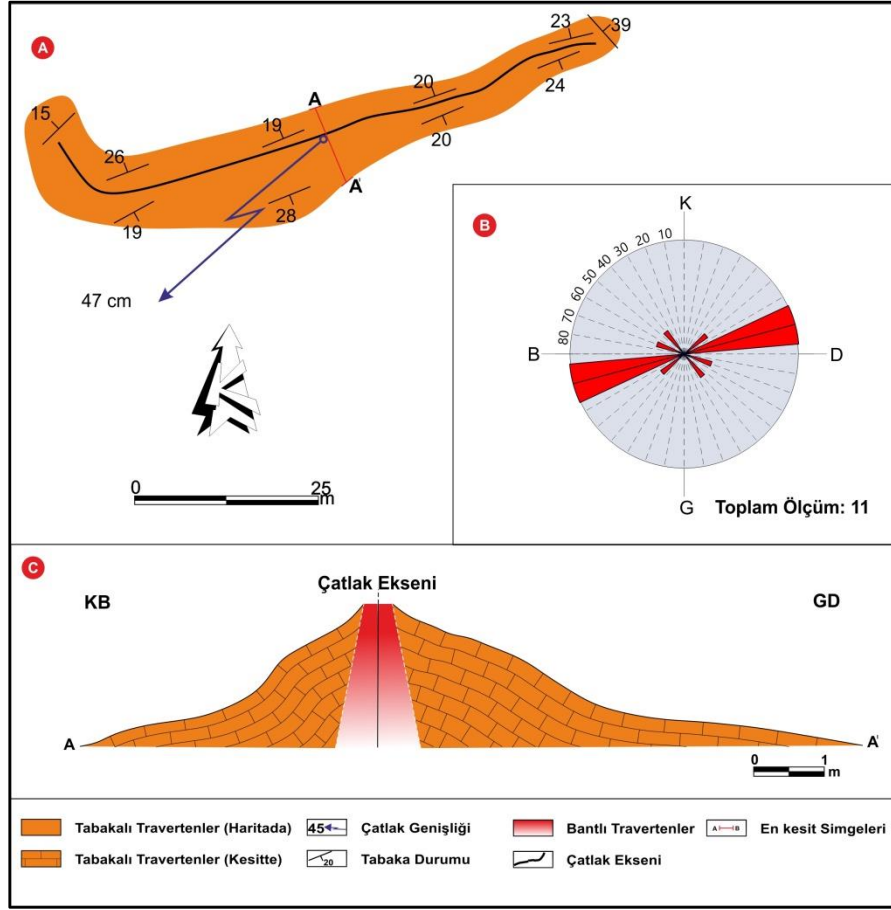
Şekil 4.32 XII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.33 XII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GGD'dan KKB'ya bakış)

4.2.13. XIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XIII numaralı sırt Taşbasamağın yaklaşık 1.8 km güneydoğusunda bulunmaktadır ve XIV numaralı sırta dik olarak gelişmiştir. Toplam 60 metre uzunluğa sahip kuzeydeki çatlak sırtı ekseninde saha çalışmaları sırasında ölçülen 11 adet doğrultu değerine göre egemen çatlak doğrultusunun K 70-80° D yönünde yoğunlaştığı görülmektedir ve travertenin alanı 470 m² dir. XIII numaralı Sırt tipi travertenl üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 47cm'dir. XIII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 39° ile 15° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.34, 4.35).



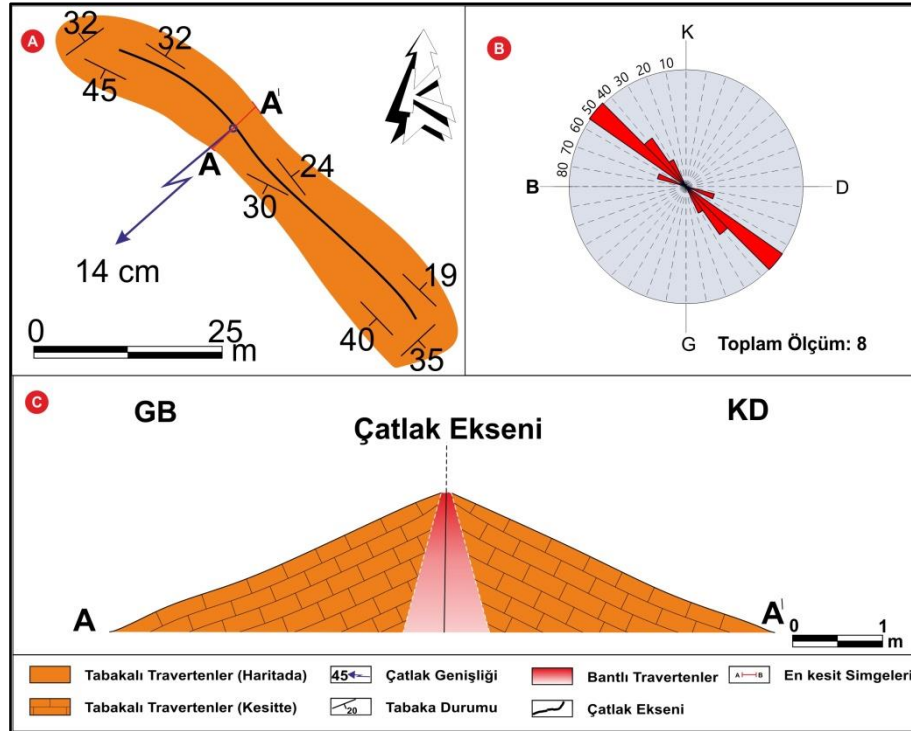
Şekil 4.34 XIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



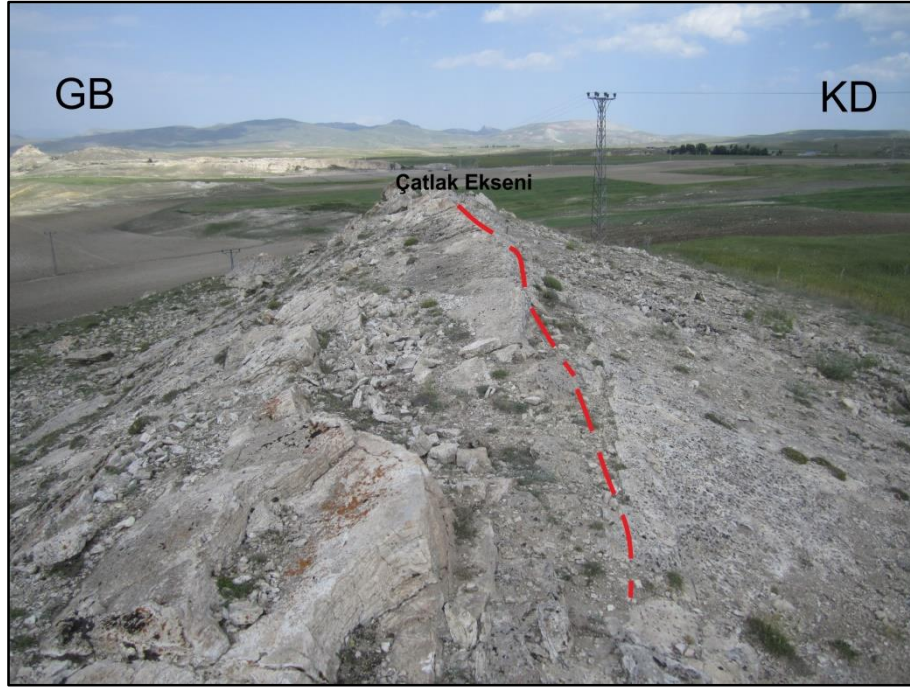
Şekil 4.35 XIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.14. XIV Numaralı Sırt Tipi Traverten

XIV numaralı sırt Taşbasamağın yaklaşık 1.8 km güneydoğusunda bulunmaktadır . Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 41 metre, travertenin alanı 370m² dir. Saha gözlemleri sırasında çatlak eksenlerinden alınan 8 adet doğrultu ölçümünden yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun K 50° B gidişli olup, eksenin genel uzanımı ile uyumluluk sunmaktadır. XIV numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen merkezi çatlak genişliği 14cm'dir. XIV numaralı sırt tipi tabakalı travertenlerin 45° ile 19° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.36, 4.37).



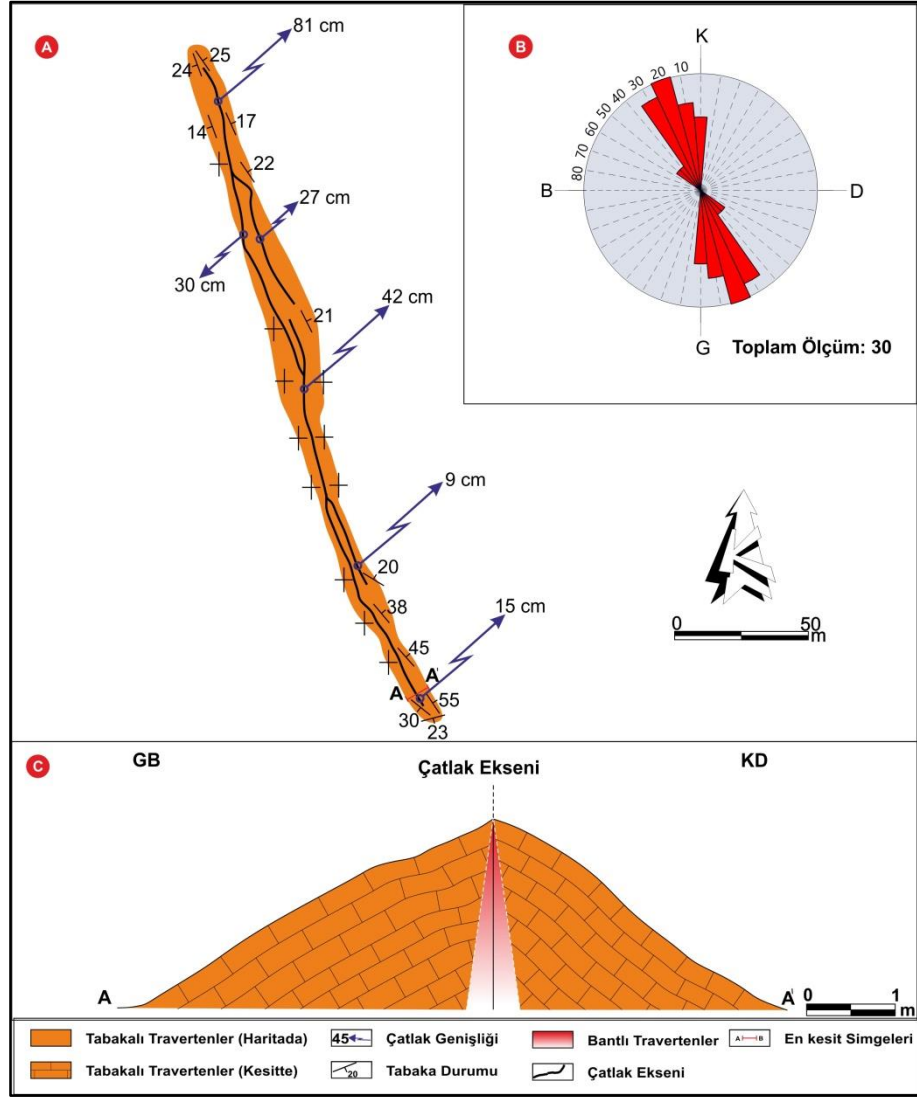
Şekil 4.36 XIV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



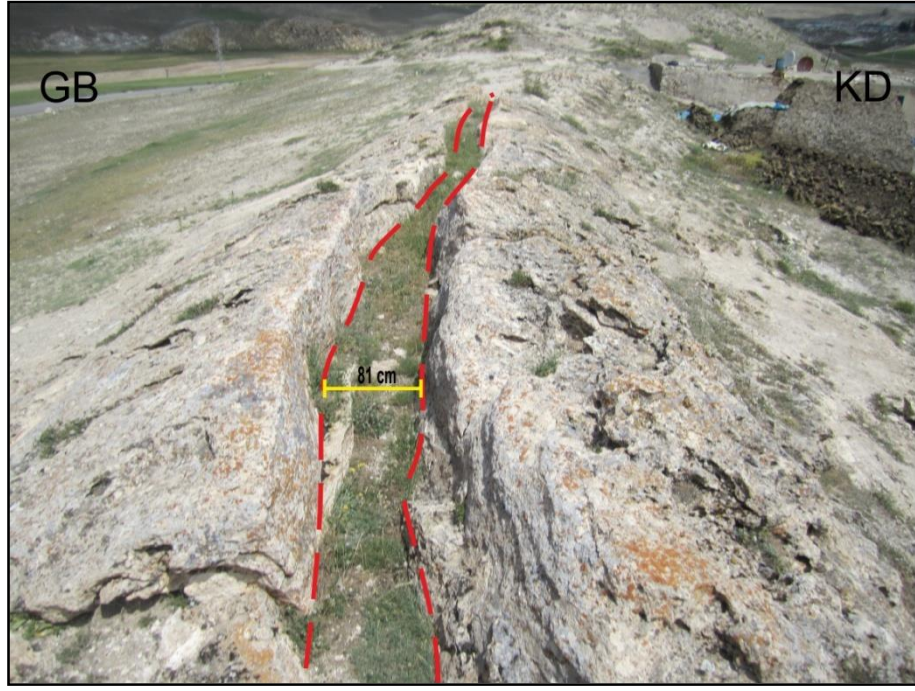
Şekil 4.37 XIV numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.15. XV Numaralı Sırt Tipi Traverten

XV numaralı sırt XIII numaralı sırtın ucundan yaklaşık 600 metre kuzeydoğusundan başlayıp kuzeybatıya doğru uzanmaktadır. Toplam 284 metre uzunluğa sahip kuzeydeki çatlak sırtı ekseninde saha çalışmaları sırasında ölçülen 30 adet doğrultu değerine göre egemen çatlak doğrultusunun K 20° B yönünde yoğunlaştığı görülmektedir ve travertenin alanı 1806 m² dir. XV numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 9-81 cm arasında değişmektedir. XV numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin yaklaşık dike yakın ile 55° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.38, 4.39).



