

**Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas)
Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi**

B. Levent MESCI
(Doktora Tezi)

Halil GÜRSOY

Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Bu Çalışma, jürimiz tarafından, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda
Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

a. Öztürk

Üye : Prof. Dr. Orhan TATAR

Orhan Tatar

Üye : Prof. Dr. Erdin BOZKURT

Erdin Bozkurt

Üye : Prof. Dr. Halil GÜRSOY

Halil Gürsoy

Üye : Doç. Dr. Erhan ALTUNEL

Erhan Altunel

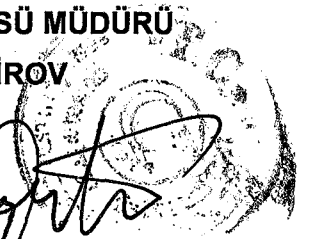
Yukarıdaki İmzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

25.10.2004

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Prof. Dr. Rauf AMİROV

R. Amirov



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 01.01.1994 tarihinde C.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan "Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Klavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

Bu tez çalışması Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından **M-204** numaralı proje olarak desteklenmiştir.



Ayşe'ye, Başak İrem'e ve Eren'e....

ÖZET

Doktora Tezi

Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi

Bekir Levent MESCİ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Danışman Prof. Dr. Halil GÜRSOY

Bu çalışma ile Sivas Havzasında Sıcak Çermik ve yakın dolayındaki Kuvaterner yaşlı travertenlerin gelişimi ve aktif tektonikle ilişkisini ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya Sivas'ın yaklaşık 31 km batısında yer alan önemli sıcak su çıkış merkezleri ve traverten oluşum alanlarıdır. Morfolojik sınıflamaya göre bölgedeki travertenlerin büyük bir kısmını çatlak sırtı tipi travertenler, az oranda aşınmış traverten tabakaları ve birkaç lokasyonda ise küçük yüzlekler biçiminde teras tipi ve kanal tipi travertenler oluşturmaktadır. Travertenleri oluşturan sıcak su, kalsiyum magnezyum bikarbonatlı (karışık) tip sudur. Travertenler büyük oranda kalsit minerali içermekte olup, demir bileşenli mineraller nedeniyle kırmızımsı sarı renkte görünmektedirler. Paleomanyetik analizler, çatlak sırtı tipi travertenlerin simetrik açılma gelişim mekanizmalarını belirlemede kullanılabilecek önemli bir yöntem olduğu anlaşılmıştır.

Travertenler için temel kaya niteliğinde bulunan İncesu Formasyonu kayalarında ve sırt tipi travertenler içerisinde gelişmiş çatlak, fay gibi yapısal unsurlar birlikte değerlendirilmiş, içerisinde sırt tipi travertenlerin geliştiği açılmaları sağlayan tektonik deformasyonun, Orta Anadolu Bindirme Kuşağı ile Sivas Geri Bindirmesinden kaynaklanan KB-GD doğrultulu sıkışmaya bağlı KD-GB yönlü açılma biçimde geliştiği sonucuna varılmıştır.

Sismik yansıma kesitlerinde Sıcak Çermikte bulunan sırt tipi travertenlerin çatlak dolgu kalınlıklarının, derinlikle arttığı ve travertenlerin oluşumlarına neden

olan hidrotermal etkinliğin çatlak sistemleri aracılığıyla yüzeye taşındığı gözlenmiştir.

U/Th yaşlandırma bulguları, bu bölgedeki traverten oluşumunun yaklaşık 400.000 yıl önce başladığını ortaya koymuştur. Uranyum serisi yaş analizleri sonucunda inceleme alanlarında yer alan sırt tipi travertenlerin yaşlarının 364.000 ($^{+201.000}_{-76.000}$) ile 11.400 (± 500) yıl arasında değiştiği belirlenmiştir. Sırt tipi travertenlerin genişliklerini ve yaş sonuçlarını kullanarak Sivas Havzası içinde sıkışmaya bağlı açılma hızı 0.0633 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Sırt tipi travertenlerdeki hidrotermal etkinliğin 56.000 yıllık bir periyotta aktifleşme ve pasifleşme dönemi geçirdiği gözlenmiştir. Bu bulgulara göre, Sivas ve yakın çevresindeki hidrotermal etkinliği tetikleyen büyük bir sismotektonik etkinliğin, 56.000 yıllık tekrarlanma periyodunda yaklaşık 7.4 büyüklüğünde bir depremin oluşmasını gerektirmektedir.

Önceki çalışmalarda Ege Graben Sistemi içerisinde bulunan ve aktif tektonik ile ilişkisi incelenen Pamukkale (Denizli) travertenlerinin, genişlemeli tektonik rejim sonucunda oluştuğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Sivas havzasında gözlenen traverten morfolojileri ile Pamukkale'deki traverten morfolojileri büyük benzerlikler sunmaktadır. Pamukkale'deki ve Sivas havzasındaki tektonik rejimin birbirinden farklı olmasına rağmen, farklı tektonik rejimlerin denetiminde oluşan travertenlerin, tektonik açıdan incelendiği takdirde aktif tektonik çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı görülmektedir.

Aktif tektonik ile yakından ilişkisi, doğal güzelliği ve turistik çekiciliği nedeni ile Pamukkale'deki travertenler koruma altına alınmıştır. Ancak içerisinde gelişen yapıların özelliği gereği doğal jeolojik miras niteliğindeki Sıcak Çermik ve çevresindeki travertenlerin de koruma altına alınması gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Traverten, U/Th yaş yöntemi, Aktif Tektonik, Deprem, Traverten Tektoniği, Sivas Havzası, Sıcak Çermik,

ABSTRACT
PhD Thesis

**The Development of Travertine Occurrences Around Sıcak Çermik (Sivas)
and Their Relationships with Active Tectonics**

Bekir Levent MESCİ
Cumhuriyet University
Institute of Applied and Natural Sciences
Geological Engineering Department

Supervisor Prof. Halil GÜRSOY

This study aims to investigate the development and relationships of Quaternary travertines in terms of active tectonics, located in the Sıcak Çermik within the Sivas Basin.

Sıcak Çermik, Delikkaya and Sarıkaya are the important travertine fields and hot water springs, located to the 31 km west of Sivas. When the morphological classification of the travertines is considered, most of them are regarded as fissure-ridge type travertines, rarely eroded sheet type, terraced and self-built channel type travertine in a number of locations. The composition of the water forming the travertines is a mixture of Calcium magnesium bicarbonate. Travertines contain high amount of calcite minerals and observed as in yellow colour because of iron minerals. Palaeomagnetic analysis are case study in order to understand the symmetrical opening and development mechanism of fissure type travertines.

Faults and fissures developed within fissure ridge type travertines and the İncesu Formation are considered together and the tectonic event caused to the formation of fissure-ridge type travertines was resulted by the development of NE-SW extension associated with the NW-SE compressional regime caused by the Central Anatolian Thrust Belt and Sivas backthrust.

Fissure fills of travertine in Sıcak Çermik increase with depth in the seismic reflection profiles. Hydrothermal events were transferred on to surface along crack systems.

U/Th series age dating results indicate that the travertine deposition goes back to 400.000 year. U-series age dating yields an age of 11.400 (± 500) to 364.000 ($^{+201.000}_{-76.000}$) within fissure-ridge type travertines in the region. Age data and fissure width indicate 0.0633 mm/year extension rate associated with compressional regime within the Sivas Basin. Fissure-ridge type travertines are grouped for an average of 56.000 years periods, by the study of the opening and closing periods of fissure-ridge travertines. These results indicate the concentration of the tectonic event within or around the Sivas Basin, in another words, a seismic event with a magnitude of 7.4 for 56.000 years periods.

Pamukkale travertines within the Aegean graben system are considered to be formed by extensional tectonics, documented by former studies. Morphology of the Pamukkale and Sivas travertines shows remarkable similarities. Since the tectonic regime in both region is different, the study of travertines developed in different tectonic regimes will contribute to active tectonic studies in this field.

Pamukkale travertines is one of the spectacular natural heritage in the world, as well as a site for active tectonic studies. For these reasons, the area is now under protection. As shows similarities, Sıcak Çermik and its surroundings should also be protected in the same way.

Keywords: *Active Tectonics, Earthquake, Sivas Basin, Sıcak Çermik Travertine, Travertines, U/Th Age Dating*

TEŞEKKÜR

Doktora 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 Prof. Dr. Halil GÜRSOY'a (CÜ), Doç. Dr. Erhan ALTUNEL'e (OGÜ)

Yine tezin her aşamasında göstermiş oldukları, yardım ve anlayıştan dolayı, Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK'e (CÜ), Prof. Dr. Orhan TATAR'a (CÜ), Prof. Dr. Haluk TEMİZ'e (CÜ), Doç. Dr. Semir ÖVER'e (MKÜ), Yrd. Doç. Dr. Kaan Ş. KAVAK'a (CÜ), ve Yrd. Doç. Dr. Nazmi OTLU'ya (CÜ), ve Doç. Dr. Ali UÇURUM'a,

Kinematik analizlerine katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Süha ÖZDEN'e,

Su kimyası bölümüne katkılarından dolayı Prof. Dr. Fikret KAÇAROĞLU'na (CÜ), mineralojik incelemeler bölümüne katkılarından dolayı Doç. Dr. Ömer BOZKAYA'ya (CÜ), Prof. Dr. Hüseyin YALÇIN'a, XRD ve jeokimyasal analizleri gerçekleştiren Kimya Müh. Fatma YALÇIN'a (CÜ),

Sismik yansıma çalışmalarındaki yardımlarından dolayı TPAO Araştırma Grubu'na, Orhan GÜRELİ'ye (TPAO), Özel AÇIK'a (CÜ), Jeo. Yük. Müh. Uğur TUTAR'a ve Yüzbaşıoğulları Ltd. Şti. çalışanlarına,