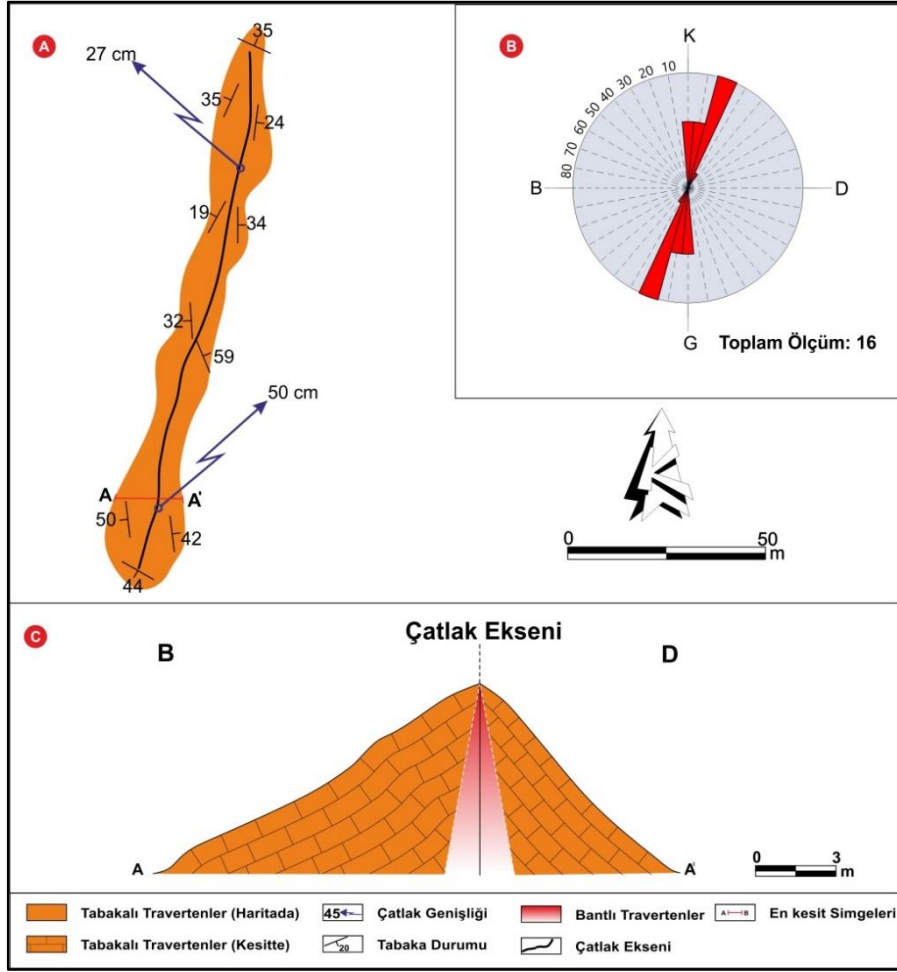
Şekil 4.38 XV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



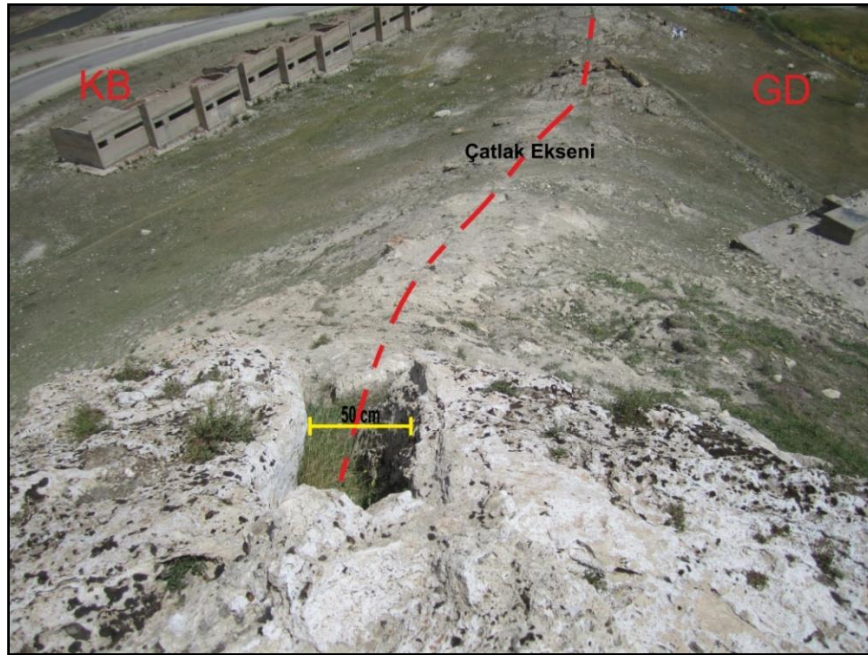
Şekil 4.39 XV numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.16. XVI Numaralı Sırt Tipi Traverten

XVI numaralı sırt XV numaralı sırtın ucundan yaklaşık 50 metre güneybatısından başlayıp kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır. Çatlak eksenlerinin gidişlerine göre yapılan gül diyagramında K25°D gidişli ve yüzeyde 102 metre çatlak uzunluğuna sahip bir traverten oluşumudur. Travertenin alanı 1018m² dir. XVI numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 27- 50 cm arasında değişmektedir. XVI numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 59° ile 19° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde BKB ve DGD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.40, 4.41).



Şekil 4.40 XVI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)

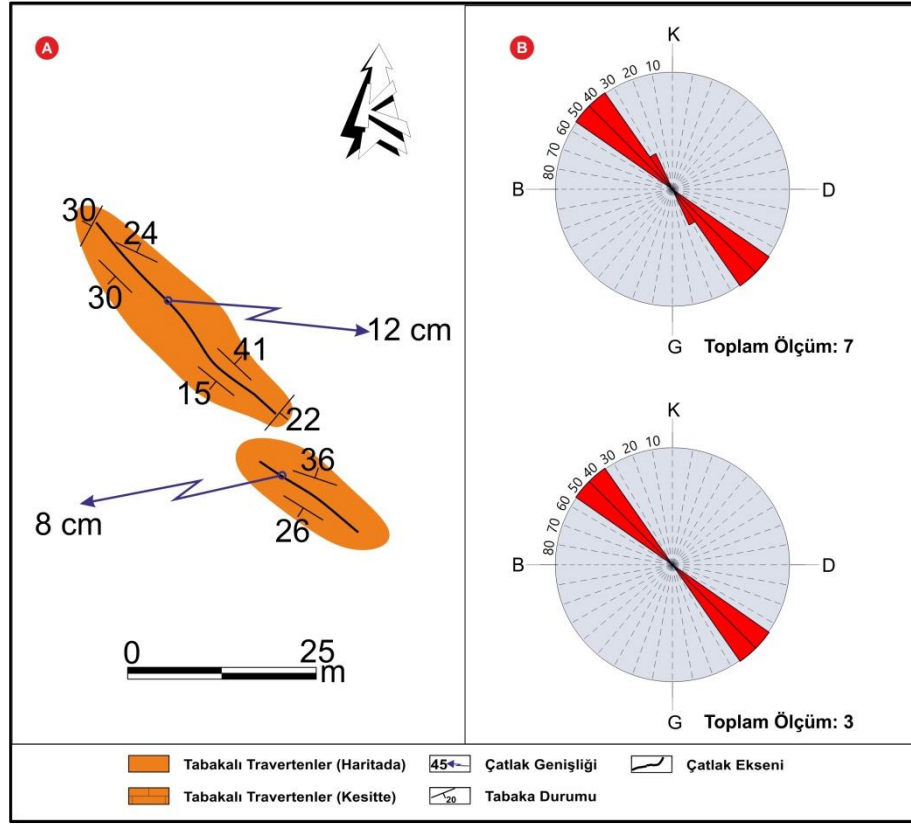


Şekil 4.41 XVI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.17. XVII ve XVIII Numaralı Sırt Tipi Travertenler

XVII ve XVIII numaralı sırtlar Göğebakan'ın yaklaşık 3 km güneybatısında bulunmaktadır. Birbirlerinin devamı gibi duran bu sırtlar güneydoğudan kuzeybatıya doğru uzanmaktadır. Çatlak eksenlerinin gidişlerine göre yapılan gül diyagramında K45°B gidişli ve yüzeyde 45 metre çatlak uzunluğuna sahip bir traverten oluşumudur. Travertenlerin toplam alanları 270m² dir.

XVII numaralı Sırt tipi travertenini oluşturan tabakalı travertenlere bakıldığında, bu sırt üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 12, XVIII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin ölçülebilen ana çatlak genişliği ise 8cm'dir. XVII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 41° ile 15° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.42, 4.43).



Şekil 4.42 XVII ve XVIII numaralı sırtların harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramları (b)

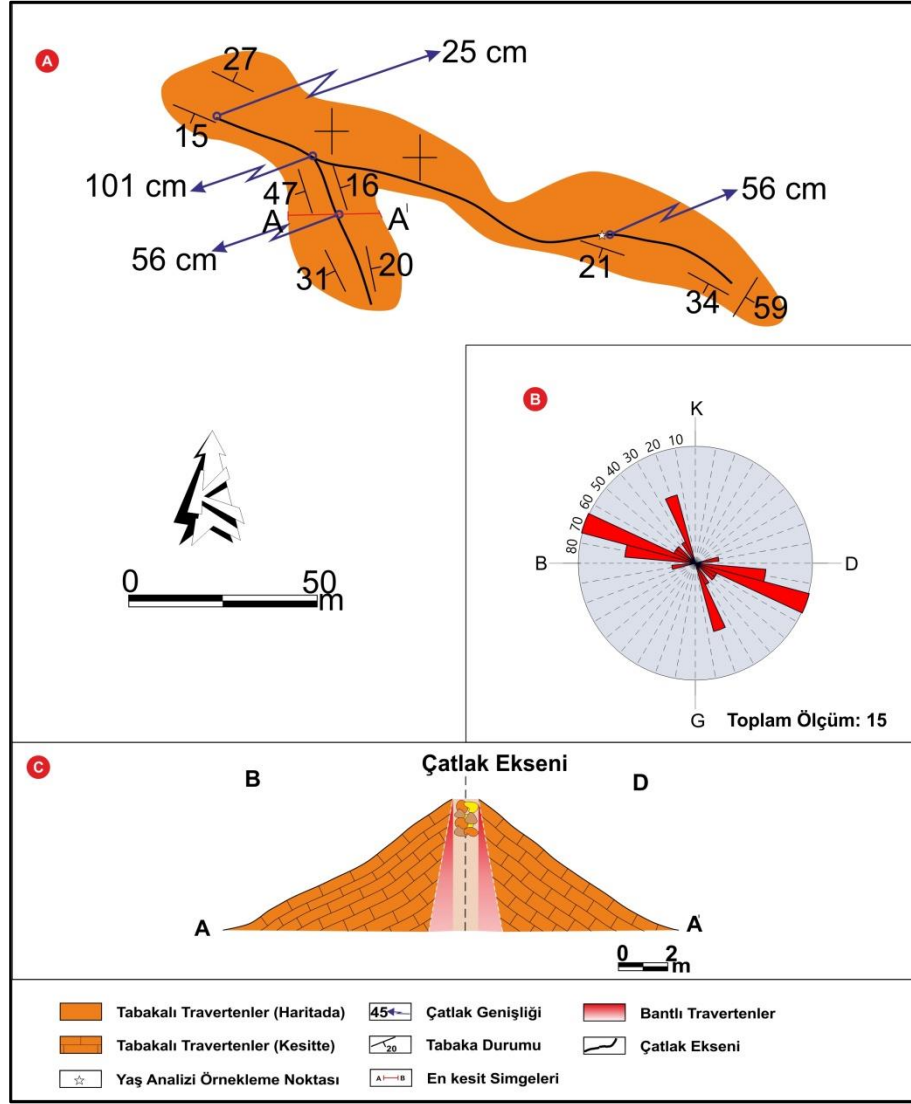


Şekil 4.43 XVII ve XVIII numaralı sırt tipi travertenlerin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.18. XIX Numaralı Sırt Tipi Traverten

XIX numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 3 km güneybatısından başlayıp güneydoğuya doğru uzanmaktadır. Toplam 71 metre uzunluğa sahip kuzeydeki çatlak sırtı ekseninde saha çalışmaları sırasında ölçülen 15 adet doğrultu değerine göre egemen çatlak doğrultusunun K25°B ve K70°B yönünde yoğunlaştığı görülmektedir ve travertenin alanı 600 m² dir.

Kuzeybatıdan güneydoğuya uzanan bu sırtta güneydoğudan kuzeybatıya doğru ikinci bir çatlak eksenini geliştirmiştir. XIX numaralı Sırt tipi travertenini oluşturan tabakalı travertenlere bakıldığında, bu sırt üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği yaklaşık 10 cm ile 125 cm arasında değişmektedir. XIX numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 59° ile 15° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB/KB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.44, 4.45).



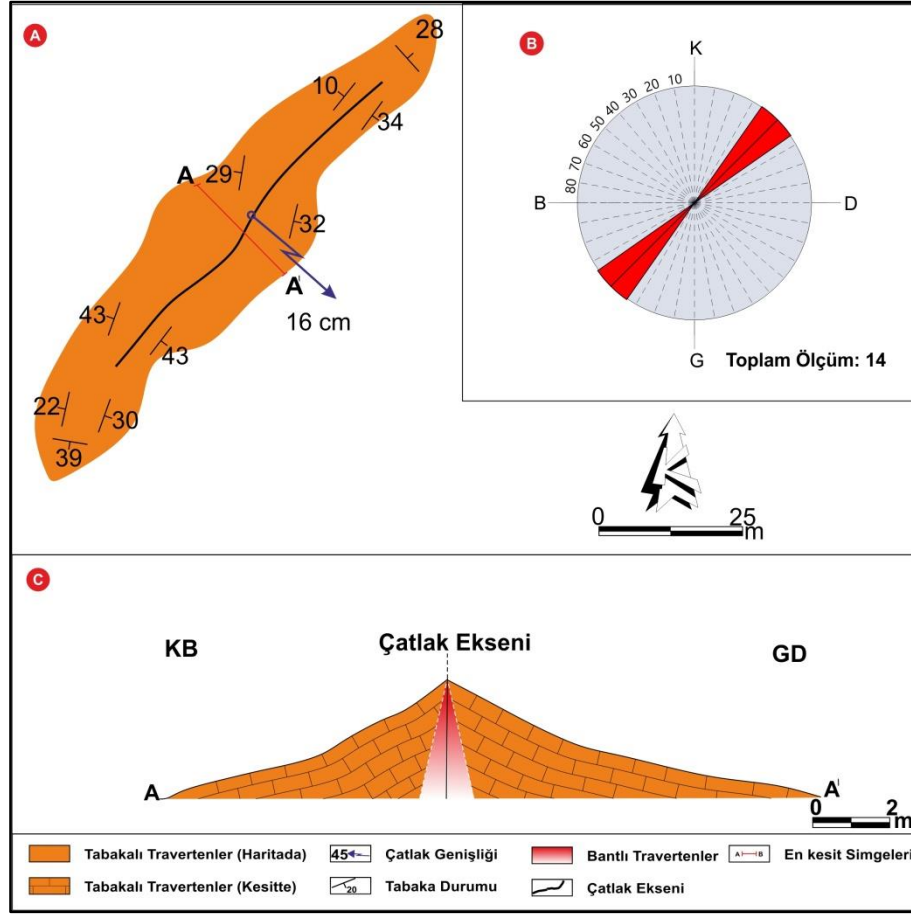
Şekil 4.44 XIX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.45 XIX numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.19. XX Numaralı Sırt Tipi Traverten

XX numaralı sırt XVIII numaralı sırtın yaklaşık 100 metre doğusundan başlayıp güneybatıdan kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 52 metre, travertenin alanı 846 m² dir. Ana çatlak gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlak genel gidişinin K45°D doğrultusunda olduğunu göstermektedir. XX numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği yaklaşık 16 cm'dir. XX numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 43° ile 10° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GD ve KB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.46, 4.47).



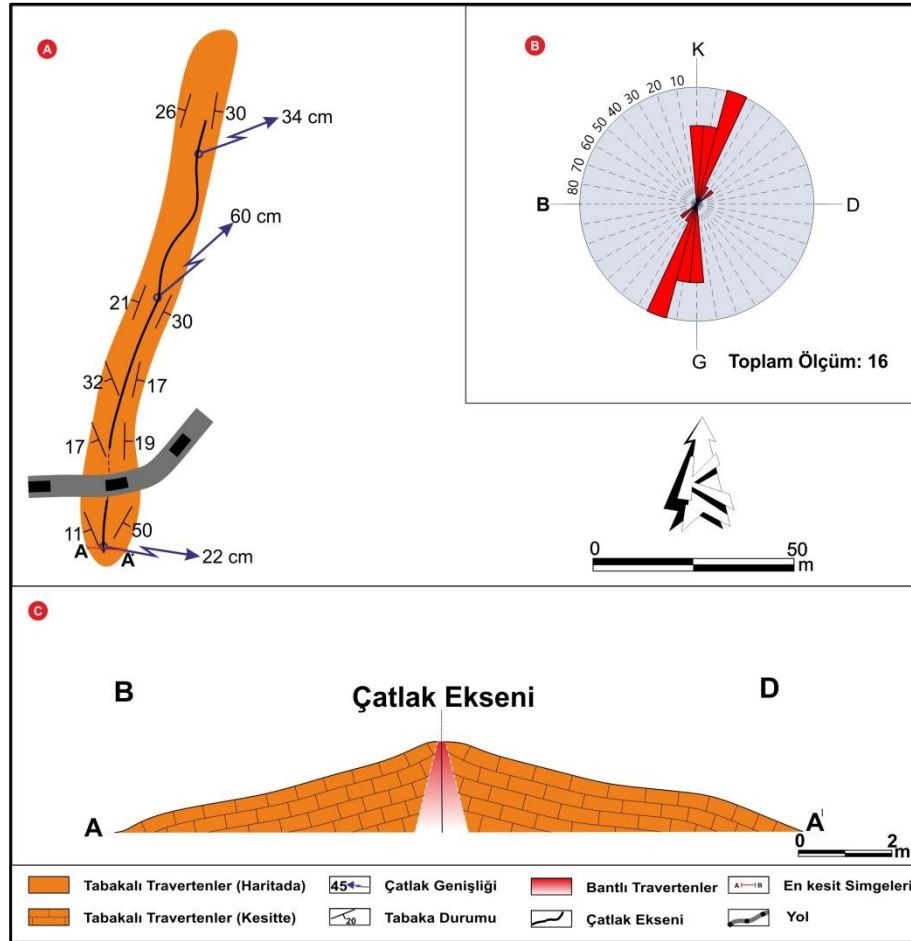
Şekil 4.46 XX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.47 XX numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.20. XXI Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXI numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 2.5 km güneybatısında olup, sırt doğu/ güneydoğudan kuzeydoğuya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 76 metre, travertenin alanı 879 m² dir. Ana çatlak gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlak genel gidişinin K20°D doğrultusunda olduğunu göstermektedir. XXI numaralı sırtın uç kısmı ulaşım amaçlı kullanılan bölge halkının yapmış olduğu araç yolu tarafından kesilmektedir. XXI numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği yaklaşık 22- 60cm arasında değişmektedir. XXI numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 30° ile 11° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.48, 4.49).



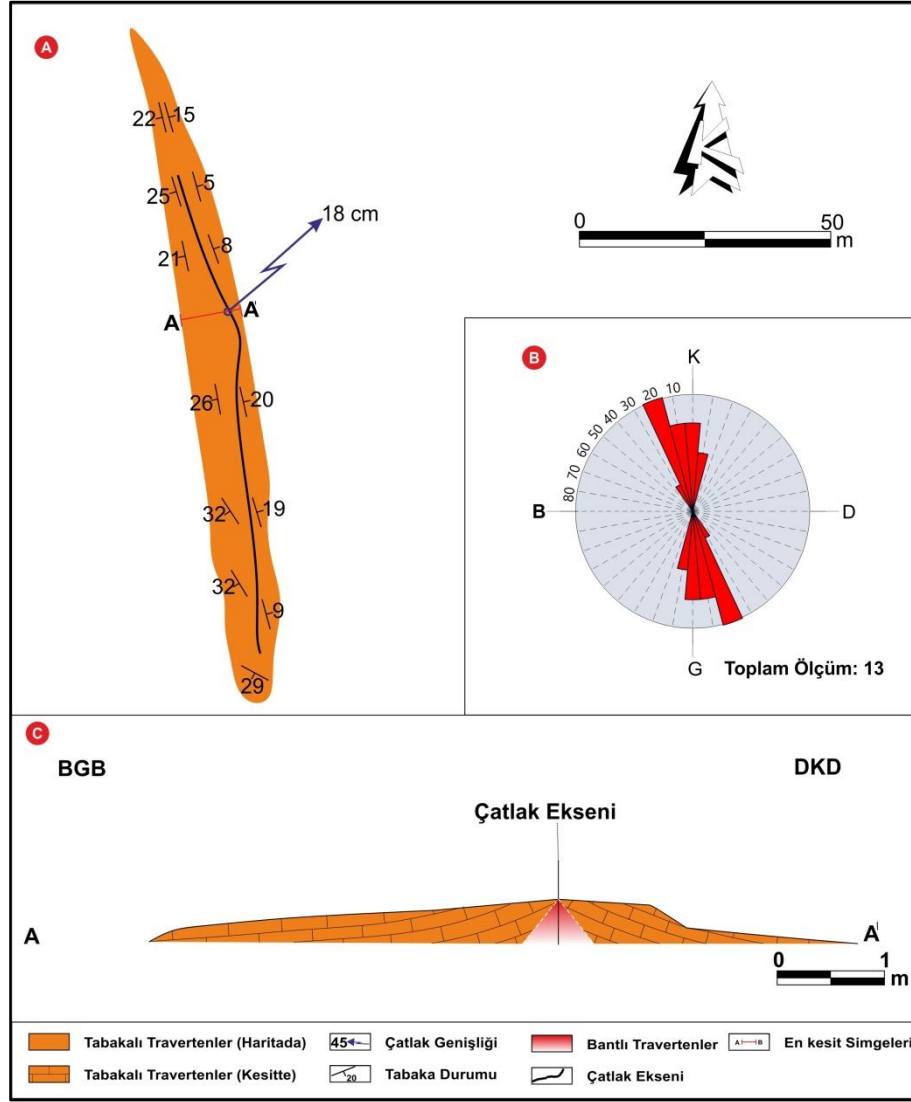
Şekil 4.48 XXI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlakla ilgili gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.49 XXI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GGB'dan KKD'ya bakış)

4.2.21. XXII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXII numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 2.8 km güneybatısında olup, sırt kuzeybatıdan güneydoğuya doğru uzanmaktadır. Çatlak eksenlerinin gidişlerine göre yapılan gül diyagramında K20°B gidişli ve yüzeyde 75 metre çatlak uzunluğuna sahip bir traverten oluşumudur. Travertenlerin toplam alanları 782 m² dir. XXII numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 18cm'dir. XXII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 32° ile 5° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.50, 4.51).



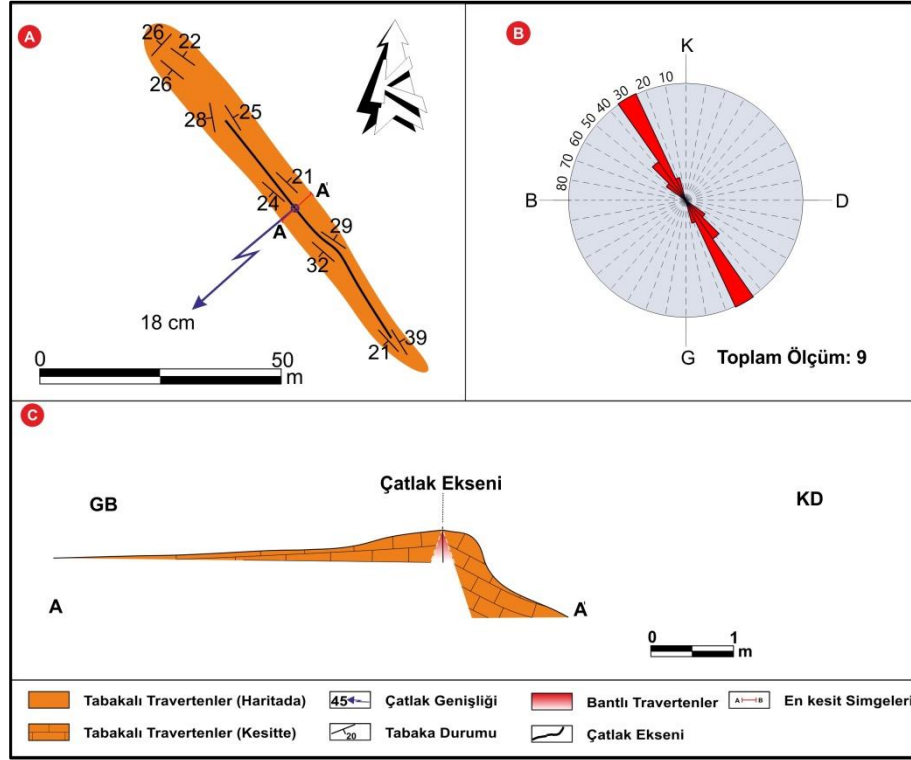
Şekil 4.50 XXII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.51 XXII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KB'dan GD'ya bakış)

4.2.22. XXIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXIII numaralı sırt XXII numaralı sırtın yaklaşık 30 metre güneydoğu ucundan başlayıp kuzeybatıdan güneydoğuya doğru uzanmaktadır. XXIII. Numaralı sırtın genel gidişinin, K35°B doğrultularında yoğunlaştığı ve çatlak uzunluğunun 43 metre olduğu gözlenmektedir. Travertenin alanı 400m² dir. XXIII numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 18 cm'dir. XXIII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 39° ile 21° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.52, 4.53).



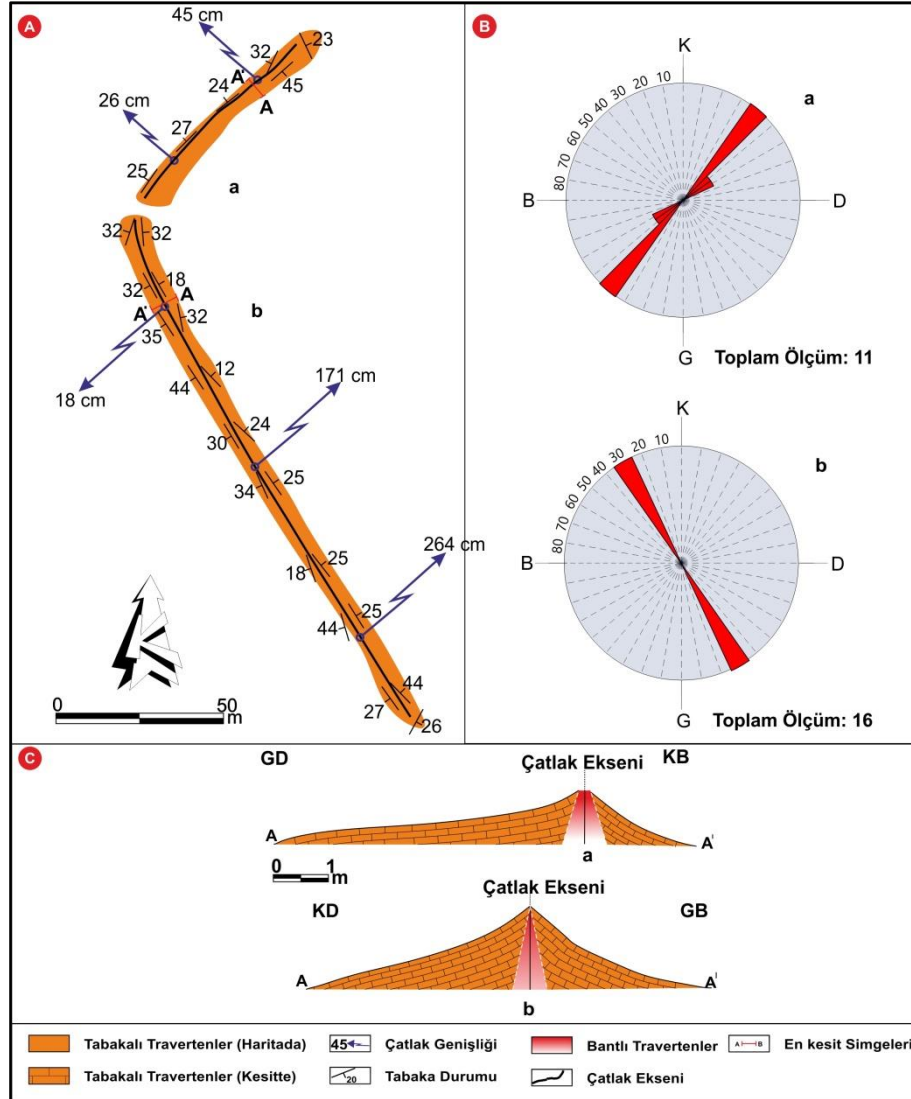
Şekil 4.52 XXIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



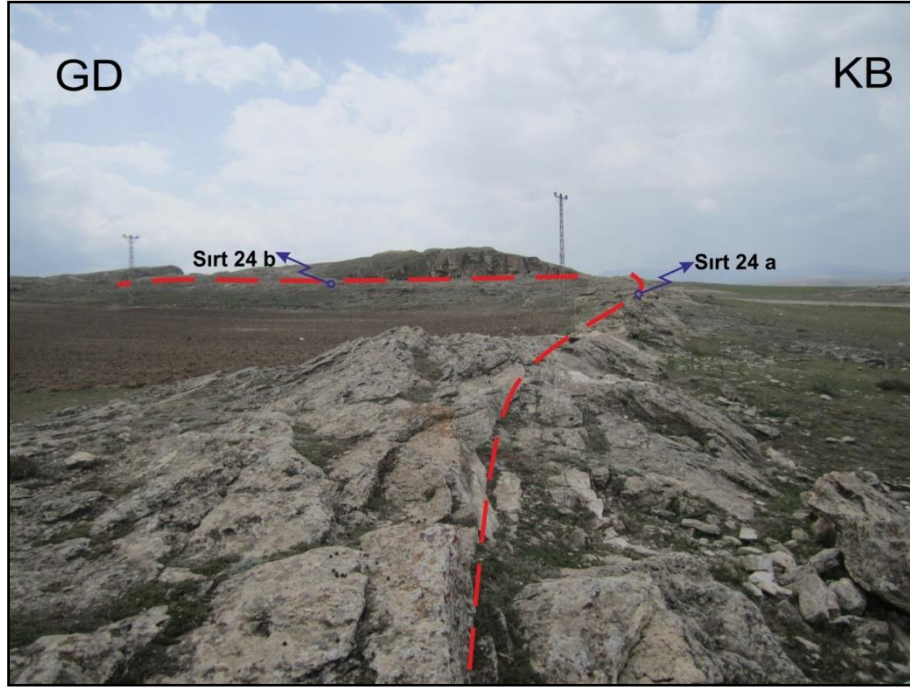
Şekil 4.53 XXIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KB'dan GD'ya bakış)

4.2.23. XXIV Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXIV numaralı sırt XXII Göğebakan'ın yaklaşık 2,8 km güneybatısında bulunur. Travertenin alanı 1240m² dir. XXIV. Numaralı sırtın genel gidişinin, K40°D ve K30°B doğrultularında yoğunlaştığı ve çatlak uzunluğunun 190 metre olduğu gözlenmektedir. XXIV numaralı sırt tipi travertenleri a ve b olmak üzere ikiye ayrılmıştır. XXIV numaralı Sırt tipi travertenlerde ölçülen ana çatlak genişliği 18- 264 cm arasında değişmektedir. XXIII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 44° ile 14° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.54, 4.55).