Yaş analizlerini gerçekleştiren Dr. Neil STURCHIO'ya (Illinois Üniversitesi, ABD),

Paleomanyetik analizlerdeki katkılarından dolayı Dr. John D.A. PIPER'a (Liverpool Üniversitesi İngiltere),

Manevi desteklerinden dolayı Nazan Yalçın Erik (CÜ) ve Dursun Erik'e (KYGM)

Ayrıca, Tezin her aşamasında göstermiş oldukları anlayış, özveri ve desteklerinden dolayı eşim Ayşe'ye (CÜ), kızım Başak İrem'e ve oğlum Eren'e, teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	V
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXIV
EKLER DİZİNİ	XXVI
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	1
1.2. Çalışma Yöntemleri.....	3
1.3. İnceleme Alanının Konumu.....	4
1.4. Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi.....	7
1.5. Öncel Çalışmalar.....	11
1.5.1. Sivas Havzası geneli ile ilgili yapılmış Öncel Çalışmalar.....	11
1.5.2. Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya Traverten Alanlarında Yapılmış Öncel Çalışmalar.....	17
1.5.3. Travertenler Üzerine Yapılmış Öncel Çalışmalar.....	19
2. BÖLGESEL JEOLJİ, TEKTONİK ve SİSMİK ÖZELLİKLER	20
2.1. Çalışma Alanının Bölgesel Jeolojik Konumu.....	20
2.2. Sivas Tersiyer Havzasının Genel Stratigrafik Özellikleri.....	20
2.3. Sivas Tersiyer Havzasının Neotektonik Özellikleri.....	28
2.4. Sivas ve Yakın Çevresinin Sismik Özellikleri	30
3. TRAVERTEN TANIMI, ÖNCEL ÇALIŞMALAR ve TRAVERTENLERİN SINIFLANDIRILMASI	38
3.1. Traverten Terimi Etimolojisi ve Tanımı.....	38
3.2. Travertenlerin Çökelme Koşulları.....	38
3.3. Traverten ve Tufaların Sınıflandırılması.....	39

3.3.1.	Travertenlerin Morfolojik Sınıflandırılması.....	41
3.3.1.1.	Çatlak Sırtı Tipi Travertenler.....	42
3.3.1.2.	Aşınmış Traverten Tabakaları.....	44
3.3.1.3.	Kendiliğinden Oluşan Kanal Tipi Travertenler.....	44
3.3.1.4.	Teras Tipi Travertenler.....	49
4.	HİDROJEOLOJİ-SU KİMYASI ve SU SONDAJ ÇALIŞMALARI	51
4.1.	Su Sondajı Çalışmaları.....	51
4.2.	Su Kimyası.....	53
5.	SICAK ÇERMİK, DELİKKAYA VE SARIKAYA TRAVERTENLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ	60
5.1.	Giriş.....	60
5.2.	Sıcak Çermik Travertenlerinin Özellikleri.....	63
5.2.1.	Sıcak Çermik Çatlak-Sırtı Tipi Travertenleri.....	63
5.2.2.	Sıcak Çermik Aşınmış Traverten Tabakaları.....	68
5.2.3.	Sıcak Çermik Teras Tipi Travertenleri.....	74
5.2.4.	Sıcak Çermik Kanal Tipi Travertenleri.....	75
5.3.	Sarıkaya Travertenlerinin Özellikleri.....	76
5.3.1.	Sarıkaya Güncel Traverten Oluşumları.....	77
5.3.2.	Sarıkaya Çatlak-Sırtı Tipi Travertenleri.....	80
5.4.	Delikkaya Travertenlerinin Özellikleri.....	80
5.4.1.	Delikkaya Güncel Traverten Oluşumları.....	82
5.4.2.	Delikkaya Çatlak Sırtı Tipi Travertenleri.....	83
5.4.3.	Delikkaya Aşınmış Traverten Tabakaları.....	86
6.	İNCELEME ALANLARINDA BULUNAN TRAVERTENLERİN MİNERALOJİK ÖZELLİKLERİ	87
6.1.	Yöntem.....	87
6.2.	Traverten Örneklerinin Mineralojik Özellikleri.....	88
7.	YAPISAL JEOLOJİ/TEKTONİK	92
7.1.	Travertenlerin Tektonik- Neotektonik Önemleri.....	92

7.2.	Sıcak Çermik Çatlak Sırtı Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri.....	95
7.2.1.	I ve II Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	99
7.2.2.	III Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	101
7.2.3.	IV Numaralı Sırt Tipi Traverten	107
7.2.4.	V Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	109
7.2.5.	VI Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	111
7.2.6.	VII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	114
7.2.6.1.	VII Numaralı Sırt Tipi Traverten Üzerinde Yapılan Sismik Yansıma Çalışmaları.....	121
7.2.6.2.	VII Numaralı Sırt Tipi Traverten Üzerinde Gerçekleştirilen Paleomanyetik Çalışmalar	131
7.2.7.	VIII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	133
7.2.8.	IX Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	137
7.2.9.	X Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	138
7.2.10.	XI Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	140
7.2.11.	XII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	143
7.2.12.	XIII Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	145
7.2.13.	XIV Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	151
7.2.14.	XV Numaralı Sırt Tipi Traverten.....	160
7.2.15.	XVI, XVII, XVIII ve XIX Numaralı Sırt Tipi Travertenler	161
7.3.	Sarıkkaya Çatlak Sırtı Tipi Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri.....	162
7.4.	Delikkaya Çatlak Sırtı Tipi Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri.....	165
7.4.1.	Delikkaya I Numaralı Sırt Tipi Traverteni.....	167
7.4.2.	Delikkaya II Numaralı Sırt Tipi Traverteni.....	169
7.4.3.	Delikkaya III Numaralı Sırt Tipi Traverteni.....	171
7.5.	Fay ve Çatlak Düzlemlerinin Analizi.....	173
7.5.1.	Fayların Kinematik Analizi	173
7.5.1.1.	İnceleme Alanı İçerisinde Elde Edilen Fay Düzlemi Ölçümlerinin Kinematik Analizi.....	173

7.5.2.	Çatlak Analizi.....	179
7.6.	Uzaktan Algılama Verileriyle Çizgisellik Analizi.....	182
7.6.1.	Lansat TM Görüntüsü Üzerinde Çizgisellik Analizi.....	186
8.	SICAK ÇERMİK, SARIKAYA VE DELİKKAYA TRAVERTENLERİNİN U/TH YÖNTEMİ İLE YAŞLANDIRILMASI.....	192
8.1.	U/Th Yaş Yöntemi ve Travertenlere Uygulanabilirliği.....	192
8.2.	Analitik Yöntemler.....	193
8.3.	U/Th Yaş analizi için alınan örneklerin konumları ve özellikleri	194
8.4.	Örneklerin U/Th Yöntemi ile Belirlenen Yaş Sonuçları.....	203
8.5.	U/Th Yaş Analizi Sonuçlarına Göre Çatlakların Açılma Hızları	207
9.	SIRT TİPİ TRAVERTENLERDEN ELDE EDİLEN YAŞLARIN AKTİF TEKTONİK İLE İLİŞKİSİ VE TRAVERTENLERİ OLUŞTURAN OLASI TEKTONİK MODELLER.....	211
9.1.	Sırt tipi travertenlerden elde edilen yaşların aktif tektonik ile ilişkisi.....	212
9.2.	I. Model: Sıkışmalı Tektonik Etkinlikle Açılma.....	216
9.3.	II. Model: Makaslama Kuşaklarında Oluşan Açılma ve Geometrik Biçim Değiştirme.....	221
10.	TARTIŞMA ve SONUÇLAR.....	226
11.	YARARLANILAN BELGELER.....	228
12.	ÖZGEÇMİŞ.....	239

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1-1: Sivas il sınırları içindeki sıcak su çıkış merkezleri ve traverten oluşum alanlarının dağılımı	1
Şekil 1-2: İnceleme alanının yerbulduru haritası ve Aster Level 1B uydu görüntüsü üzerindeki konumları	5
Şekil 1-3: İnceleme alanını kapsayan 1/100.000, 1/25-000 ve 1/5000 ölçekli pafta indeksi	6
Şekil 1-4: Sarıkaya bölgesinin yeryüzü şeklini gösterir blok diyagram	8
Şekil 1-5: Delikkaya bölgesinin yeryüzü şeklini gösterir blok diyagram.....	9
Şekil 1-6: Sıcak Çermik bölgesinin yeryüzü şeklini gösterir blok diyagram.....	10
Şekil 2-1: Sivas Havzası ve çevresindeki komşu havzalar ve ana tektonik yapılarla ilişkisi.....	21
Şekil 2-2: İnceleme alanı ve yakın yöresinin 1/500.000 ölçekli yalınlaştırılmış jeolojik haritası	22
Şekil 2-3: Sıcak Çermik ve yakın dolayının jeoloji haritası	25
Şekil 2-4: Sıcak Çermik doğusunda Yıldız Irmağı vadisi kırıntılıları içerisinde bulunan Hipparion sp. ait dış fosili.....	27
Şekil 2-5: Kızılırmak ve Kangal Havzalarının yalınlaştırılmış konumu	27
Şekil 2-6: Türkiyenin neo-tektonik bölgeleri ve Sivas havzasının konumu	29
Şekil 2-7: Orta Anadolu ve doğu kesimlerinin ana neotektonik yapıları.....	29
Şekil 2-8: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 2-2-9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı.....	32
Şekil 2-9: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 3-3-9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı.....	34