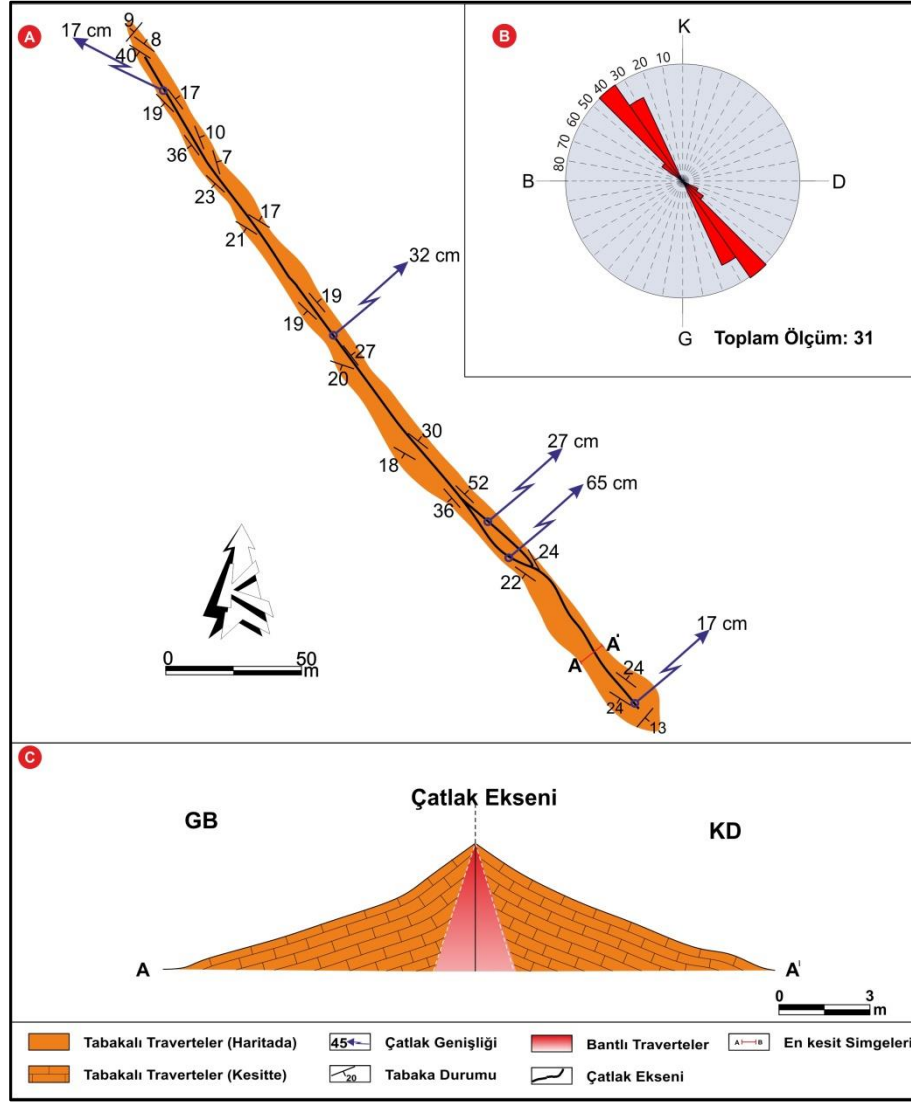
Şekil 4.54 XXIV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlakla ilgili gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.55 XXIV numaralı sırt tipi travertenin görünümü (KD'dan GB'ya bakış)

4.2.24. XXV Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXV numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 3 km güneybatısında bulunur. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 260 metre, travertenin alanı 1910 m² dir. Ana çatlağın gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlağın genel gidişinin K40°B doğrultusunda olduğunu göstermektedir. XXV numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 17- 65 cm arasında değişmektedir. XXV numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 52° ile 9° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.56, 4.57).



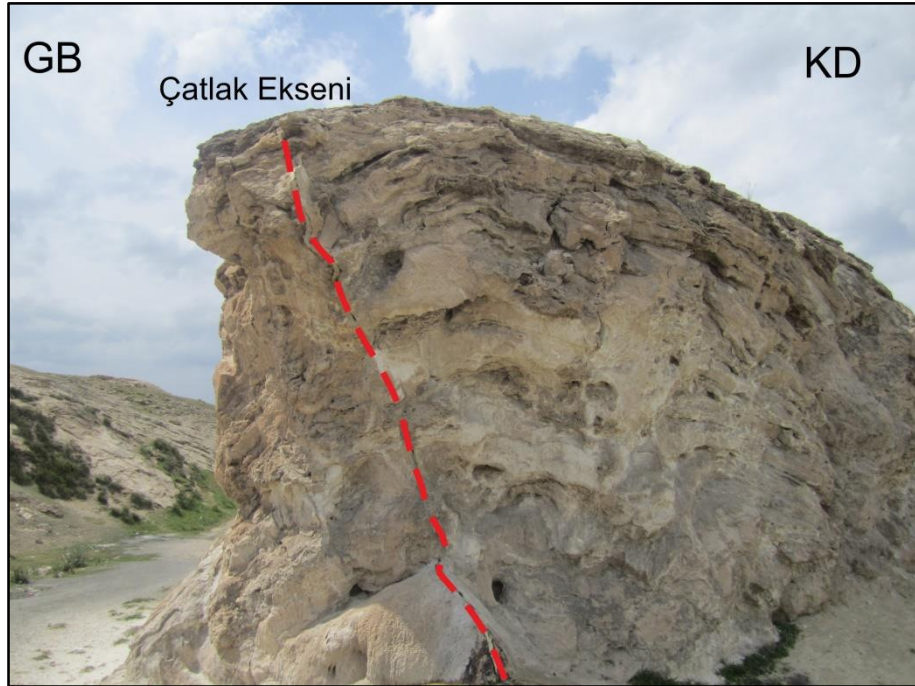
Şekil 4.56 XXV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.57 XXV numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.25. XXVI Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXVI numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 3 km güneybatısında bulunmaktadır. XXVI numaralı sırt üzerinde bulunan ana çatlak üzerinde halen su çıkışı devam etmektedir (Şekil 4.58).

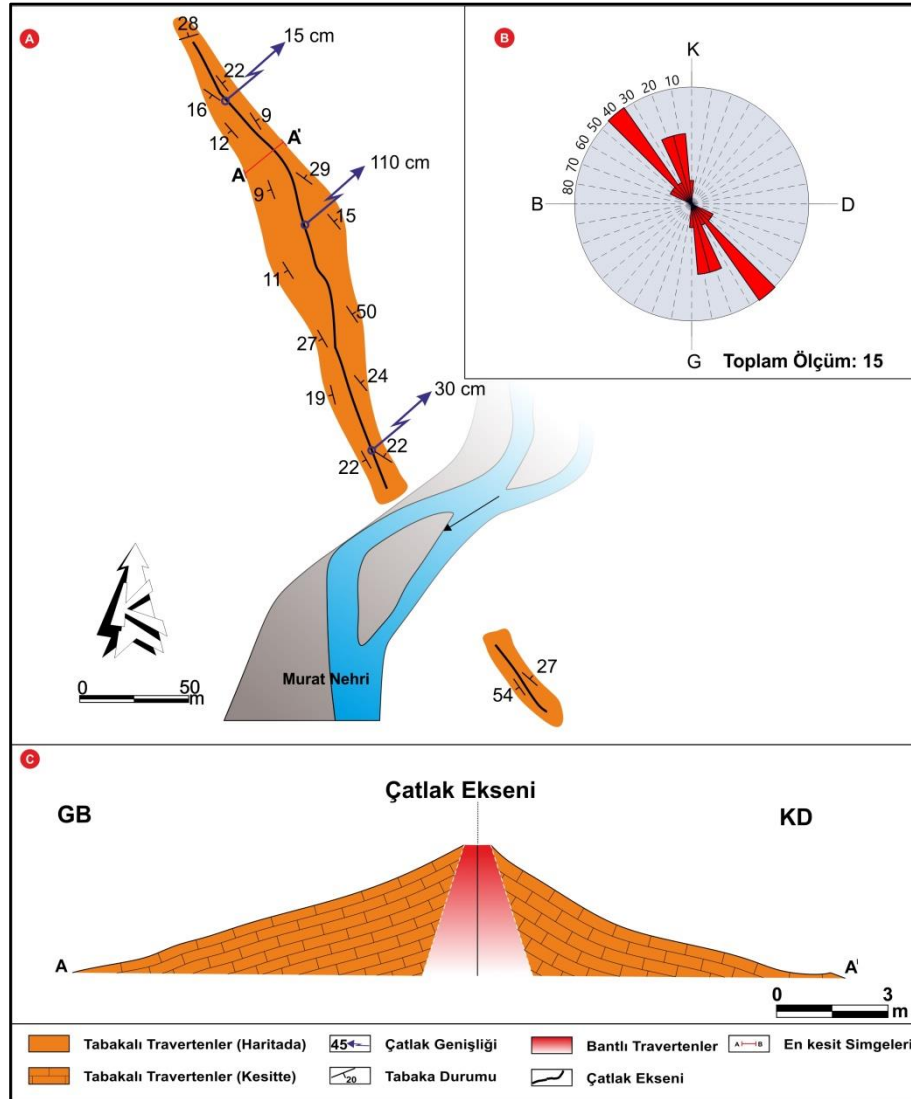


Şekil 4.58 XXVI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.26. XXVII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXVII numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 1.2 km güneybatısında bulunur. XXVII numaralı sırt Murat nehri tarafından ikiye ayrılır. Sırt güneydoğudan kuzeybatıya doğru gidildikçe Murat nehrinin karşısına geçilince sırtın devamını izlemek mümkündür. Yaklaşık 205 metre uzunluğunda ana çatlığa sahip bu sırt tipi travertenin çatlak ekseninin doğrultularından yararlanılarak hazırlanan gül diyagramı $K40^{\circ}B$ gidişli doğrultulu yoğunlaşmayı vermektedir ve travertenin alanı 3500 m^2 dir.

XXVII numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 15-110 cm arasında değişmektedir. XXVII numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 54° ile 9° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.59, 4.60).



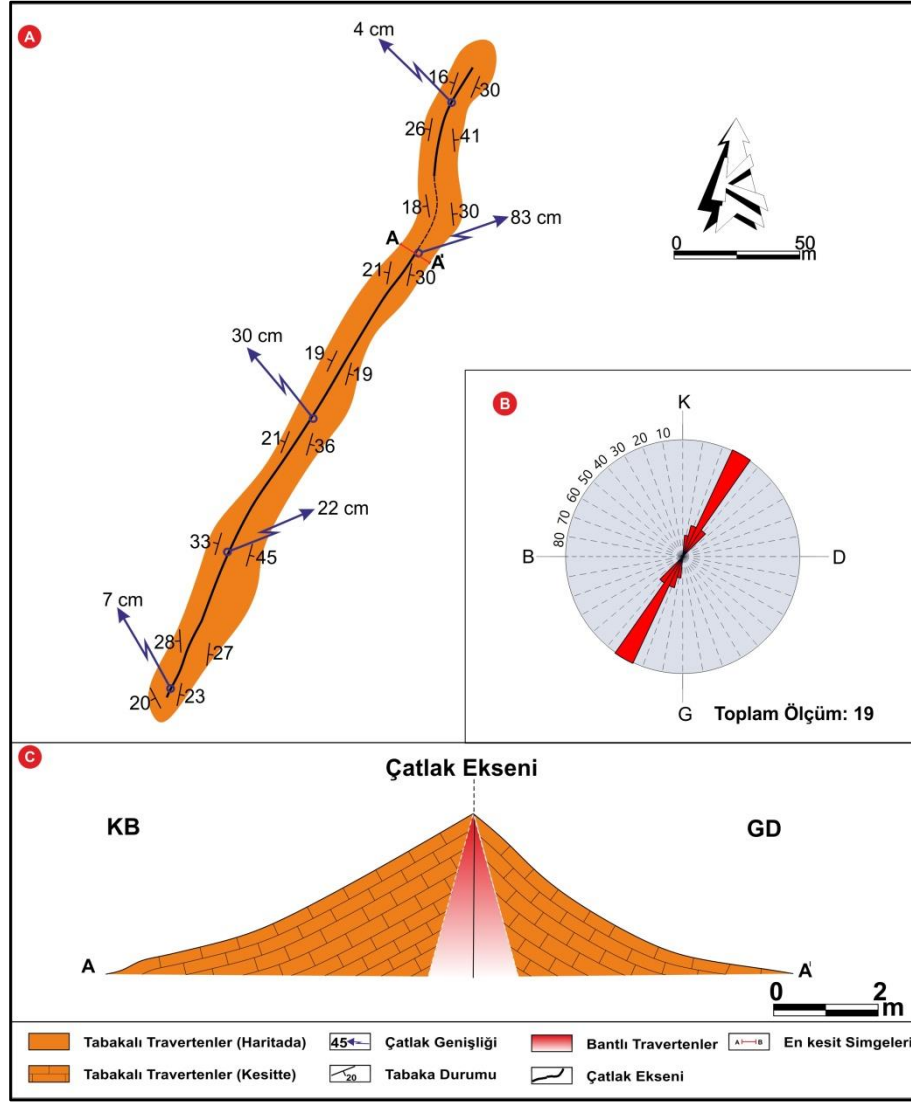
Şekil 4.59 XXVII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



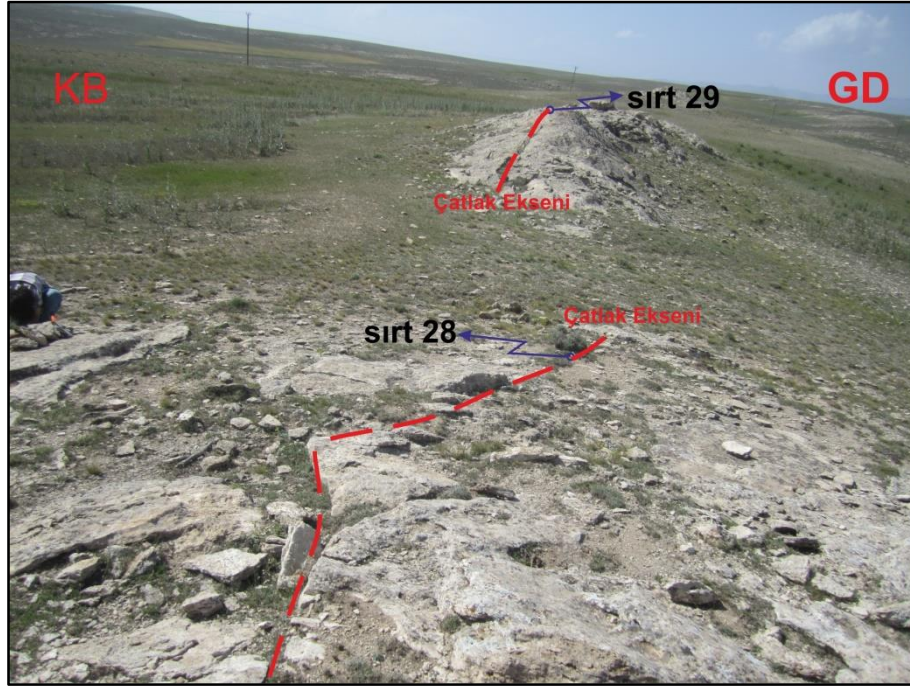
Şekil 4.60 XXVII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.27. XXVIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXVIII numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 1.4 km güneybatısında bulunur ve XXIX numaralı sırt ile aralarında 30 metre mesafe bulunmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 190 metre, travertenin alanı 2941 m² dir. XXVIII numaralı çatlağın tümünden hazırlanan gül diyagramı K30°D yönünde yoğunlaştığını göstermektedir. XXVIII numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 4-83 cm arasında değişmektedir. XXVIII numaralı sırt tipi tabakalı travertenlerin 45° ile 16° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KB ve GD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.61, 4.62).



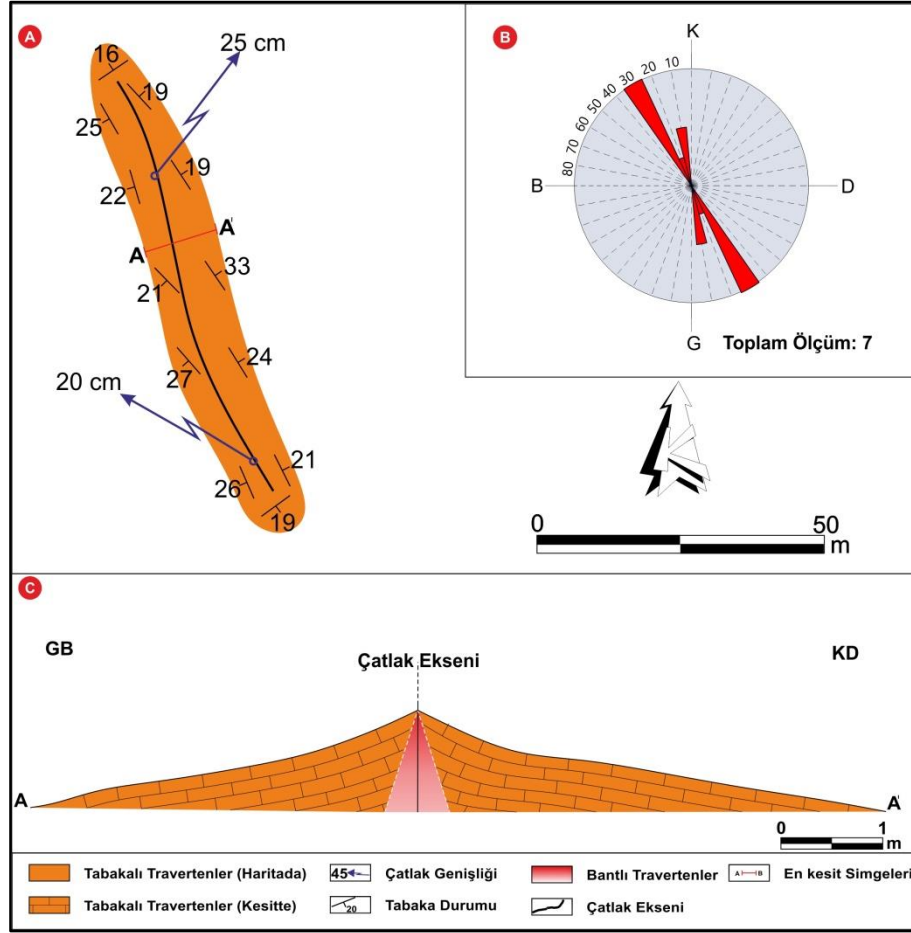
Şekil 4.61 XXVIII numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlağa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



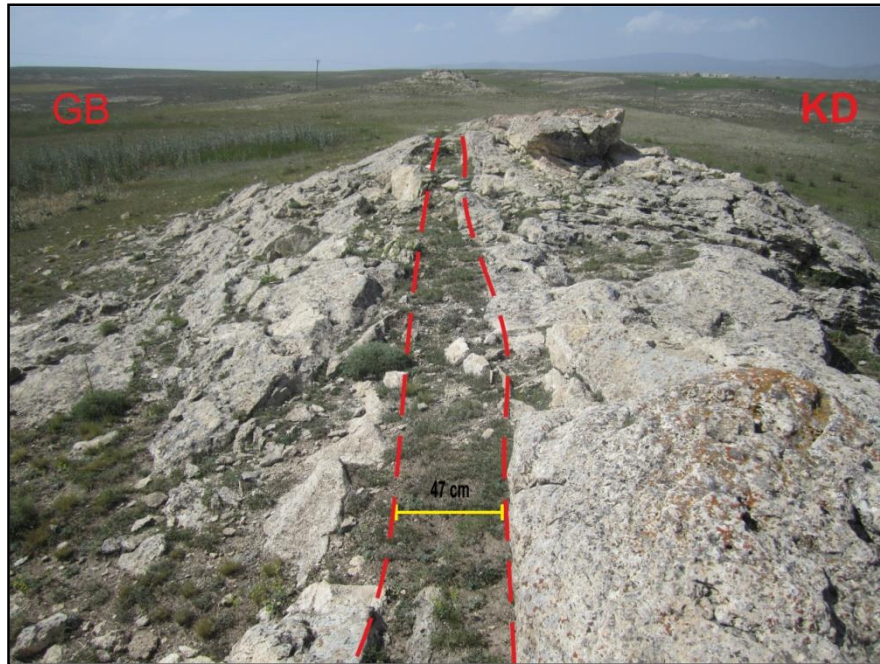
Şekil 4.62 XXVIII numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GB'dan KD'ya bakış)

4.2.28. XXIX Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXIX numaralı sırt XXVIII numaralı sırtın yaklaşık 30 metre kuzeydoğusundan başlayıp güneydoğudan kuzeybatıya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 59 metre, traverten alanı 615 m² dir. Ana çatlak gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlak genel gidişinin K30°B doğrultusunda olduğunu göstermektedir. XXIX numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 20- 25 cm arasında değişmektedir. XXIX numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 33°ile 16° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir (Şekil 4.63, 4.64).



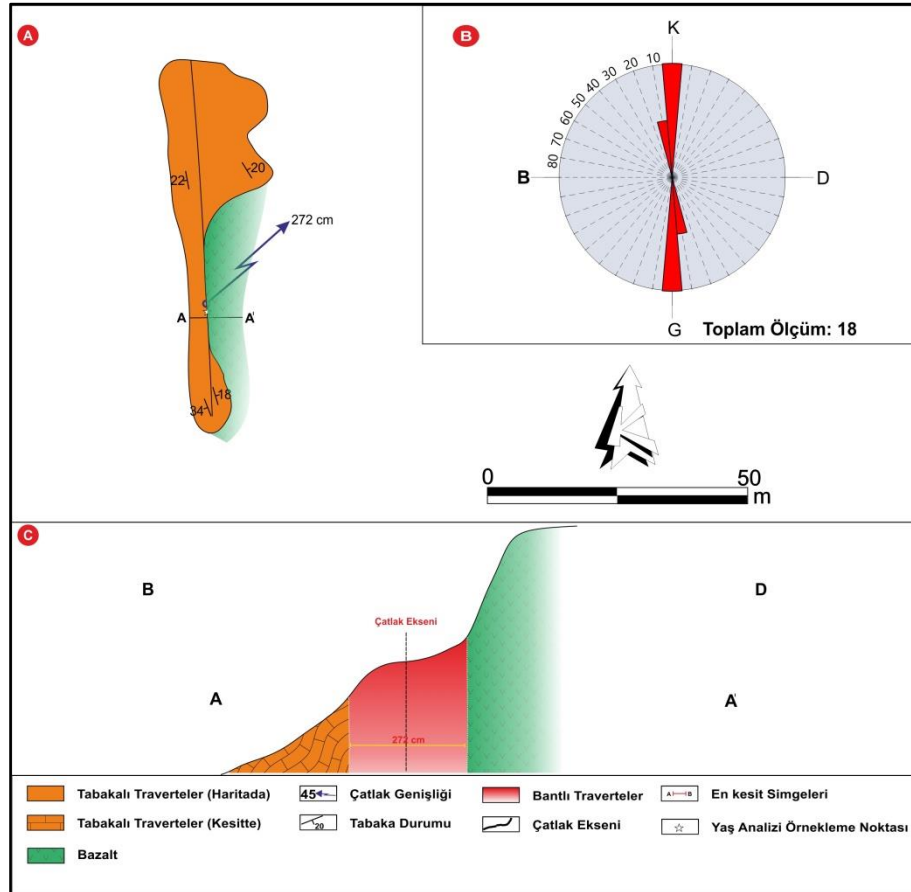
Şekil 4.63 XXIX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.64 XXIX numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.2.29. XXX Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXX numaralı sırt Göğebakan'ın yaklaşık 250 metre doğusundan başlayıp güneydoğudan kuzeybatıya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 150 metre, traverten alanı 670 m² dir. Ana çatlak gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlak gidişinin K10°B doğrultusunda olduğunu göstermektedir. XXX numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen en büyük ana çatlak genişliği 272 cm'dir. XXX numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin 34° ile 18° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir. Bu sırtta bantlı travertenler ile volkanik dokanağa bakıldığında; bantlı travertenlerin temel kaya içinde devam etmesinin gözlemlenmesi aşağılara doğru üçüncü boyutta devam ettiğini kanıtlar niteliktedir (Şekil 4.65, 4.66).



Şekil 4.65 XXX numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlak gidişine ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)

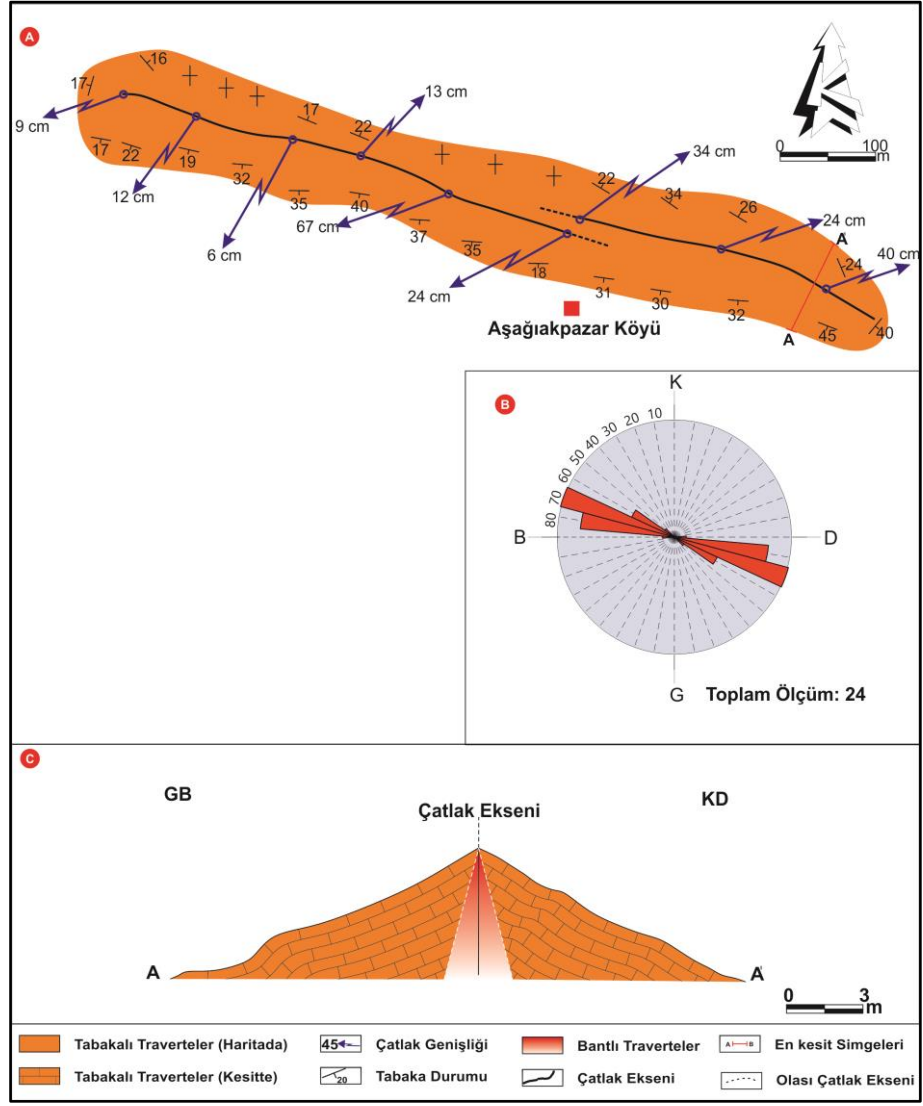


Şekil 4.66 XXX numaralı sırt tipi travertenin görünümü (G'den K'ye bakış)

4.2.30. XXXI Numaralı Sırt Tipi Traverten

XXXI numaralı sırt Aşağıakpazar'ın yaklaşık 400 metre güneyinde bulunur ve sırt batı/kuzeybatıdan doğu/güneydoğuya doğru uzanmaktadır. Toplam çatlak uzunluğu yaklaşık 190 metre, traverten alanı 4430 m² dir. XXXI numaralı Sırt tipi traverten üzerinde ölçülebilen ana çatlak genişliği 6- 67 cm arasında değişmektedir. XXXI numaralı sırt tipi Tabakalı travertenlerin yaklaşık dik durumdan 45° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde GB ve KD yönüne eğimli oldukları gözlenmektedir. Ana çatlak gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlak genel gidişinin K70°B doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Bu sırt çok keskin bir morfolojiye sahip olup buna bağlı olarak yoğun aktivitenin varlığı gözlenmiştir.

XXXI numaralı sırt üzerinde çatlak eksenine sıçrama yapmaktadır. Aşağıpazar köyünde bulunan bölge halkıyla yapılan görüşmelerde daha önce bu sırt üzerinde yabancı araştırmacılarında çalıştığı belirtilmiştir. Sırtın üzerinde mağara oluşumları bulunmakta ve içinde yine bölge halkı tarafından zehirli gaz çıkışı olduğu söylenmiştir. Bu gaz olasılıkla jeotermal suyu terk eden karbondioksit gazı olmalıdır. Havadan ağır olduğu için kapalı ortamlarda zemine çökmekte ve canlı yaşamı için tehlike sunmaktadır. XXXI numaralı sırt üzerinde halen daha çıkmakta olan su çıkışları ve traverten çökelimleri gözlenmektedir (Şekil 4.67, 4.68).