Şekil 2-10:	Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06-2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 4-4-9 arasında olan deprem odaklarının dağılımı.....	35
Şekil 2-11:	Sivas ve yakın çevresinde 1900 -18.06-2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 5-6-9 arasında olan deprem odaklarının dağılımı.....	36
Şekil 2-12:	Sivas ve çevresinde 16-04-1900 – 09.03-2004 tarihleri arasında büyüklüğü 2.2 ile 6.9 arasında değişen depremlerin 90 m çözünürlüklü DEM görüntüsü üzerindeki dağılımı.....	37
Şekil 3-1:	Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun gelişim evreleri.....	45
Şekil 3-2:	Sıcak Çermik sosyal tesislerine su sağlayan borular içerisinde traverten oluşumu.....	46
Şekil 3-3:	Sıcak Çermik sosyal tesislerine su sağlayan çeşitli donanımlar içerisinde çıkarılan traverten parçaları.....	46
Şekil 3-4:	Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun üç boyutlu ve harita düzlemi üzerindeki görünümü.....	47
Şekil 3-5:	Hidrotermal etkinliğin sonra ermesinden sonra devam eden açılma sonucunda sırt ekseninde gelişen açıklıkların görünümü.....	48
Şekil 3-6:	Aşınmış traverten tabakalarının genel morfolojik görünümü	48
Şekil 3-7:	Kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenlerin görünümü.....	49
Şekil 3-8:	Teras tipi bir havuzda traverten çökelim ortamları.....	50
Şekil 3-9:	Sıcak Çermik'te yersel olarak gelişen küçük boyutlu terasların görünümü.....	50
Şekil 4-1:	Sıcak Çermik'te açılan MTA-I, MTA-II, MTA-III, MTA-IV, DSİ-1 ve DSİ-II sondaj kuyularının yerbulduru haritası.....	51
Şekil 4-2:	Sıcak Çermik'te açılan MTA ve DSİ sondajlarının kuyu logları.....	52
Şekil 4-3:	Sarkaya ve Delikkaya'da su örnekleme lokasyonlarının görünümü.....	54

Şekil 4-4:	MTA-I kuyusu, MTA-II kuyusu, Delikkaya, Çermik villaları kuyusu ve MTA-4 kuyusundan alınan su örneklerine ait Piper diyagramları.....	56
Şekil 4-5:	Yıldız Irmağı, İnpınarı çeşmesi, Karlıpınar çeşmesi ve Sarıkaya dan alınan su örneklerine ait Piper diyagramları..	58
Şekil 5-1:	MTA-II kuyusunun ve tahliye edilen suyun görünümü	60
Şekil 5-2:	Tepe Çermik bölgesinde yakın geçmişe kadar (1980 yıllarında) aktif olan sıcaksu kaynağın görünümü.....	61
Şekil 5-3:	Yüzeyden akan tahliye sıcak sularının çökelttiği travertenlerin görünümü	62
Şekil 5-4:	Midillininboz Sırtı'nın doğusunda çöplük olarak kullanılan traverten alanı.....	62
Şekil 5-5:	Sıcak Çermik travertenlerinin morfolojik sınıflamaya göre tiplerinin yayılımı.....	64
Şekil 5-6:	Sıcak Çermik traverten türlerinin kapladıkları alanların % dağılımları.....	65
Şekil 5-7:	Tepe çermik bölgesinde gözlenen sırt tipi traverten oluşumunun yan görünümü.....	65
Şekil 5-8:	Tepe çermik bölgesindeki bir sırt tipi travertendeki merkezi çatlağın görünümü.....	66
Şekil 5-9:	Tepe çermik bölgesindeki bir sırt tipi travertendeki merkezi çatlağın görünümü.....	66
Şekil 5-10:	İnpınarı mevkiinin güneyindeki sırt tipi traverten yüzleğinde açılmış olan taş ocağında bantlı travertenin görünümü.....	67
Şekil 5-11:	Bir sırt tipi traverten oluşumunun pasif hale geçmesinin ardından etkin olan aşınma evresindeki görünümü.....	69
Şekil 5-12:	Karlıkaya Sirtında bulunan aşınmış traverten tabakalarının görünümü	68
Şekil 5-13:	Kaşınbaşı sırtının batı yamacında aşınmış traverten tabakalarının görünümü.....	68

Şekil 5-14:	Kaşınbaşı sırtının batı yamacında bulunan çakıllı düzey ile porozitesiz travertenlerin görünümü	70
Şekil 5-15:	Kaşınbaşı sırtının batı yamacında bulunan litoklastik traverten fasiyesinin görünümü	71
Şekil 5-16:	Kaşınbaşı sırtının batı yamacından alınan ölçülü stratigrafik kesit	72
Şekil 5-17:	Kaşınbaşı sırtında yüzeyleyen aşınmış traverten tabakalarının iç yapısını gösteren kesit ve fotoğraflar.....	73
Şekil 5-18:	Kaşınbaşı sırtının BGB ucunda gözlenen çöküntü alanı.....	74
Şekil 5-19:	Karlıpınar KB'sında teras tipi traverten oluşumunun görünümü	74
Şekil 5-20:	Tepe Çermik KKB'sında Kanal Tipi Traverten oluşumlarının görünümü.....	75
Şekil 5-21:	Sarıkaya travertenlerinin genel görünümü.....	76
Şekil 5-22:	Sarıkaya travertenlerinin morfolojik sınıflamaya göre tiplerinin yayılımı.....	77
Şekil 5-23:	Sarıkaya bölgesindeki traverten tiplerinin kapladıkları alan dağılımları.....	77
Şekil 5-24:	Sarıkaya traverten alanında bulunan aktif su çıkış merkezi.....	78
Şekil 5-25:	Sarıkaya traverten alanında bulunan aktif su çıkış merkezi ve buna bağlı traverten çökelişi.....	78
Şekil 5-26:	Sarıkaya traverten alanında bulunan taş ocağının görünümü	79
Şekil 5-27:	Sarıkaya traverten alanında bulunan pasif su çıkış merkezi.....	79
Şekil 5-28:	Sarıkaya'da bulunan sırt tipi traverten'deki yarmada ana çatlak ve bantlı travertenler ve tabakalı travertenlerle ilişkileri.....	80
Şekil 5-29:	Delikkaya traverten alanında bulunan traverten tiplerinin yayılımı.....	81
Şekil 5-30:	Delikkaya'da bulunan traverten tiplerinin kapladıkları alan dağılımları.....	82

Şekil 5-31:	Delikkaya'da güncel traverten oluşumlarının görünümü	82
Şekil 5-32:	Delikkaya'da aktif ve pasif su çıkış merkezlerinin görünümü.....	83
Şekil 5-33:	Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunun görünümü ..	83
Şekil 5-34:	Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunun düşey bir yarmadaki görünümü.....	84
Şekil 5-35:	Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunda bulunan tabakalı travertenler içerisinde yer alan litoklastik düzeyin görünümü.....	84
Şekil 5-36:	Şekil 5-35'deki litoklastik düzeyin yakından görünümü.....	85
Şekil 5-37:	Delikkayada sırt tipi travertende gelişmiş geçit'in görünümü.....	85
Şekil 5-38:	Delikkayada aşınmış traverten tabakalarının görünümü.....	86
Şekil 5-39:	Delikkayada aşınmış traverten tabakaları içerisinde yer alan tabakalı travertenlerin görünümü.....	86
Şekil 6-1:	Jeokimyasal analizlerde kullanılan yöntemin iş akış şeması.....	88
Şekil 6-2:	Midillininboz sırtının KD ucunda bantlı travertenlerden alınan bir örneğin XRD difraktogramı.....	89
Şekil 6-3:	İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi travertenin çatlak dolgusundan alınan örneğin XRD difraktogramı.....	90
Şekil 6-4:	İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi travertenin çatlak dolgusundan alınan bir başka örneğin XRD difraktogramı.....	90
Şekil 6-5:	İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi travertenin çatlak dolgusundan alınan bir başka örneğin XRD difraktogramı.....	91
Şekil 6-6:	Kaşınbaşı sırtında tabakalı olarak gözlenen porozitesiz travertenlerden alınan bir örneğin XRD difraktogramı	91

Şekil 7-1:	Türkiye’de bulunan sıcak su çıkış merkezleri ve ana tektonik hatlar arasındaki ilişki	92
Şekil 7-2:	Bantlı travertenlerdeki yaş ilişkisi	93
Şekil 7-3:	Çatlak eksenlerindeki düzenli ve kademeli açılma	94
Şekil 7-4:	Çatlak dolgularında gözlenen ve ani bir açılmayı işaret eden laminalı traverten dolgularının şematik görünümü.....	95
Şekil 7-5:	Sıcak Çermik travertenlerinin çatlak sırtı tipi dağılım haritası.....	96
Şekil 7-6:	Sıcak Çermik’teki ana çatlak eksenlerinden hazırlanan gül diyagramı	97
Şekil 7-7:	Sıcak Çermik bölgesindeki sırt tipi travertenlerin numaralandırılmış konumlarını gösterir harita.....	98
Şekil 7-8:	I numaralı sırt üzerinde yer alan havuzcuğun görünümü	99
Şekil 7-9:	I ve II numaralı sırt tipi travertenin ayrıntılı plan görünümü..	100
Şekil 7-10:	II Numaralı Sırt Tipi Travertenin Görünümü	101
Şekil 7-11:	III numaralı sırtın plan görünümü ve çatlak eksenlerinin gidişlerine ilişkin gül diyagramı.....	103
Şekil 7-12:	III numaralı sırta ait jeolojik enine kesitler.....	104
Şekil 7-13:	III Numaralı Sırt Tipi Travertenin KD ucunda bulunan çatlak ekseninin orta bölümünde hidrotermal etkinliğin bitmesinin ardından etkinliğini devam ettiren açılma sonucu gelişmiş boşluk.....	105
Şekil 7-14:	III numaralı sırta ve K45°B doğrultulu güncel traverten oluşumlarına GD’dan bakış.....	105
Şekil 7-15:	III numaralı sırtın keserek ötelediği VI numaralı sırtın görünümü.....	106
Şekil 7-16:	VI numaralı sırta oluşan ötelenmenin oluşum mekanizması.....	107
Şekil 7-17:	IV numaralı sırtın plan görünümü, ana çatlağa ait gül diyagramı ve jeolojik en kesiti.....	108
Şekil 7-18:	IV numaralı sırtın KB ucunun ve ana çatlağın yaptığı atlamaların görünümü.....	109