Şekil 4.67 XXXI numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 4.68 XXXI numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

4.3. Diyadin Traverten Köprüleri

İnceleme alanında bulunan morfolojik nitelikleri açısından önemli iki adet traverten köprüsü bulunmaktadır. Traverten köprüleri Köprü Çermiği kuzeyinde ve batısında, devam eden Murat Nehri üzerinde gelişmiştir. Murat Nehri, söz konusu traverten köprüleri altından akışını sürdürmektedir.

Köprü Çermiğinin hemen batısında yer alan traverten köprüsü 30 m uzunluğunda ve 7 m genişliğindedir. Nehir bu traverten köprüsünden çıktıktan sonra 100 m kadar kuzeybatıda bir dirsek yaparak ikinci traverten köprüsünün altına girmektedir (Şekil 4.69, 4.70). Bu traverten köprüsünün genişliği birinci köprüye göre daha fazladır. Yaklaşık 15 m genişliğinde ve 20 m uzunluğundaki bu köprü'nün üzerinde ırmağın batısındaki yerleşim alanlarını Diyadin'e bağlayan bir karayolu geçmektedir. Söz konusu köprü'nün akarsuyun giriş yaptığı kısım parçalanmış olup, traverten tabakaları kuzeye doğru eğimlidir. Sahadaki bu köprüler akarsu yatağının kenarındaki CaCO_3 yönünden zengin suların oluşturduğu traverten sırtlarının birleşmesiyle oluşmuştur ve bu traverten köprülerinde traverten çökelişi halen devam etmektedir.



Şekil 4.69 Köprü Çermiğinin batısında yer alan traverten köprüsü



Şekil 4.70 Köprü Çermiğinin kuzeybatısında yer alan traverten köprüsü

5. DİYADİN TRAVERTENLERİNİN U/Th YÖNTEMİ ile YAŞLANDIRILMASI

Bu bölümde Uranyum serisi ($^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$) yaşlandırma yönteminin travertenlere uygulanabilirliği ve Diyardin travertenlerinden elde edilen yaş sonuçları değerlendirilmiştir.

5.1. U/Th Yaş Yöntemi ve Travertenlere Uygulanabilirliği

Altunel (1996), U/Th yaş analizi tekniği genel prensipleri için Smart (1991)'i esas alarak U/Th yöntemini ve travertenlere uygulanabilirliğini aşağıdaki gibi belirlemiştir.

“Teorik olarak uranyum, kalsiyum içeren doğal sularda kolaylıkla çözünebilir ve kolaylıkla anyon kompleksleri oluşturur. Buna karşın toryum, çözeltide hızlıca hidroliz olur ve kil mineralleri ve diğer katı yüzeyler üzerine sıkıca emilir. Bundan dolayı doğal sulardaki toryum miktarı dikkate alınmaz. Kalsiyum karbonatın biyolojik veya kimyasal çökmesiyle oluşan katı formlarında, uranyum da aynı zamanda çökelir ve kalsit kristalleri arasına hapis olur. Çökelimde toryum mevcut değildir. Bundan dolayı ana izotop ^{234}U 'ya karşın ^{230}Th eksikliği vardır. Zaman içinde $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranı eşitlik sağlanıncaya kadar kademeli olarak artar. Bunun yanında ^{234}U ve ^{238}U arasında da bir eşitsizlik vardır ve ^{234}U 'un ayrışması zamanla $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ oranını yavaş yavaş artırır. Uranyum serisi yaş tekniğinin herhangi bir karbonat örneğinde başarılı uygulanabilmesi, aşağıdaki varsayımlar ve kriterler üzerine inşa edilmiştir.

- Karbonat örneği aynı çözeltiden itibaren hemen kristallenmiştir.
- Depolanma sırasında kristallerde ^{230}Th mevcut olmayıp ve tane yüzeylerindeki toryum, ^{232}Th 'dir. Bundan dolayı bu uzun ömürlü izotop sonradan gelen toryum kirliliğini izlemek için kullanılabilir. Eğer $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ oranı 20'den düşük ise, ^{230}Th için düzeltme gereklidir. Bu nedenle yaşlandırma için alınacak kayaç örneğinin kırıntılı ve gözenekli olmasından kaçınmak gerekir.
- Sistem, çökme tamamlandıktan sonraki uranyum ve toryum dolaşımına kapalıdır. Yeniden kristalleşme, ikincil kristalleşme ve yüksek porozite belirtileri gösteren örneklerden kaçınılmalıdır. U-Th yaş metodu özellikle 400.000 yıl ile 5.000 yıl arasında uygulanabilir. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ yöntemi, uranyum serisi içinde en güvenilir ve kullanışlı olanıdır (Smart, 1991). Blackwell ve Schwarcz (1986), bir grabenin (Ehringsdorf, eski Doğu Almanya) kenarları boyunca sıcak sulardan oluşan bir seri traverten örneğinin yaşını Uranyum/Toryum yöntemi ile hesaplamıştır. Alttaki seviyenin yaşını >350.000 ile 300.000 yıl ve üstteki travertenin yaşını 110.000 ile 47.000 yıl olarak hesaplamıştır. Görüldüğü gibi elde edilen sonuçlar ile stratigrafik istif arasında uyumluluk vardır.

Bu yöntemle Altunel (1994) Pamukkale travertenlerini yaşlandırarak, bölgesel açılma oranlarını hesaplamıştır. Travertenler üzerine gerçekleştirilen çalışmaların büyük çoğunluğunda (Sturchio, 1994; Eikenberg ve diğerleri, 2001; Semghouli ve diğerleri, 2001; Mallick ve Frank, 2002; Soligo ve diğerleri, 2002; gibi) yaş tayini için U/Th yönteminin kullanıldığı görülmektedir. U/Th Yönteminin güvenilir olması, daha önce travertenlere de uygulanmış olması nedeniyle bu çalışmada yaş analizleri için U/Th yöntemi tercih edilmiştir.

5.2. Analitik Yöntemler

U/Th yönteminin karbonatlara, dolayısıyla travertenlere uygulanabilme ölçütleri ve çalışmanın amacının travertenlerdeki bantlı travertenlerden elde edilecek yaşlarla bu açılmanın başlangıç yaşı ve hızının hesaplanması olduğu göz önüne alındığında, U/Th yöntemi için en uygun malzemenin çatlak sistemleri içerisinde yer alan bantlı travertenler olduğu görülmektedir. Çünkü çatlaklarda bulunan travertenler yüzeyde bulunan travertenlere oranla daha az boşluk içermekte, masif bir yapı sunmaktadır. Ayrıca çatlak eksenlerinde oluşan bu tip travertenlerin iyi kristallenmiş olması, yüzeysel koşullarda oluşan teras tipi, kanal tipi gibi traverten çeşitlerinden farklı olarak organik madde, klastik tane içermemesi nedeni ile de U/Th yaşlandırma yönteminde çatlak dolgusu şeklinde gelişen bantlı travertenler daha çok tercih edilmektedir. Saha çalışmaları sırasında örnek alımlarında yukarıdaki esaslar temel alınmıştır.

5.3. U/Th Yaş Analizi İçin Alınan Örneklerin Konumları ve Özellikleri

Diyadin traverten alanından yaş analizleri için toplam 13 adet alınmış ve örnek U/Th kodu ile numaralandırılmıştır. Bunlardan 12 tanesinin analizleri tamamlanmıştır. Örnekler, açılmanın başlangıç ve bitiş dönemlerini ve açılma hızını saptayabilmek amacı ile birisi ekseninde diğeri kenarda olmak üzere genelde çift alınmıştır.

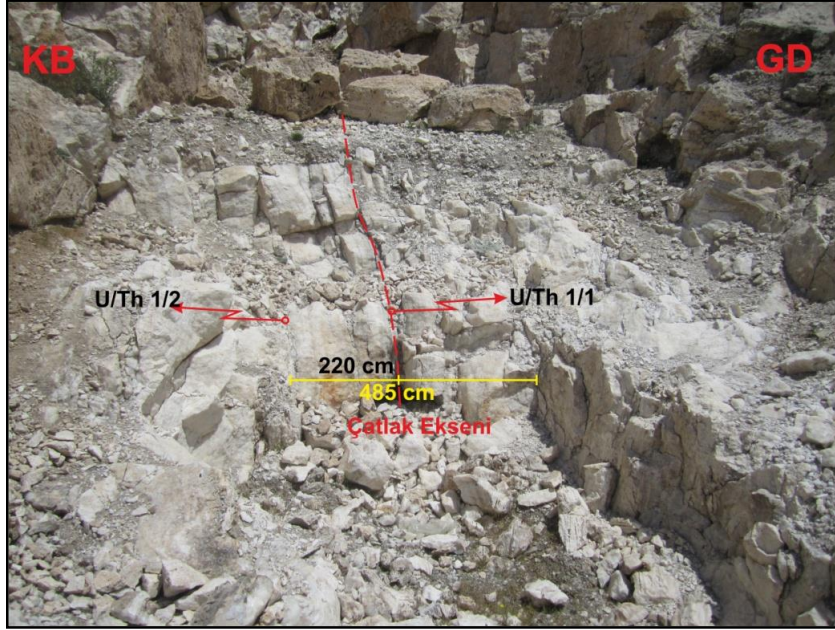
Laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen U/Th yaş sonuçları ve örneklerin koordinatları (UTM, WGS 84 Datumu ile) Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1: Ağrı Diyadin traverten alanından alınan örneklerin konumu ve yaş sonuçları

Sirt No	Konumu (UTM-WGS84)	Örnek No.	^{238}U ppb	^{232}Th ppb	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	Yaş (1.000 yıl)
I	383 81061D 43 70988K	UT 1/1	8.652 ± 0.035	8.839 ± 0.040	1.412 ± 0.005	0.296 ± 0.003	0.418 ± 0.003	1.249 ± 0.013	0.334 ± 0.002	14.343 (± 13.259)
		UT-1/2	6.947 ± 0.027	0.962 ± 0.004	1.359 ± 0.006	0.362 ± 0.004	0.492 ± 0.005	10.858 ± 0.120	0.045 ± 0.000	44.942 ± 1.527
VI	383 81135D 43 70651K	UT-2/1-a	54.586 ± 0.244	170.097 ± 3.216	0.991 ± 0.003	0.912 ± 0.006	0.903 ± 0.006	0.886 ± 0.018	1.020 ± 0.020	n.d. $\pm$ n.d.
		UT-2/1-b	12.533 ± 0.055	0.552 ± 0.003	0.865 ± 0.005	0.501 ± 0.008	0.433 ± 0.006	30.086 ± 0.470	0.014 ± 0.000	75.831 ± 2.070
		UT-2/2	6.866 ± 0.027	1.495 ± 0.007	0.837 ± 0.009	0.684 ± 0.011	0.573 ± 0.007	8.043 ± 0.104	0.071 ± 0.000	125.076 ± 9.387
IX	383 81089D 43 70689K	UT-3/1	8.689 ± 0.038	9.504 ± 0.049	1.013 ± 0.007	0.354 ± 0.015	0.359 ± 0.015	1.003 ± 0.042	0.358 ± 0.002	10.011 ± 24.655
		UT-3/2	21.072 ± 0.081	8.633 ± 0.042	1.069 ± 0.002	0.436 ± 0.004	0.466 ± 0.004	3.479 ± 0.035	0.134 ± 0.001	50.110 ± 6.749
X	383 82912D 43 70203K	UT-4/1	32.338 ± 0.133	2.178 ± 0.011	0.904 ± 0.002	0.500 ± 0.004	0.452 ± 0.003	20.483 ± 0.366	0.022 ± 0.000	74.236 ± 1.713
		UT-4/2	32.560 ± 0.135	0.160 ± 0.000	0.902 ± 0.003	0.516 ± 0.005	0.465 ± 0.004	289.169 ± 2.998	0.002 ± 0.000	80.198 ± 1.108
XIX	383 83868D 43 72479K	UT-5	3.393 ± 0.015	0.777 ± 0.004	0.970 ± 0.011	0.187 ± 0.010	0.182 ± 0.010	2.423 ± 0.131	0.075 ± 0.001	15.368 ± 4.326
XXX	383 85856D 43 75086K	UT-6/1	12.514 ± 0.052	4.567 ± 0.026	1.014 ± 0.005	0.599 ± 0.007	0.608 ± 0.007	5.092 ± 0.068	0.119 ± 0.001	88.124 ± 7.154
		UT-6/2	33.043 ± 0.125	55.493 ± 0.443	1.111 ± 0.002	0.765 ± 0.003	0.849 ± 0.003	1.546 ± 0.015	0.550 ± 0.005	96.801 ± 35.534

U/Th1-1 ve 1-2 No'lu Örnekler

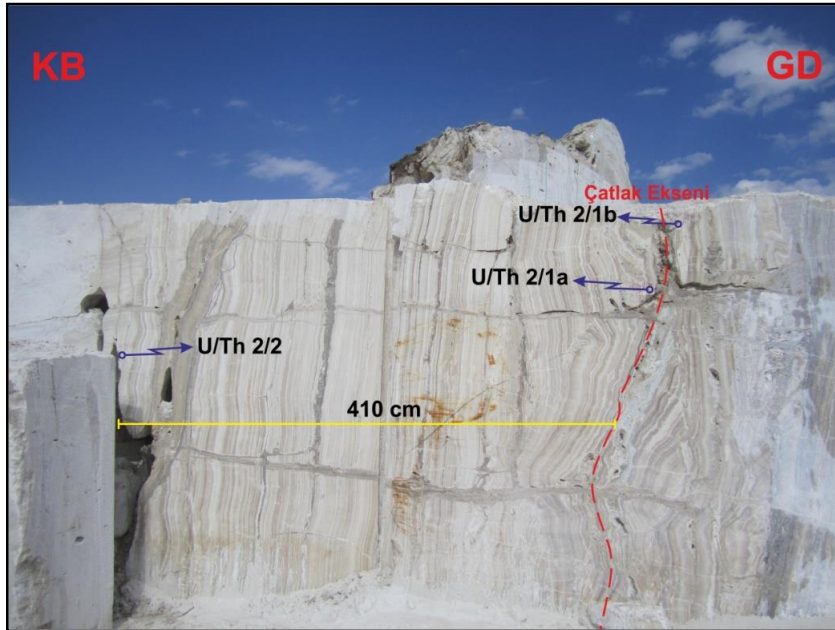
I numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 220 cm'dir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 I Nolu sırttan alınan U/Th 1-1 ve 1-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 381061D/4370988K)

U/Th 2-1a, 2-1b ve 2-2 No'lu Örnekler

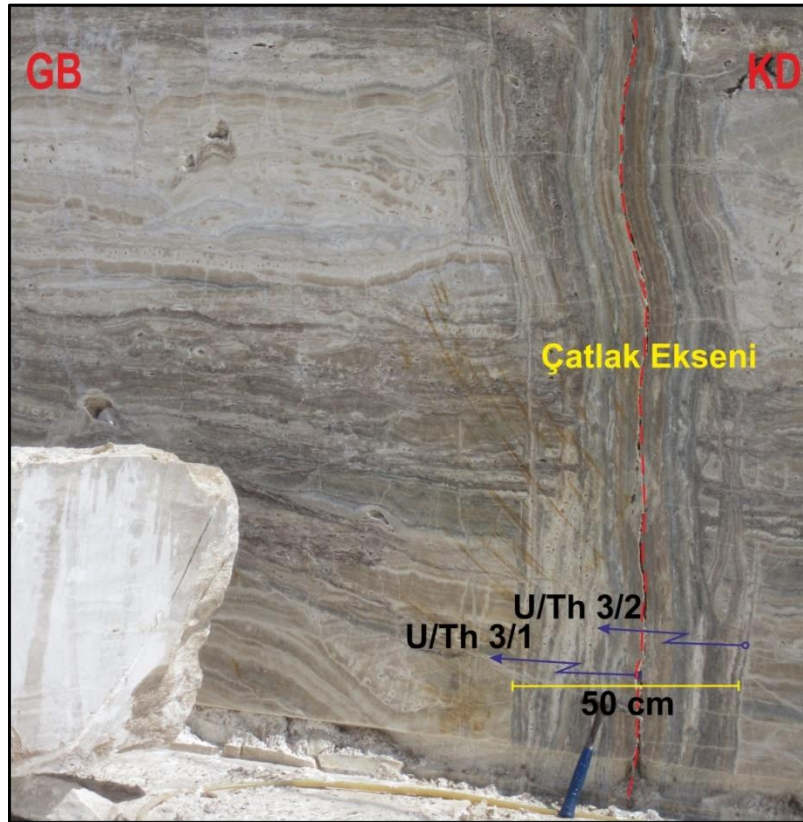
VI numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 410 cm'dir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 VI nolu travertenden alınan U/Th 2-1a, 2-1b ve 2-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 381135D/4370651K)

U/Th 3-1 ve 3-2 No'lu Örnekler

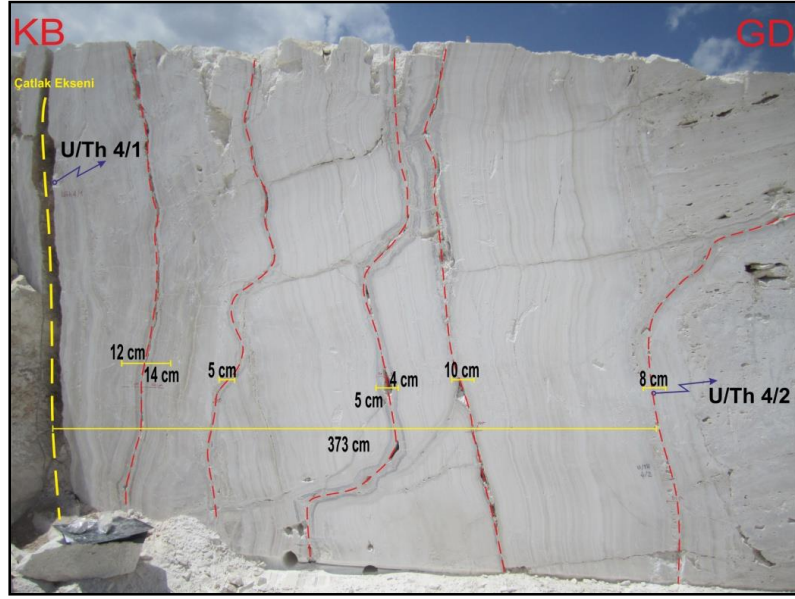
IX numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 26 cm'dir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 IX nolu travetenden alınan U/Th 3-1 ve 3-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 381089D/4370689K)

U/Th 4-1 ve 4-2 No'lu Örnekler

X numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 373 cm'dir. Ancak çatlak ekseninden çatlak merkezine kadar olan bantlı travertenler içerisinde parazitik çatlak oluşumları gözlenmektedir. Bu parazitik çatlaklar çatlak ekseninde bulunan en genç traverten bantından sonra oluştuğu için bu parazitik çatlaklar, merkezdeki en genç traverten bantı ile çatlak duvarındaki en yaşlı traverten bantı arasındaki mesafeyi genişletmişlerdir. Bu nedenle açılma oranı belirlenirken parazitik çatlakların oluşturduğu toplam açılma, tüm bantlı traverten kalınlığından çıkarılmıştır. Bu işlem sonucunda 373 cm ölçülen bantlı traverten kalınlığı parazitik çatlakların çıkarılmasından sonra 315 cm olarak değerlendirilmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 X nolu travertenden alınan U/Th 4-1 ve 4-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 382912D/4370203K)

U/Th 5 No'lu Örnek

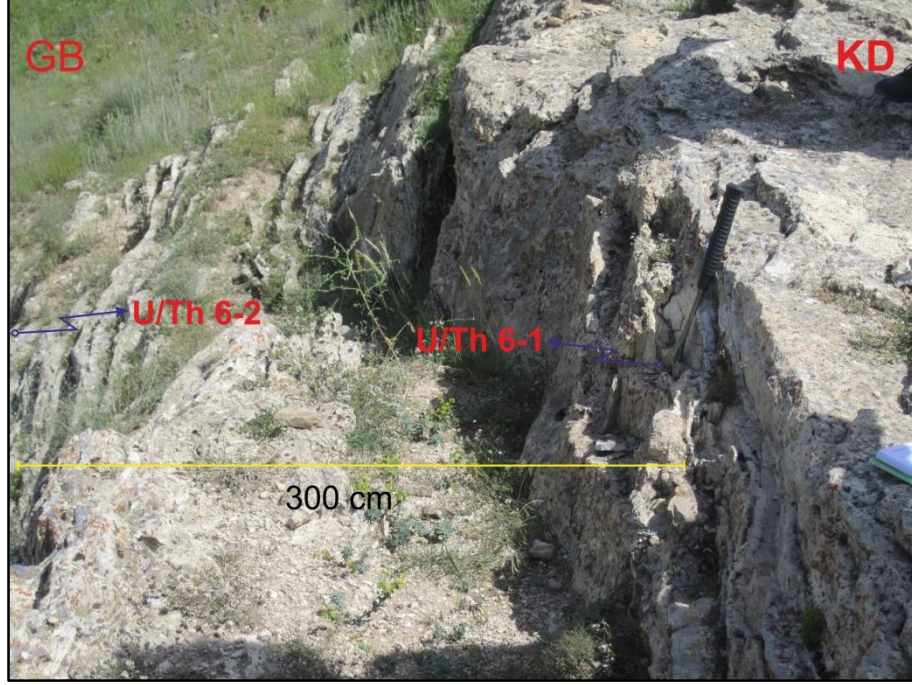
XIX numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Hidrotermal etkinlik durduktan sonra çatlak açılmaya devam etmiştir. Burada çatlak açıklığı 56 cm'dir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 XIX nolu travertenden alınan U/Th 5 numaralı örneğin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 385856D/4375086K)

U/Th 6-1 ve 6-2 No'lu Örnekler

XXX numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 300 cm'dir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6 XXX nolu travertenden alınan U/Th 6-1 ve 6-2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü (konumu: 38 383868D/4372479K)

5.4. Örneklerin U/Th Yöntemi ile Belirlenen Yaş Sonuçları

Çizelge 5.3'den de anlaşılacağı gibi inceleme alanında örneklenen 12 adet traverten örneğinden 11 adedinin yaşları saptanabilmiş ve bunların 125.000 ile 10.000 yıl arasında değişen yaşlara sahip olduğu belirlenmiştir. VI numaralı sırttan alınan U/Th 2-1a numaralı örnek yaşlandırılmamıştır.

5.5. U/Th Yaş Analizi Sonuçlarına Göre Çatlakların Açılma Hızları

Günümüzde de hidrotermal etkinliğin ve traverten oluşumunun devam ettiği çalışma alanındaki çatlak sırtı tipi travertenlerin yaşlarının belirlenmesi işleminden sonra, bölgedeki hidrotermal etkinliğin yüzeye ulaşmasını sağlayan bu çatlak eksenlerindeki bantlı travertenlerin genişlikleri ve yaşları birlikte değerlendirilerek, bu eksenlerin hidrotermal etkinlik dönemindeki açılma hızları için hesaplamalar yapılmıştır. Bazı sırt eksenleri içerisinde herhangi bir nedenle sıcak su çıkışı kesilmesine rağmen açılmanın devam etmiş olduğu saptanmıştır.

Benzer türden bir çalışma ilk kez Pamukkale (Denizli) sırt tipi travertenleri üzerinde Altunel (1996) tarafından uygulanmıştır. Denizli bölgesindeki çatlak merkezinden ve çatlak

duvarından alınan örneklerin yaş analizleri sonucunda bölgesel açılma oranlarının son 200.000 yıldan bu yana KD-GB yönünde 0.23 ile 0.6 mm/yıl olarak geliştiği belirlenmiştir.

Bu çalışmada da aynı yöntem kullanılarak Diyadin traverten sahasındaki bölgesel açılma hızı belirlenmiştir (Çizelge 5.2).

Diyadin travertenlerinden elde edilen açılma hızları 1,05 mm/yıl ile 0.012 mm/yıl arasında değişirken, ortalama açılma hızı 0.352 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5.2).

U/Th 3.1 numaralı örneğin hata oranı ± 24.655 çıkmakla birlikte düzeltilmiş yaş 10.011 dolayındadır. Bu durum + 24.655 hata oranı dikkate alındığında bu traverten oluşumunun günümüzden 14.644 yıl sonra oluşmuş olabileceği gibi bir durum ortaya çıkmaktadır. Bunun nedeni olasılıkla düzeltilmiş yaşın U/Th yaş yönteminin uygulanabilir yaş sınırları olan 5.000 yıla çok yakın bir değere sahip olması düşünülmektedir.

Çizelge 5.2: Yaş sonuçları ve çatlak genişliklerinden elde edilen açılma hızları

Örnek No	Yaş (1.000 yıl)	Oluşum Aralığı (1.000 yıl)	Toplam Bantlı Traverten Kalınlıkları (cm)	Açılma Hızı mm.y-1
UT 1/1	14.343 (± 13.259)	30.599	485	0.158 ($-.099/+0.044$)
UT-1/2	44.942 (± 1.527)			
UT-2/1-b	75.831 (± 2.070)	49.245	820	0.166 ($-0.022/+0.029$)
UT-2/2	125.076 (± 9.387)			
UT-3/1	10.011 (± 24.655)	40.099	50	0.012 ($-0.01/+$)
UT-3/2	50.110 (± 6.749)			
UT-4/1	74.236 (± 1.713)	5.962	630	1.05 ($-0.12/+0.1$)
UT-4/2	80.198 (± 1.108)			
UT-5	15.368 (± 4.326)	15.368	56	0,036
UT-6/1	88.124 (± 7.154)	8.677	600	0.691 ($-0.053/+0.99$)
UT-6/2	96.801 (± 35.534)			

6. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışma ile Ağrı Diyadin bölgesinde yer alan travertenler morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmış, çatlak sırtı tipi ve dom tipi travertenlerin varlığı belirlenmiştir. Bu traverten tiplerinin morfolojik özellikleri ve sırt tipi travertenlerin çatlak eksenleri bu bölge için ilk kez ayrıntılı olarak 1/5.000 ölçekte haritalanmıştır (Ek 1, Ek 2, Ek 3).

İncelenen traverten alanlarında en yaygın traverten tipinin sırt tipi travertenler olduğu belirlenmiştir. Sırt tipi travertenler tektonik-aktif tektonikle ilgili birçok veri barındırması nedeniyle ayrıntılı biçimde incelenerek; çatlak eksenleri GPS yardımı ile 1/5.000 ölçekte haritalanmış, çatlak genişlikleri, yükseklikleri, görelî aşınma oranları, çatlak durumları gibi değişik veriler toplanmıştır. Bölge genelinde toplam 31 adet çatlak sırtı tipi traverten oluşumu haritalanmıştır. Sırt tipi travertenlerin çatlak dolgusu niteliğinde bulunan bantlı travertenlerin genişlikleri 0.5 cm ile 4 m, tabakalı travertenlerin eğimlerinin ise 5°-60° arasında değiştiği, bölgedeki tüm sırt tipi travertenlerin ana çatlak eksenlerinin 5275 m. uzunlukta olduğu belirlenmiştir.

XXX numaralı sırt tipi travertende bantlı travertenlerle volkanik kayaların dokanak halinde olması bantlı travertenlerin sadece yüzeyde oluşmadığını çatlak sistemini içeren temel kayaların içinde de derinlerde doğru devam ettiğini göstermesi bakımından önemli bir gözlem ve bulgudur.

Sırtlar üzerinde bulunan ana ve parazitik çatlaklar GPS kullanılarak çatlak ekseninde enlem ve boylam değerleri belirli aralıklarla ölçülüp elde edilen değerler her bir çatlak eksenine için bilgisayar ortamında değerlendirilerek enlem-boylam grafikleri elde edilmiştir. 1/5.000 ölçekte hassas bir şekilde haritalanmıştır. Bölgedeki tüm sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden alınan 585 doğrultu ölçümünden elde edilen gül diyagramında, açılma çatlaklarının DKD-BGB ve KB-GD doğrultularda yoğunlaştıkları göze çarpmaktadır. Bu sonuçlar Doğu Anadolu sıkışma bölgesindeki Şengör (1980), Koçyiğit ve diğ., (2001), Şaroğlu, (1986) tarafından ortaya konulmuş olan KKB-GGD gidişli açılma çatlaklarıyla uyum göstermemektedir. Diyadin traverten sahası KD'da Doğrultu atımlı sağ yanal, Balık Gölü fayı (Karakhanian ve diğ., 2001'e göre Gailatu-Siah Chesmeh-Khay Fayı (Şekil 2.6)) ve GB'da Çaldıran fayı ve Tutak fayı (Karakhanian ve diğ., 2001, Tutak fayı ile Çaldıran fayını birleştirmiştir (Şekil 2.6)) arasında kalan bir blok üzerinde yer almaktadır. Diyadin traverten alanındaki sırt tipi travertenler üzerinde gözlenen çatlak eksenlerindeki DKD-BGB ve KB-GD uzanımlı yoğunlaşmaların, iki doğrultu atımlı fay sistemi (Çaldıran Fayı ve Balık Gölü Fay Zonu) arasında kalan bir blokta gelişmiş deformasyonlar sonucunda oluştuğu biçiminde yorumlanabilir.