Şekil 7-19:	V numaralı sırtın plan görünümü ve çatlak eksenlerinin gidişlerine ilişkin gül diyagramı.....	110
Şekil 7-20:	V numaralı sırta ait çatlağın doğrultusu boyunca güneydoğudan kuzeybatıya doğru eksen uzunluğu-çatlak genişliği değişim grafiği.....	111
Şekil 7-21:	VI numaralı sırtın plan görünümü, ana çatlağa ait gül diyagramı ve jeolojik en kesiti	112
Şekil 7-22:	VI numaralı sırtın görünümü	113
Şekil 7-23:	VI numaralı sırtın KB bölümünde bantlı travertenlerin derinlikle kalınlığın artışı gösterir yüzlek.....	113
Şekil 7-24:	VI numaralı sırtın harita görünümü.....	115
Şekil 7-25:	VII numaralı sırta yer alan 4 ana çatlağa ait doğrultularla hazırlanan gül diyagramı	116
Şekil 7-26:	VII numaralı sırta yer alan çatlaklara ait gül diyagramları ..	116
Şekil 7-27:	VII numaralı sırtın kuzey bölümün harita görünümü	118
Şekil 7-28:	VII numaralı sırtın güney bölümün harita görünümü.....	119
Şekil 7-29:	VII numaralı sırttan alınan jeolojik en kesitler.....	120
Şekil 7-30:	VII numaralı sırt eksenini üzerinde yapılan sismik kesit çalışmasının doğrultusunu ve receiver noktalarının enlem ve boylam değerlerini gösterir grafik.....	126
Şekil 7-31:	Sismik çalışmalar sırasında gerçekleştirilen bir patlatmanın görünümü.....	126
Şekil 7-32:	VII numaralı sırttan alınan sismik yansıma kesiti ve topografik kesitin görünümü.....	128
Şekil 7-33:	VII numaralı sırt üzerindeki Sismik yansıma kesitinde travertenlerin görünümü.....	129
Şekil 7-34:	VII Numaralı sırt üzerindeki Sismik yansıma kesitindeki fay ve İncesu Formasyonu içerisindeki eklem sistemlerinin görünümü.....	130
Şekil 7-35:	VII numaralı sırt üzerinde bulunan taş ocağının ve paleomanyetik amaçlı karot örneklerin alındıkları konumları gösterir şekil.....	131

Şekil 7-36:	VII numaralı sırttan alınan örneklerin Deklinasyon ve İnklinasyon değerlerinin karşılaştırılması.....	132
Şekil 7-37:	VIII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve ana çatlaklara ait gül diyagramı	134
Şekil 7-38:	VIII numaralı sırt tipi travertenin kuzey ucunda taş ocağında bantlı travertenlerin ve merkezi çatlağın görünümü.....	135
Şekil 7-39:	VIII numaralı sırt tipi travertenin kuzey ucunda taş ocağında bantlı travertenlerin ve merkezi çatlağın görünümü ve çatlak ekseninde gözlenen erime boşlukları.....	135
Şekil 7-40:	VIII numaralı sırt kuzey ucunda işletilen taş ocağında KD'ya eğimli tabakalı travertenlerin, hidrotermal etkinliğin durmasının ardından gerçekleşen aşınma evresinin ürünleri olan yamaç molozu ve toprak oluşumu ve taş ocağının atıklarının görünümü	136
Şekil 7-41:	IX numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü	137
Şekil 7-42:	IX numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü, ana çatlaklara ait gül diyagramı ve jeolojik kesiti.....	138
Şekil 7-43:	X numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü, ana çatlaklara ait gül diyagramı ve jeolojik kesiti.....	139
Şekil 7-44:	XI numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve ana çatlaklara ait gül diyagramı	141
Şekil 7-45:	XI numaralı sırt tipi travertenin jeolojik kesiti.....	142
Şekil 7-46:	XI numaralı sırt tipi çatlak ekseninde oluşmuş boşluğu dolduran çökeller ve bu çökeller içerisinde gözlenen <i>Hipparion</i> sp. fosili.....	143
Şekil 7-47:	XII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve ana çatlaklara ait gül diyagramı	144
Şekil 7-48:	XII numaralı sırt tipi travertenin jeolojik enine kesiti.....	145
Şekil 7-49:	XIII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü.....	146
Şekil 7-50:	XIII numaralı sırt tipi travertenin kuzey bölümünün harita görünümü.....	147

Şekil 7-51:	XIII numaralı sırt tipi traverten güney bölümün harita görünümü.....	148
Şekil 7-52:	XIII numaralı sırt tipi travertendeki çatlakların doğrultularına ait gül diyagramı.....	149
Şekil 7-53:	XIII numaralı sırt tipi traverten oluşumunun Kalın ırmağı tarafından kesildiği ve aşındırıldığı bölümün 3 boyutlu (3D Render) görünümü.....	149
Şekil 7-54:	XIII numaralı sırt tipi traverten oluşumunun Güney ucunun ve Kuzey ucunun görünümü.....	150
Şekil 7-55:	XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun harita görünümü.....	152
Şekil 7-56:	XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunda yer alan çatlak eksenlerini gidişlerine ait gül diyagramı.....	153
Şekil 7-57:	XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun kuzey bölümünün harita görünümü.....	154
Şekil 7-58:	XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun güney bölümünün harita görünümü.....	155
Şekil 7-59:	İkinci sismik kesit doğrultusunun ve teraslı yapının görünümü.....	157
Şekil 7-60:	II. sismik kesit alımı sırasında gerçekleştirilen bir patlatmanın görünümü.....	157
Şekil 7-61:	II. sismik yansıma kesitin ve topografyanın görünümü.....	158
Şekil 7-62:	II. sismik yansıma kesiti üzerinde yer alan çizgisel yapıların görünümü.....	158
Şekil 7-63:	Kalın İrmağı yatağının batıya doğru taşınma yönünün görünümü.....	159
Şekil 7-64:	Kızılırmak vadisi içerisinde gelişmiş terasların görünümü (Sıcak Çermik 10 km GD' su)	159
Şekil 7-65:	XV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun harita görünümü.....	160
Şekil 7-66:	XV numaralı sırt tipi travertenin çatlak ekseninin doğrultularına ait gül diyagramı.....	160

Şekil 7-67:	XV numaralı sırt tipi travertenin çatlak dolgusu içerisindeki traverten blok ve parçalarının güney ucuna yakın bölümdeki görünümü.....	161
Şekil 7-68:	Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi ve güncel traverten oluşum alanlarının haritası.....	162
Şekil 7-69:	Sarıkaya çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun harita görünümü.....	163
Şekil 7-70:	Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi traverten üzerinde açılan ocakta çatlak genişliğinin derinlikle ilişkisini gösterir şematik şekil.....	164
Şekil 7-71:	Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi travertenin çatlak eksenine ait gül diyagramı.....	164
Şekil 7-72:	Sarıkaya traverten sahasında yer alan aktif ve pasif su çıkış merkezlerinin harita görünümü.....	165
Şekil 7-73:	Delikkaya traverten sahasında gözlenen travertenlerin haritası.....	166
Şekil 7-74:	Delikkaya'da bulunan aktif su çıkış merkezlerinin görünümü.....	167
Şekil 7-75:	Delikkaya I numaralı sırt tipi travertenin genel görünümü....	167
Şekil 7-76:	Delikkaya I numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve çatlağa ait gül diyagramı.....	168
Şekil 7-77:	Delikkaya I ve II numaralı çatlak sırtı tipi travertenlerin genel görünümü.....	169
Şekil 7-78:	Delikkaya II numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve çatlağa ait gül diyagramı.....	170
Şekil 7-79:	Delikkaya III numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve çatlağa ait gül diyagramı.....	171
Şekil 7-80:	Delikkaya III numaralı sırt tipi travertende yer alan yarmada ana çatlak, parazitik çatlakların ve çatlak eksenindeki kademeli açılmanın görünümü.....	172
Şekil 7-81:	Çizelge 17'deki 5 numaralı ve 10 numaralı fayın görünümü	176

Şekil 7-82:	Çizelge 17'deki 12 numaralı fayın ve fay düzleminin yakın plan görünümü.....	177
Şekil 7-83:	Mermerler içerisinde gelişmiş Çizelge 18'deki 5 numaralı fay düzleminin görünümü	178
Şekil 7-84:	Çizelge 17'de ve 18'de verilen fayların kinematik çözümü...	178
Şekil 7-85:	Paleozoyik yaşlı mermerlerden ve İncesu formasyonundan elde edilen kinematik sonuçlara göre elde edilen 35°'lik rotasyonun Paleomanyetik sonuçlarla karşılaştırılması.....	179
Şekil 7-86:	İncesu Formasyonundan alınan eklem ölçümlerine ait gül diyagramı.....	180
Şekil 7-87:	İncesu Formasyonundan alınan eklem takımlarının ölçümlerine ait kontur diyagramı ve egemen eklem düzlemlerinin görünümü, Sıcak Çermik'te bulunan sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerine ait gül diyagramı.....	181
Şekil 7-88:	İnceleme alanlarını kapsayan Landsat Tm uydu görüntüsü	183
Şekil 7-89:	İnceleme alanlarını kapsayan Aster Level 1B uydu görüntüsü.....	185
Şekil 7-90:	Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü.....	187
Şekil 7-91:	Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların alansal dağılımı.....	188
Şekil 7-92:	Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü.....	189
Şekil 7-93:	Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların alansal dağılımı.....	190