Bu çalışmanın ana çatısını oluşturan ve daha önce Altunel (1994) tarafından da uygulanarak başarılı sonuçlar alınan, travertenlerin kronolojik gelişimleri ve ilişkilerinin, sırt tipi travertenlerdeki açılma oranlarının saptanmasında kullanılan U/Th yaşlandırma yöntemi, çalışma alanından alınan toplam 13 adet örneğe uygulanmıştır. Sırt tipi travertenin çatlak dolgusu niteliğinde düşey bantlı travertenlerden biri çatlak merkezinde diğeri ise çatlak dış duvarına yakın banttı olmak üzere 12 adet örneğin analiz sonucuna göre, bu bölgedeki en genç sırt tipi travertenin 10.011 (± 24.655) yıl, en yaşlı travertenin ise 125.076 (± 9.387) yıl yaşında olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara göre Diyadin traverten alanında elde edilen açılma

hızları 1,05 mm/yıl ile 0.012 mm/yıl arasında değişirken, ortalama bölgesel açılma oranı 0.352 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Türkiye'nin birçok bölgesindeki genç traverten oluşumları, birer doğal jeolojik miras niteliği taşımaktadır. Özellikle Pamukkale'nin dünya ölçeğinde turizm potansiyeline sahip olması, Pamukkale traverten oluşumlarının tahrip edilmesini önlemiş ve koruma altına alınmıştır. Ancak Ağrı Diyadin dolayındaki bu traverten oluşumları, günümüzde taş ocağı olarak işletilmekte ve yüzbinlerce yılda oluşan bu doğal jeolojik miras hızla tahrip edilmektedir. Bir diğer jeolojik miras niteliği taşıyan yapılar ise bölgede bulunan traverten köprüleridir. Doğal jeolojik miras açısından önemli olan bu yapıların da koruma altına alınarak turizme kazandırılması gerekmektedir.

Bölgede yapılan bu çalışma sonucunda jeotermal etkinliğin en az 125.000 yıldan beri devam ettiği ve bölgesel tektonik rejimle ilişkili olduğu belirlenmiştir. Bölgesel tektonik rejimin kısa süreçler sonrasında değişmeyeceği göz önüne alındığında bölgenin önemli bir jeotermal enerji potansiyeline sahip olduğu gerçeği gözden kaçırılmamalıdır.

7. YARARLANILAN BELGELER

- Altunel, E. and Hancock, P.L., (1993a).** Morphological features and tectonic setting of Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. *Geol.J.*, 28, 335- 346.
- Altunel, E., Hancock, P.L., (1993b).** Active fissuring and faulting in Quaternary travertines at Pamukkale, western Turkey. *Zeitschrift Geomorphologie Supplementary* 94, 285—302.
- Altunel, E. (1994).** Active tectonics and the evolution of Ouaternary travertines at Pamukkale, Western Turkey, PhD. Thesis, Bristol University, UK. (yayınlanmamış).
- Altunel, E. Hancock, P. and Smart, P., (1994).** Morphological attributes of Pamukkale travertines and their relationship to active tectonic stretching: 47, *Türkiye Jeoloji Kurultayı (Özet)*, Ankara.
- Altunel, E., Hancock, P.L., (1996).** Structural attributes of travertine filled extensional fissures in the Pamukkale plateau, western Turkey. *International Geology Review* 38, 768—777.
- Altunel, E., (1996).** Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri, *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* No.118,Ankara.
- Barnes, I., (1965).** Geochemistry of Birch Creek, Inyo Country California a travertine depositing creek in an arid climate, *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 29, 85-112.
- Barnes, I and O'Neil, J. R., (1971).** Calcium-magnesium carbonate solid solutions from Holocene conglomerate cements and travertines in the Coast Range of California, *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 33, 699-718.
- Barnes, I., Irwin, W. P. and White, D. E.,(1978).** Global distribution of carbondioxidedischarges, and major zones of seismicity, U. S. Geological Survey, Water-Resources Investigations 78-39, Open-File Report.
- Bencini, A., Duchi, V. and Martini, M., (1977).** Geochemistry of thermal springs of Tuscany (Italy), *Chem. Geol.*, 19, 229-252.
- Buccino, S.G., D'argenio, V., Ferri, V., (1978).** L'travertini della Bassa Velle del Tanagro (Campania) studio geomorphologico, sedimentologico e geochimico (with English abstract):*Boll. Coc. It.*, 97, 617-646.
- Burçak, M., Yıldırım, T., Yücel, M., (1997).** Ağrı-Diyadin Çermik Sahası Jeotermal-Jeofizik Etud Raporu, M.T.A Yayınlanmamış, Ankara.
- Chafetz, H. S. and Butler, J. C., (1980).** Petrology of recent caliche pisolites, spherulites, and speleothem deposits from central Texas, *Sedimentology*, 27,497-518.
- Chafetz, H.S., and Folk, R.L., (1984).** Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *J. Sedim. Petrol.*, 54, 289-316.
- Çakır, Y., ve Tanyolu, E., (1998).** Taşlıçay (Ağrı) Yöresinin Jeolojisi, Fırat Üniv. Jeoloji Mühendisliği 20 .Yılı Sempozyum Bildirileri, s.11-20, Elazığ.

- Çakır, Z., (1999).** Along-Strike Discontinuity of Active Normal Faults and Its Influence on Quaternary Travertine Deposition; Examples From Western Turkey. *Tr. J. of Earth Sciences*, Vol:8, P:67-80.
- Eikenberg, J., Vezzu, G., Zumsteg, I., Bajo, S., Ruethi, M., and Wyssling, G., (2001).** Precise two chronometer dating of Pleistocene travertine: The $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ and $^{226}\text{Ra}/^{226}\text{Ra}(0)$ approach, *Quaternary Science Reviews*, Volume 20, Issue 18, Pages 1935-1953.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Özalp, S., (2012).** 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Doğubayazıt (NJ 38-2) Paftası, Seri No:54, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara - Türkiye.
- Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H. Ve Olgun, Ş., (2012).** 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Ağrı (NJ 38-1) Paftası, Seri No:51, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara - Türkiye.
- Feth, J. and Barnes, I., (1979).** Spring deposited travertine in eleven western states, *U. S. Geol. Surv. Water Res. Inv.*, 79-35.
- Folk, R. L. and Chafetz, H. S., (1980).** Quaternary travertines of Tivoli (Roma), Italy: bacterially constructed carbonate rocks, *Prog. Geol. Soc. Ann. Meet.*, Atlanta, Ga., p. 428.
- Folk, R. L., Chafetz, H. S. and Tiezzi, P. A., (1985).** Bizarre forms of depositional and diagenetic calcite in hot-spring travertines, central Italy, In: *Carbonate Cements* (ed. Schneidermann, N. and Haris, P. M.) *Spec. publs Soc. econ. Paleont. Miner.*, Tulsa, 36, 349-369.
- Ford, T. D. and Pedley, M. H., (1992).** Tufa deposits of the world, *J. speleol. Soc. Japan*, 17, 46-63. 65
- Gonfiantini, R., Panichi, C. and Tangiorgi, E., (1968).** Isotopic disequilibrium in travertine deposition, *Earth Plan. Sci. Lett.*, 5, 55-58.
- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Çakır, Z., (1999).** Travertines: Using Travertines in Active Fault Studies. *Journal of Structural Geology* V.21, p. 903-916.
- Hayden, F. V., (1872).** United States geological survey of Montana and portions of adjacent Territories, Fifth Annual Report of Progress.
- Heimann, A. and Sass, E., (1989).** Travertines in the northern Hulla Valley, Israel. *Sedimentology*, 36, 95-108.
- Irion, G. and Muller, G., (1968).** Mineralogy, Petrology and Chemical Composition of Some Calcareous Tufa from the Schwabische Alb. Germany. In: *Recent Developments in Carbonate Sedimentology in Central Europe* (ed. Muller, G. & Friedman, G.M.). Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. pp 157-171.
- Jacobson, R. L. and Uzdowski, E., (1975).** Geochemical controls on a calcite precipitating spring, *Cont. Mineral. Petrol.*, 51, 65-74. 67
- Jones, J. C., (1985).** Travertine Company report, Uni. of Nevada, Reno. UNR Special Collection, 29-88

- Julia, R., (1983).** Travertines. Carbonate Depositional Environments., 708 p., p.64- 72, The American Association of Petroleum Geologist Tulsa, Oklahoma, USA.
- Karabacak, V., (2002).** Ihlara vadisi civarındaki traverten oluşumları ve tektonik önemleri. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 82 sayfa, yayımlanmamış.
- Karabacak, V. ve Altunel, E., (2003).** Ihlara vadisi'ndeki Sırt Tipi Travertenlerin Morfolojik Özellikleri ve Kabuksal Deformasyon Açısından Önemleri, ATAG-7. Toplantısı Bildiri Özleri Kitabı, Yüzüncüyıl Üniv. Sayfa, 31.
- Karakhian, A. S., Trifonov, V. G., Philip, H., Avagyan, A., Hessami, K., Jamali, F., Bayraktutan, M. S., Bagdassarian, H., Arakelian, S., Davtian, V., and Adilkhanyan, A., (2004).** Active faulting and natural hazards in Armenia, eastern Turkey and northwestern Iran. Tectonophysics V.380, p. 189-219.
- Karlı, R., (1990).** Ağrı Tendürek Dağı Yöresinin Kükürt Aramaları Jeofizik İndikleme Polarizasyon (IP) Etüdü, MTA. Enst. Rapor No. 8988, Ankara.
- Keskin, M., (2003),** Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. Geophysical Research Letters, Vol. 30, No. 24, 1-4.
- Ketin, İ., (1998).** Genel Jeoloji, İTÜ Vakfı Yay No. 22, İstanbul.
- Ketin, İ., (1983).** Türkiye jeolojisine genel bir bakış: İstanbul, 595s.
- Kıral, K. ve Çağlayan, A., (1980).** Kağızman (Kars)-Ağrı-Taşlıçay (Ağrı) dolayının jeolojisi: MTA Rap. (yayımlanmamış), Ankara.
- Koçyiğit, A., Yılmaz, A., Adamia, S and Kuloshvili, S., (2001).** Neotectonics of East Anatolian Plateau (Turkey) and Lesser Caucasus: implication for transition from thrusting to strike-slip faulting. Geodinamica Acta, 14, 177-195
- Koçyiğit, A., (2003).** Orta Anadolu'nun Genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı: 5 , 1-26 s
- Leeman, W. P., Doe, B. R. and Whelan, J., (1977).** Radiogenic and stable isotope studies of hot spring deposits in Yellowstone National Park and their genetic implications, Geochem. J., 11, 65-74.
- Love, K. M. and Chafetz, H. S., (1988).** Diagenesis of laminated travertine crusts, Arbuckle Mountains, Oklahoma, J. Sedim. Petrol., 58, 441-445.
- Mallick, R. and Frank, N.,(2002).** A new technique for precise uranium-series dating of travertine micro-samples, Geochimica et Cosmochimica Acta, Volume 66, Issue 24, Pages 4261-4272.
- Martelli, N. Dei S., Moratti, G. and Sunny, F., (1989).** Analisi strutturale dei travertini Della Toscana Meridionale (Valle Dell'Albegna), Boll. Soc. Geol. It., 108, 197-205.
- Mesci, B. L., (2004).** Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi. Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst., 245 sayfa (Yayımlanmamış).

- Mesci, B.L., Gürsoy H., and Tatar, O. (2008).** 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
- Mesci, B.L., (2012).** Active Tectonics Properties and significance within Central Anatolian Neotectonic Structures of the Ortaköy Fissure Ridge Travertines, *Geodynamica Acta*, Vol:25, Issue:1-2, P:12-25
- Nagao, K., Matsuda, J. L, Kita, 1. and Ercan,. T., (1989).** Noble gas and carbon isotopic composition in Quaternary volcanic . area, in Turkey: *Jeomorfoloji Derg.*, 17,101-110.
- Ölmez, E., Ercan, T., Yıldırım, T., (1994).** Tendürek (Doğu Anadolu) Jeotermal Alanının (Diyadin, Zilan, Çaldıran) Volkanolojisi ve Jeotermal Olanakları *TJK Bülteni Sayı 9*, s.48-55, Ankara.
- Pedley, H. M., (1980).** The occurrence and sedimentology of a Pleistocene Travertine in the Fiddien Valley, Malta, *Proc. Geol. Ass.*, 91, 195-202.
- Pedley, H.M., (1990).** Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sedim. Geol.*, 68, 143-154.
- Pentocost, A., (1990).** The formation of travertine shrubs: Mammoth Hot Springs, Wyoming, *Geological Magazine*, 127, 159-168.
- Russell, I. C., (1882).** Sketch of the geological history of Lake Lahontan, a Quaternary lake of Northwestern Nevada, *U. S. Geol. Surv. Third Annual Report*.
- Scholl, D. W., (1960).** Pleistocene algal pinnacles at Searles Lake, California, *Jour.Sed. Petr.*, 30, 3, 414-431.
- Smart, P. L., (1991).** Uranium Series dating. In: *Quaternary Dating Methods -A User's Guide* (edited by Smart, P.L and Francas, P. D.) Quaternary Research Association, Technical Guide, 4, 45-83.
- Soligo, M., Tuccimei, P., Barberi, R., Delitala, M. C., Miccadei, E., and Taddeucci, A.,(2002).** U/Th dating of freshwater travertine from Middle Velino Valley (Central Italy): paleoclimatic and geological implications, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Volume 184, Issues 1-2, Pages 147-161.
- Sturchio, N. C., Kenneth, L. P., Michael T. M. and Michael L. S., (1994).** Uranium-Series Ages of Travertines and Timing of the Last Glaciation in the Northern Yellowstone Area, Wyoming-Montana, *Quaternary Research*, Volume 41, Issue 3, Pages 265-277.
- Şaroğlu, F., Güner, Y., (1979).** Tutak Diri Fayı, Özellikleri ve Çaldıran Fayı ile İlişkisi, *Yeryuvarı ve İnsan*, cilt 4, Sayı 1, s. 11-13, Ankara
- Şaroğlu, F., Güner, Y., (1981).** Doğu Anadolu'nun Jeomorfolojik Gelişimine Etki Eden Öğeler; *Jeomorfoloji, Tektonik, Volkanizma İlişkileri*, *TJK Bülteni c.24*, s.39-50, Ankara.
- Şaroğlu, F., Yılmaz, Y., (1986).** Doğu Anadolu'da Neotktonik Dönemdeki Jeolojik Evrim ve Havza Modelleri, *MTA. Yay. s. 74-94*, Ankara.
- Şenel, M., (2001).** 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası Van Paftası, *MTA Enst. Yayınları*, Ankara.

- Şengör, A.M.C., (1980).** Türkiye'nin Neotektoniğin Esasları: Türkiye Jeol. Kur. Yayını Ankara, 40 s.
- Şengör, A.M.C., (1985).** Türkiye'nin tektonik tarihinin yapısal sınıflaması. Türkiye Jeol. Kur. Ketin Sempozyumu, 37-61.
- Şimşek, Ş., (2003).** Türkiye'de Jeotermal Enerji Potansiyeli. Mavi Gezegen, TMMOB Jeoloji Müh. Odası Yayını, Sayı: 7, sayfa: 48-53.
- Temiz, U., Eikenberg, J., (2011).** 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, Vol 24/2, pp.95-105.
- Weed, W. H., (1887).** Formation of travertine and siliceous sinter by the vegetation of hot springs, U. S. Geol. Surv., Ninth Annual Report
- Zaman, (2000).** Diyadin Kaplıcaları, Atatürk Üniv. Doğu Coğrafya Derg., Sayı 4, s.357, Erzurum

8. ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğretimini Kadıköy (İstanbul), lise öğrenimini Ataşehir 'de (İstanbul) tamamladı. 2011 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü bitirdi.

2011 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında "*Diyadin (Ağrı) Travertenlerinin Gelişimi Morfolojik ve Aktif Tektonik Özellikleri*" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasına başladı.