Şekil 7-94:	Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların gül diyagramı.....	191
Şekil 7-95:	Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların gül diyagramı.....	191
Şekil 8-1:	Yaş analizleri için alınan tipik bir karot örneğin görünümü...	194
Şekil 8-2:	U/Th 1 ve 2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	196
Şekil 8-3:	U/Th 3 ve 4 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	196
Şekil 8-4:	U/Th 5 ve 6 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	197
Şekil 8-5:	U/Th 7, 8 ve 9 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	197
Şekil 8-6:	U/Th 11 ve 12 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	198
Şekil 8-7:	U/Th 13 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	198
Şekil 8-8:	U/Th 14 ve 15 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	199
Şekil 8-9:	U/Th 16 ve 17 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	200
Şekil 8-10:	U/Th 19 ve 20 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	200
Şekil 8-11:	U/Th 21 ve 22 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	201
Şekil 8-12:	U/Th 23-24 ve 25-26 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü.....	202
Şekil 8-13:	Şekil 8-12'de gösterilen örneklerin alındıkları taş ocağının şematik görünümü.....	202

Şekil 8-14:	Sıcak Çermik'ten yaş analizi için örnek alınan lokasyonlar ve yaş sonuçlarını gösterir harita.....	205
Şekil 8-15:	Sarıkaya'dan yaş analizi için örnek alınan lokasyonlar ve yaş sonuçlarını gösterir harita.....	206
Şekil 8-16:	Delikkaya'dan yaş analizi için örnek alınan lokasyonlar ve yaş sonuçlarını gösterir harita.....	206
Şekil 8-17:	Sıcak Çermik bölgesinde çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri.....	209
Şekil 8-18:	Sarıkaya bölgesindeki çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri.....	210
Şekil 8-19:	Delikkaya bölgesindeki çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri.....	210
Şekil 9-1:	56.000 yıllık periyotlarla tekrarlanmaya bağlı olarak yeni sırtların gelişim ilişkisini gösterir grafik.....	213
Şekil 9-2:	Sırt tipi travertenlerin açılma yada kapanma dönemlerine karşılık gelen gruplaşmaların iklimsel değişimleri gösteren grafik üzerindeki görünüşleri.....	214
Şekil 9-3:	56.000 yıllık deprem tekrarlanmalarının zaman-büyüklik ve hareket miktarı arasındaki ilişkinin grafik üzerinde görünümü.....	215
Şekil 9-4	Sivas ve yakın çevresinin sayısal arazi modeli ile Şekil 2-3'te verilen jeolojik haritasının birleşmesiyle elde edilmiş görüntüsü.....	217
Şekil 9-5	Sivas Tersiyer Havzası ve çevresinin sayısal arazi modeli, tektonik yapıları ve aletsel dönem deprem kayıtlarının alansal dağılımı.....	218
Şekil 9-6	Price (1966)'ya göre (a) ve Sıcak Çermik'te gözlenen çatlakların sınıflandırılma'sındaki (b) benzerlik ilişkisi	219

- Şekil 9-7:** Sivas Tersiyer Havzası içerisinde ana tektonik yapılarla, traverten alanlarındaki sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden ve İncesu Formasyonu'ndaki eklem sistemlerinden elde edilen gül diyagramları ve İncesu Formasyonu'ndan elde edilen fay kinematik analiz sonuçlarına göre belirlenen bölgesel sıkışma ve açılma yönlerinin topluca görünümü..... 220
- Şekil 9-8:** Sıcak Çermikte maksimum sayıda çatlak eksenini kesen doğrultunun görünümü..... 220
- Şekil 9-9:** Sivas il sınırları içerisindeki sıcak su çıkış yerleri ve traverten alanlarının oluşturduğu kuşak..... 221
- Şekil 9-10:** Bir sıkışma alanı içerisinde gelişebilecek açılma ve sıkışma yapılarının görünümü..... 222
- Şekil 9-11:** Bir makaslama kuşağındaki açılma ve sıkışma bileşenlerinin görünümü, Sıcak Çermik traverten alanındaki çatlakların bir makaslama kuşağı geometrisi içerisindeki genel konumu, sol yanal makaslama kuşağı içerisinde açılma çatlaklarının (kademeli (en-echelon) çatlakların S şekilli rotasyonlarının görünümü..... 224
- Şekil 9-12:** Aster uydu görüntüsü üzerinde Kalın Irmağı ve Yıldız Irmağı üzerindeki dirseklerin, ve makaslama kuşağı içerisindeki "S" yapılarının görünümü..... 225

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 1: Sivas ve yakın çevresinde oluşan ve Sivas'ın da etkilendiği büyük tarihsel depremler.....	31
Çizelge 2: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 2-2-9 arasında olan depremlere ait veriler	31
Çizelge 3: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06-2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 3-3-9 arasında olan depremlere ait veriler	32
Çizelge 4: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06-2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 4-4-9 arasında olan depremlere ait veriler	34
Çizelge 5: Sivas ve yakın çevresinde 1900 – 18.06-2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 5-5-9 arasında olan depremlere ait veriler	35
Çizelge 6: MTA-I kuyusu, MTA-II kuyusu,Delikkaya, Çermik villaları kuyusu ve MTA-4 kuyusundan alınan su örneklerinin analiz sonuçları.....	55
Çizelge 7: Yıldız Irmağı, Karlıpınar çeşmesi, İnpınarı çeşmesi ve Sarıkaya dan alınan su örneklerinin analiz sonuçları.....	57
Çizelge 8: İnceleme alanındaki suların doygunluk indeksi hesaplama sonuçları.....	59
Çizelge 9: Sıcak çermik travertenlerinin kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü.....	65
Çizelge 10: Sarıkaya bölgesi travertenlerinin kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü.....	76
Çizelge 11: Delikkaya travertenlerinin kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü.....	81
Çizelge 12: Sismik çalışmalarda kullanılan jelatinit dinamitin teknik özellikleri.....	122
Çizelge 13: Sismik çalışmalarda kullanılan elektrikli kapsüllerin teknik özellikleri.....	122

Çizelge 14: Sismik çalışma ile ilgili bilgileri içeren gözlemci logu.....	123
Çizelge 15: VII numaralı sırttan alınan karot örneklerin Paleomanyetik analizler sonucu bulunan Deklinasyon ve İnklinasyon değerleri.....	132
Çizelge 16: II- Sismik çalışma ile ilgili bilgileri içeren gözlemci logu...	156
Çizelge 17: Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonunda ölçülen fay düzlemleri.....	174
Çizelge 18: Paleozoyik yaşlı mermerlerde ölçülen fay düzlemleri.....	175
Çizelge 19: Yaş analizi için alınan traverten örneklerinin konumları..	195
Çizelge 20: U/Th yöntemi için alınan örneklerin yaş sonuçları.....	204
Çizelge 21: Yaş sonuçları ve çatlak genişliklerinden elde edilen açılma hızları.....	208



EKLER

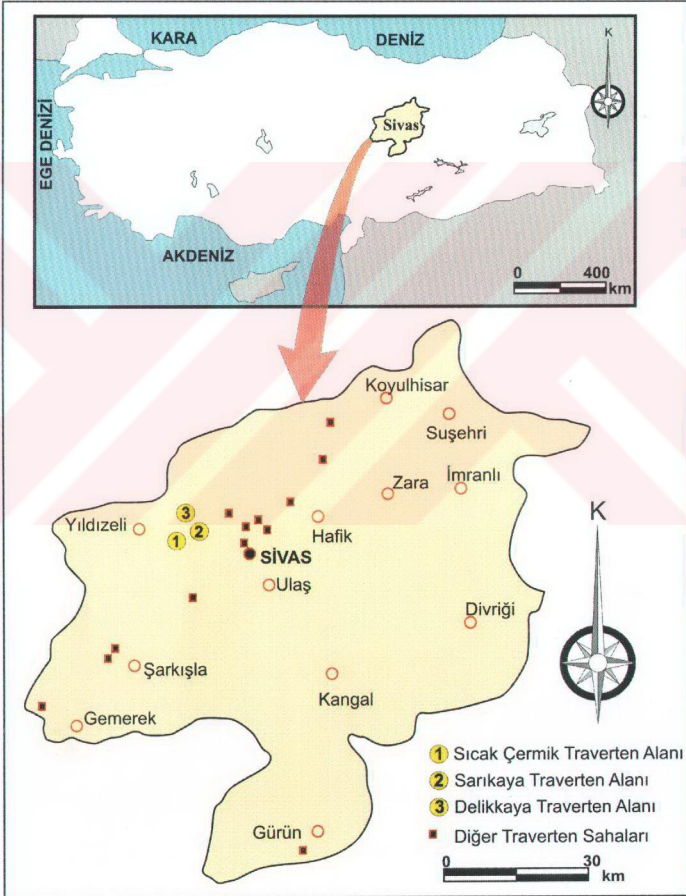
- Ek 1:** Sıcak Çermik, Sarıkaya, Delikkaya traverten alanlarının jeolojik harita ve blok diyagramları
- Ek 2:** Bu çalışmanın PDF formatlı ve jeolojik haritanın JPG formatlı dosyalarını içeren optik disk (CD)



1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı

Sivas ili ve çevresi günümüzde ve jeolojik geçmişte hidrotermal etkinliğin yoğun olarak gerçekleştiği bir bölgedir. Sivas il sınırları içerisinde 16 değişik alanda sıcak su çıkışı ve güncel traverten oluşumu vardır (Şekil 1-1).



Şekil 1-1: Sivas il sınırları içindeki sıcak su çıkış merkezleri ve traverten oluşum alanlarının dağılımı

Sivas ilinin yaklaşık 31 km batısında yer alan Sıcak Çermik başta olmak üzere, Sıcak Çermik'in hemen kuzeydoğusundaki Bakırcıoğlu köyü ve Sarıkaya yöresinde yüzeyleyen traverten oluşumları, tektonik amaçlı çalışmalarda yararlanılabilecek türde jeolojik yapıların geliştiği önemli traverten oluşum alanlarıdır. Bu lokasyonlarda yer alan travertenlerin içerisinde gelişen jeolojik yapılar, paleomanyetik özellikleri ve oluşum yaşlarının saptanmasıyla, bu alanı kapsayan *Landsat Tm* ve *Aster Level 1B* uydu görüntülerinin uzaktan algılama işlemleriyle birlikte değerlendirilerek, inceleme alanı ve yakın yöresinin aktif tektonik özelliklerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Bu bölgelerde yüzeyleyen traverten yüzleklerinde yapılan öncel çalışmaların daha çok travertenlerin jeokimyasal ve ekonomik özelliklerinin (yapı malzemesi ve dekorasyon) ortaya çıkarılması amacıyla (Ayaz, 1998; Ayaz ve Gökçe, 1998; Ayaz ve Karacan, 2000; Tekin ve diğerleri, 2000; Tekin ve Ayyıldız 2001) gerçekleştirildiği göze çarpmaktadır. Ayrıca bu bölgelerdeki sıcak su kaynakları ve çevresinde jeotermal enerji (Ergin, 1992; Erişen ve diğerleri, 1996), jeofizik (Aydoğan, 1991) ve hidrojeolojik, tedavi amaçlı çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Kılıç,1993; Kaçaroğlu ve diğerleri, 1994).

Travertenlerin oluşumları anında sıcak suların bünyelerinde bulunan manyetik mineral ve/veya bunların parçacıkları, o anda yerkürenin manyetik özelliklerini kaydeden bir kayıt cihazı özelliği taşıması nedeni ile travertenlerin oluştuğu andaki yerkürenin paleomanyetik özelliklerinin saptanmasında önemli rol taşımaktadır (Gürsoy ve diğerleri, 2004). Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Zonları arasında batı-güneybatı'ya doğru saatin tersi yönünde rotasyona uğrayan Anadolu bloğunun (Gürsoy ve diğerleri, 1997) içerisinde, Sivas ili ve çevresinde Geç Kuvaterner teras çökellerinde faylanmaların varlığı saptanmıştır (Gürsoy ve diğerleri, 1992). Anadolu bloğu içerisindeki bu faylanmalardan elde edilen bilgilerin yanı sıra, neotektonik dönemde (özellikle Kuvaterner ve sonrasında) bölgeyi etkileyen aktif tektonik deformasyonun özelliklerinin ortaya çıkarılmasında güncel traverten oluşumlarından çok önemli veriler elde edilebilmektedir.

Traverten oluşumunun sıradan bir jeolojik oluşum olmaması nedeni ile bunların morfolojik yapıları da, oluştuğu bölgenin bazı jeolojik özelliklerini yansıtmaktadır. Travertenlerde yapılan çeşitli sınıflandırmalardan birisi de bunların morfolojik özelliklerine göre yapılan sınıflandırmadır (Altunel, 1996).

Özellikle Çatlak Sırt tipi, Fay Önü, Kanal tipi ve Koni biçiminde gelişen travertenler tektonik açıdan büyük önem taşımaktadır. Çalışılan alanlarda çok belirgin bir morfoloji sunan çatlak sırt tipi traverten oluşumlarının yaygın olarak gelişmiş olduğu gözlenmekte ve bu tip travertenler bölgenin tektonik, özellikle aktif tektonik özelliklerinin belirlenmesi açısından en önemli veri olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında doktora tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışma ile Sıcak Çermik (Sivas) ve dolayında, yer alan travertenler önceki çalışmalardan farklı olarak, ilk kez aktif tektonik gelişim açısından değerlendirilmektedir. Bu çalışma ile bölgenin jeolojik özellikleri, travertenlerin oluşum yaşı, deprenselliği ile ilgili verileri toplayarak, Sivas Havzasının tektonik, aktif tektonik özelliklerine katkı koymayı amaçlamaktadır.

1.2. Çalışma Yöntemleri

Bu çalışma aşağıda verilen 4 aşamada gerçekleştirilmiştir.

1- Literatür tarama ve büro çalışmaları: Traverten çökellerinin tektonik açıdan değerlendirilmesi, yapısal jeoloji-tektonik bilim dalının yeni ve gelişmekte olan bir konusu olduğu için, geniş bir literatür taramasını gerektirmiştir. Traverten fasiyesleri, travertenlerin jeokimyasal özellikleri, 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 hava fotoğraflarına ve ayrıntılı topografik haritalarına gereksinim duyulmuştur. Bu nedenle çalışma alanlarını kapsayan 1/5.000 ölçekli kadastro amaçlı topoğrafik haritalar ve 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılmıştır.

Bölgenin büyük ölçekli yapısal elemanlarını ortaya çıkarmak ve uzaktan algılama işlemlerini gerçekleştirmek için İ37-a₃, İ37-b₄, İ37-d₂ ve İ37-c₁ paftalarını kapsayan Landsat TM ve Aster uydu görüntülerinin sağlanması bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

2- Saha Çalışmaları: Çalışmanın bu aşamasında 1/5.000 ölçekli jeolojik haritalama gerçekleştirilmiştir. Çatlak ve kırık eksenlerinin konumları, sistematik olarak GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) ile saptanmış ve böylece çok

yüksek duyarlılıkta bir çatlak/kırık haritalaması yapılmıştır. Mineralojik/petrografik, radyometrik yaş ve paleomanyetik analizler için sistematik karot örnek alımları da bu aşamada gerçekleştirilmiştir.

Sıcak Çermik'teki dört kuyudan, Delikkaya ve Sarıkaya'daki birer kaynaktan su kimyası için örnek alınmıştır.

Ayrıca bu aşamada çalışılan bölgelerden çatlak eksenlerini dik kesecek şekilde, travertenler ile altında bulunan kayaçlar arasındaki ilişkileri, çatlakların üçüncü boyuttaki devamlarını ve diğer tektonik ilişkileri ortaya koymak amacıyla iki adet sismik yansıma profilinin alımları gerçekleştirilmiştir.

3- Büro-Laboratuvar Çalışmaları: Saha çalışmaları sırasında elde edilen verilerin değerlendirilmesine çalışmanın bu aşamasında başlanmıştır. Öncelikle GPS ile alınan çatlaklara ilişkin enlem ve boylam değerleri, bilgisayar ortamında ikili grafiksel diyagramlara dönüştürülerek 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.

Alınan karot ve su örneklerinin jeokimyasal ve kimyasal analizleri de çalışmanın bu aşamasında gerçekleştirilmiştir.

Paleomanyetik analizler Liverpool Üniversitesi Jeomanyetizma laboratuvarında yapılmıştır.

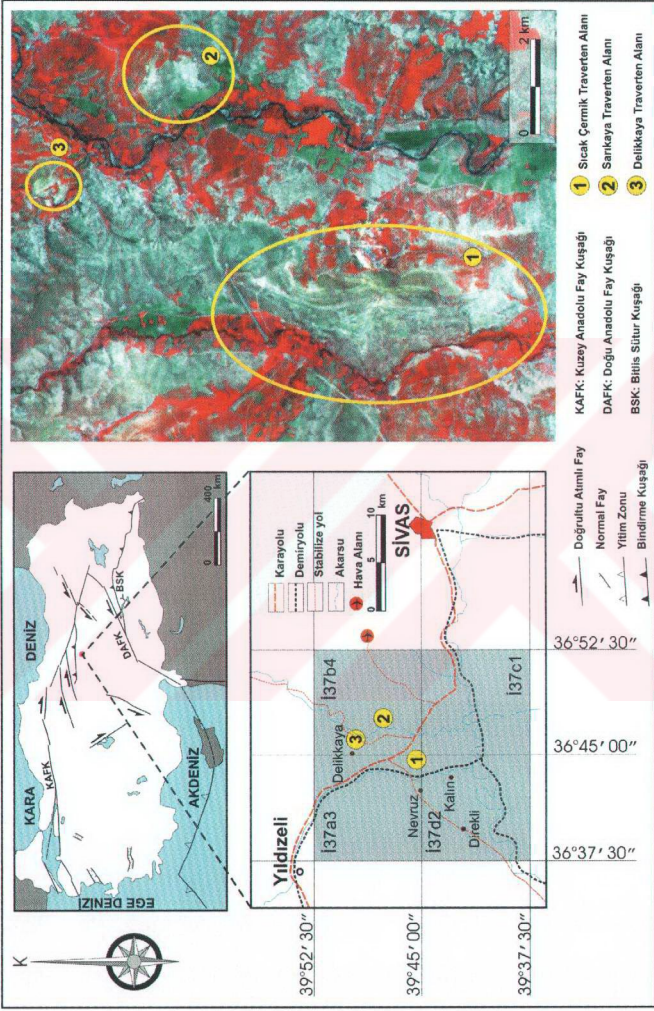
Radyometrik yaş tayinleri ise Illinois Üniversitesi (Chicago – ABD) Yer ve Çevre Bilimleri Bölümünde laboratuvarında yapılmıştır.

4- Verilerin Değerlendirilmesi ve Tez Yazımı: Yukarıda değinilen aşamaların tamamlanmasının ardından verilerin değerlendirilerek tez yazımı Mart-Temmuz 2004 döneminde gerçekleştirilmiştir.

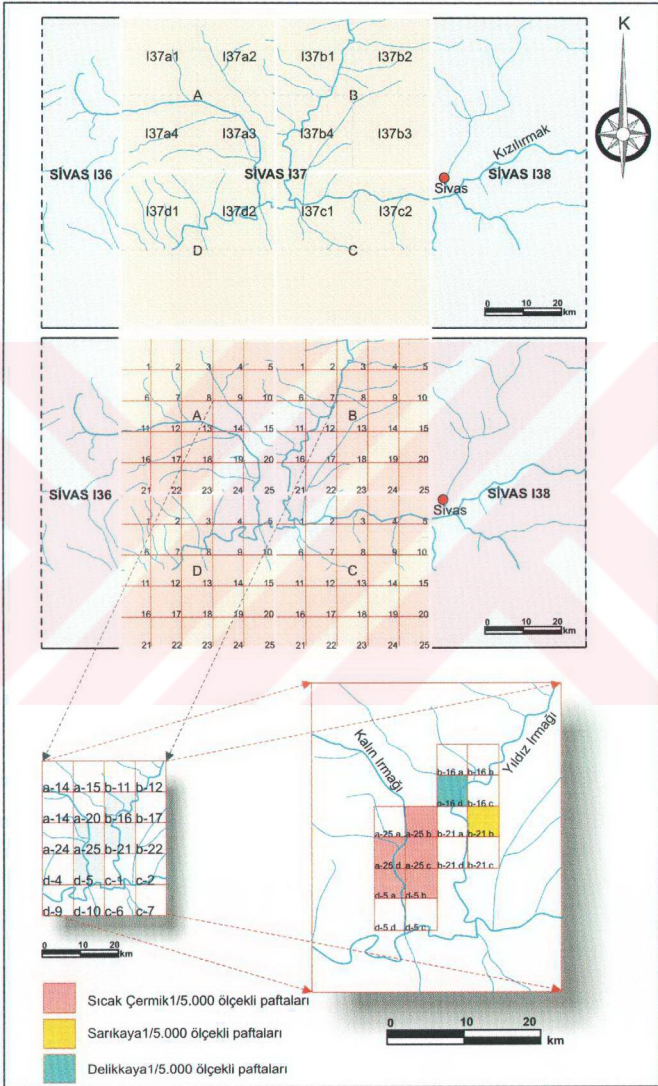
1.3. İnceleme Alanının Konumu

İncelenen traverten alanları Sivas'ın yaklaşık 31 km batı-kuzeybatısında bulunan Sıcak Çermik ve Sıcak Çermik'in 7 kilometre kuzeyinde yer alan Delikkaya ve bunun 3 kilometre kuzeydoğusunda yer alan Sarıkaya traverten alanlarıdır.

Bu traverten alanları aynı zamanda 1/100.000 ölçekli Sivas İ37, 1/25.000 ölçekli Sivas İ37-a₃, İ37-b₄ ve İ37-d₂ topoğrafik paftaları, 1/5.000 ölçekli İ37a-25-b, İ37a-25-c, İ37a-25-d, İ37b-16-c, İ37b-16-d, İ37b-21-b, İ37d-05-a ve İ37d-05-b kadastro amaçlı topoğrafik paftaları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1-2 ve 1-3).



Şekil 1-2: İnceleme alanının yerbulduru haritası ve Aster Level 1B uydu görüntüsü üzerindeki konumları



Şekil 1-3: İnceleme alanını kapsayan 1/100.000, 1/25.000 ve 1/5.000 ölçekli topoğrafik pafta indeksi

1.4. Çalışma Alanının Yeryüzü Biçimi

Sivas Tersiyer Havzası içerisinde yer alan çalışma alanının yeryüzü şekilleri, havzanın jeolojik-jeomorfolojik ve tektonik geçmişine ait etmenlerin kontrolünde oluşmuştur.

İnceleme alanının temelinde ve çevresinde kireçtaşı, çakıltası, kumtaşı ve kıltaşı ardalanmasından oluşan karasal-akarsu ve gölsel fasiyeste çökelmiş Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu (Yılmaz, 1980; Yılmaz ve Özer, 1984; Yılmaz ve diğerleri, 1995) geniş yüzlekler sunar. Üç ayrı üyeden oluşan bu formasyonun alt kısımları genelde kaba ve ince kırıntılılarla temsil edilen Derindere ve Aydoğmuş üyeleri ve bunlar üzerinde yer alan tamamen karbonatlı kayalardan oluşan Porsuk kireçtaşı üyesi bölgesel jeomorfolojinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Derindere üyesi, yüzeysel aşınımı hızlandıran rüzgar, yağmur, dere ve akarsu gibi aşındırıcı etmenlerle kolayca kazılarak bölgenin günümüzdeki jeomorfolojisini oluşturmuştur. Yersel olarak yer yer 10° ye ulaşan eğime sahip olan ancak genelde yatay konumlu Porsuk kireçtaşı üyesine ait gölsel kireçtaşı katmanları üzerinde irili ufaklı platolar gelişmiştir. Gerek platoların içerisinde gerekse aşınmış vadiler içerisinde genelde D-B uzanımlı dereler, daha belirgin olarak gelişmiş K-G gidişli büyük dere ve ırmak yataklarına kavuşur. Bölge genelde sarp olmayan bir topoğrafyaya sahiptir.

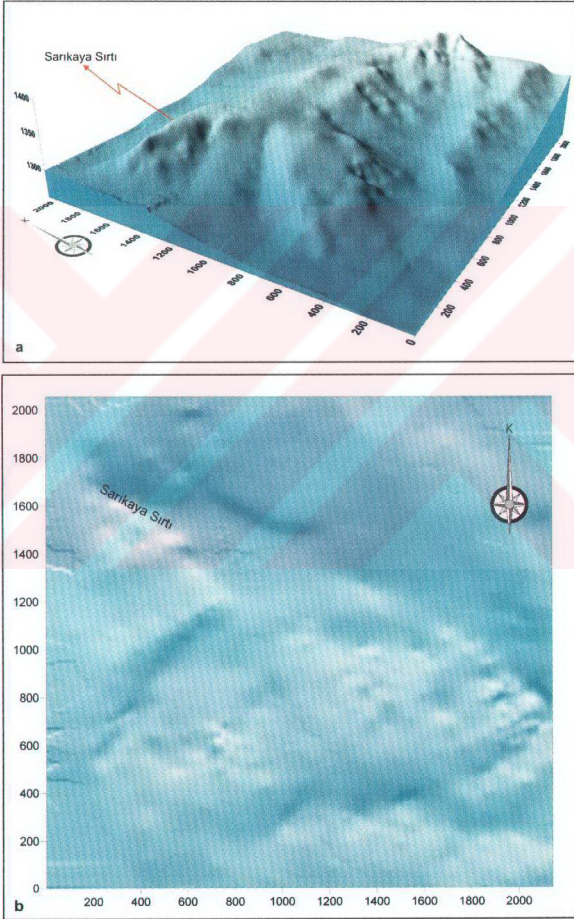
İnceleme alanı güneydoğusunda Kızılırmak vadisinin güney yamaçlarında basamaklı akarsu terasları oluşmuştur. Bu teraslar simetrik olmayıp, Kızılırmak vadisi kuzey yamaçlarında gözlenmemektedir.

İnceleme alanı yakınlarında 4 akarsu yer almaktadır. Bunlar yaklaşık K-G uzanımlı Yıldız Irmağı, Kalın Irmağı, KKD-GGB uzanımlı İncesu Deresi ve D-B uzanımlı Kızılırmaktır. Yıldız ırmağı ve Kalın ırmağı Sıcak Çermik güneyinde Kızılırmak ile birleşmektedir (Şekil 1-3).

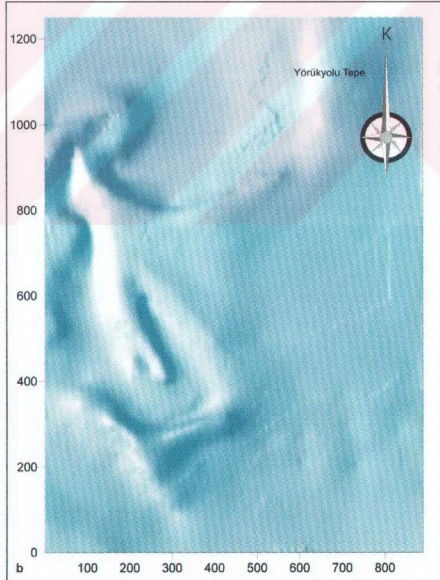
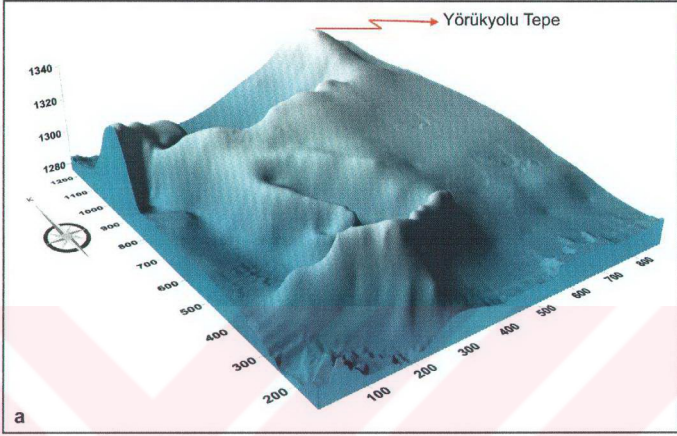
Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya travertenleri, üzerinde geliştikleri paleotopoğrafyanın denetlediği çökme koşulları altında bugünkü morfolojilerini kazanmıştır. Sıcak Çermik'te bulunan Kaşın Tepe (1452 m) incelenen traverten alanları içerisinde en önemli yükseltiyi oluşturmaktadır.

1/5.000 ölçekli topoğrafik haritaların sayısallaştırılmasıyla elde edilen verilerin Sayısal Yükselti Modellemesi (Digital Elevation Modelling, DEM) işlemleriyle elde edilen üç boyutlu blok diyagramlar ve gölgelendirilmiş yükselti haritaları (Shaded Relief Map) bu traverten alanlarının topoğrafik özelliklerini

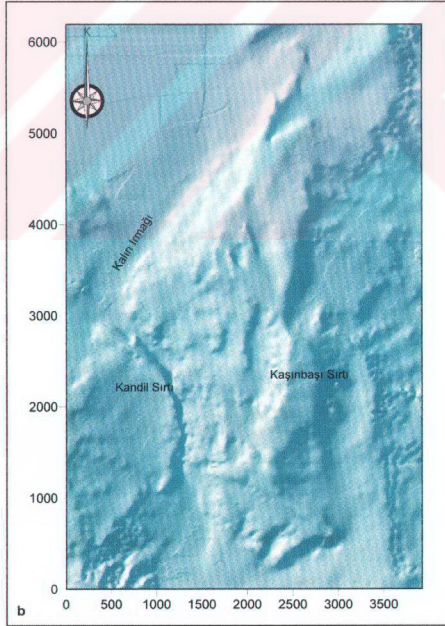
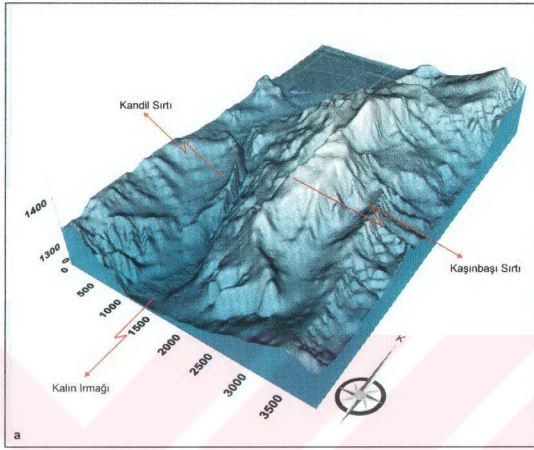
gerçeğine çok yakın bir şekilde yansıtmaktadır (Şekil 1-4, 1-5 ve 1-6). Bu görüntülerde de gözlendiği gibi topografik yükseltilerin uzanımları Sarıkaya bölgesinde KD-GB ve KB-GD, Delikkaya bölgesinde D-B, K-G ve Sıcak Çermik bölgesinde de K-G doğrultusunda gelişmiştir.



Şekil-4: Sarıkaya bölgesinin yeryüzü şekli gösterir blok diyagramı (a) ve gölgelendirilmiş yükselti haritası (b) (sayısal değerler metre olarak verilmiştir)



Şekil 1-5: Delikkaya bölgesinin yeryüzü şeklini gösterir blok diyagramı (a) ve gölgelendirilmiş yükselti haritası (b) (sayısal değerler metre olarak verilmiştir)



Şekil 1-6: Sıcak Çermik bölgesinin yeryüzü şeklini gösterir blok diyagramı ve gölgelendirilmiş yükselti haritası (sayısal değerler metre olarak verilmiştir)

1.5. Öncel Çalışmalar

Bu araştırma öncesinde yapılan ön araştırma döneminde Sivas Havzasında yapılan çalışmalar iki ana başlık altında toplanmıştır. Bunlardan ilki, havza geneline yönelik olarak yapılmış olan çalışmalar, diğeri ise bu tez konusunda üzerinde detaylı olarak çalışılan hidrotermal etkinlik ve traverten oluşum alanları ile ilgili çalışmalardır.

1.5.1. Sivas Havzası Geneli İle İlgili Yapılmış Öncel Çalışmalar

İnceleme alanını kapsayan 1/500.000 ölçekli Sivas paftası Baykal ve Erentöz (1966) tarafından derlenmiş ve yayınlanmıştır. Son yıllarda elde edilen yeni veriler ışığında Bingöl (1989) 1/2.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasını, Yılmaz ve diğeri (1997) tarafından ise inceleme alanını da kapsayan 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını hazırlamıştır.

Özcan ve diğeri (1980), Kuzey Anadolu Fay Kuşağı ile Kırşehir Masifi arasında kalan oldukça geniş bir alanda bölgenin temel jeolojik özelliklerini saptamak amacıyla çalışmıştır. Araştırmacılar çalışma sahasının güneyinde, kuzeyden daha farklı kaya gruplarının yer aldığını, bölgenin en yaygın kaya birimini yüksek dereceli metamorfizma koşullarını yansıtan metamorfitletiren oluşturduğunu ve bölgede metamorfitletiren üzerine olistostromal nitelik taşıyan ve volkanizmanında yoğun olduğu Eosen yaşlı istiflerin yer aldığını belirterek, bu istifi Yıldızeli Grubu olarak adlandırmış ve bu bölgede, Pliyosen yaşlı plato bazaltlarının yaygın olarak yüzelediğini belirtmiştir.

Yılmaz (1981), Yıldızeli-Karaçayır arasında kalan alanda yaptığı incelemeler sonucunda; kuzeyde metamorfik karışık görünümünde olan kayalar ve bu kayaların arasında ofiyolitli karışık, bu karışığın üzerinde uyumsuzlukla duran Eosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı araldanması ve bütün bu birimlerin üzerine açılı uyumsuzlukla gelen Neojen yaşlı karasal çökellerin yer aldığını belirtmektedir. Araştırmacıya göre kuzeyde ofiyolitli karışık üzerine, gereçleri ofiyolitli karışıkta türemiş olistostromal düzeyler kapsayan Üst Senoniyen pelajik kireçtaşı uyumsuzlukla oturmaktadır. Yazar, bu verilere göre ofiyolitli karışığın Senomaniyen-Erken Senoniyen yaş aralığında yerleşmiş olduğunu öne sürmektedir.

Tatar (1983), Subaşı Köyü (Yıldızeli) yöresinde yaptığı çalışmalar sonucunda; inceleme alanında Paleozoyik yaşlı Akdağ metamorfitletiren, Erken

Kretase öncesi yaşta olduğu kabul edilen ofiyolitik seri, Üst Kretase flişi, Paleojen flişi, bazaltik andezitik bileşimli Tersiyer volkanitleri ve karasal Neojen (?Pliyosen) çökellerinin yüzelediğini açıklamaktadır. Araştırmacı, Akdağ metamorfiterinin Paleojen flişi içerisine çekim kaymaları ile yerleşmiş büyük olistolitler olduğunu, bölgede kuzeye eğimli büyük bindirme faylarının bulunduğunu ve bu fayların ofiyolitik seri ile Paleojen flişini ayırdığını belirtmektedir. Yazar, ayrıca ilksel dizilimini korumuş olan ofiyolitik serinin melanaj olarak nitelendirilmemesi gerektiğini öne sürmüştür. Bölgedeki bindirme tektoniğinin en az Geç Kretase'den Neojen (?Pliyosen) sonlarına kadar etkili olduğunu belirten Tatar (1983), yaklaşık KKB - GGD doğrultulu gerilmelerin Arabistan plakasının yaklaşık KKB yönlü yatay bağılı hareketinden kaynaklandığını kabul etmektedir. Okyanus kabuğu özellikleri taşıyan ofiyolitik serinin bir üste itilme (obduction) mekanizması ile Geç Kretase öncesinden başlayıp olasılıkla en geç Eosen sonuna doğru yerleştiğini benimsemektedir.

Yılmaz (1984), Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) arasındaki bölgede Eosen öncesi yaşlı üç tektonik birimin yer aldığını saptamıştır. Bunları kuzeyde Tokat metamorfiteri, güneyde Akdağmadeni metamorfiteri ve ikisi arasında yer alan ofiyolitik karışık ile karışığın örtü kayaları olarak gruplandırmakta ve Eosen yaşlı kayaçların, daha yaşlı kayaçlar üzerine bölgesel açılı uyumsuzlukla geldiğini vurgulamaktadır.

Yılmaz ve Özer (1984), Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) arasında kalan bölgede yaptıkları çalışma sonucunda inceleme alanının temelinin, metamorfiter ve Geç Kretase - Paleosen yaşlı ofiyolitik karışık ile karışığın örtü kayalarından oluştuğunu öne sürmektedir. Eosen yaşlı kayaçların açılı uyumsuzlukla temel kayaların üzerine geldiğini, tüm bu birimleri Neojen - Kuvaterner yaşlı bazalt akıntıları ve karasal (olasılı akarsu) oluşukların açılı uyumsuzlukla örttüğünü belirtmektedir. Araştırmacılar, karasal oluşukların kuzey dokanaklarının yer yer bindirmelerden etkilenmiş olmasına dayanarak Kuzey Anadolu bindirme kuşağının sınırlı da olsa Neojen sırasında tekrar hareket ettiğini öne sürmektedir.

Yılmaz ve Sungurlu (1991), Türkiye'deki sedimanter havzalar üzerine yaptıkları çalışmaya göre, Sivas havzasını, Neotetis'e ait ofiyolitik kayaçların temel olduğu bir iç havza olarak nitelendirmektedir.

Gürsoy ve diğerleri (1992), Sivas yöresindeki Geç Tersiyer-Kuvaterner yaşlı çökellerde gözlenen normal faylanmalara ait verilerin kinematik analizleri sonucunda KKB - GGD yönlü bir tansiyonel gerilmenin varlığını saptamıştır. Bu bulguların, bu güne kadar bilinen İç Anadolu Bölgesindeki kompresyonel rejimle uyuşmadığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır

Alparslan (1993), Yıldızeli (Sivas) yöresinde yaptığı çalışmada, yedi birim tanımlamıştır. Bunlar yaşlıdan gence doğru, Yıldızeli Metasedimanter Grubu, Yücebaca Granitoyidi, Davulalan Siyenitoyidi, Sorhunlu Ultramafiti ve örtü birimlerini oluşturan Paleosen-Eosen yaşlı Kavak formasyonu, Miyosen- Pliyosen yaşlı Belcik formasyonu ve Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sııklı formasyonudur. Araştırmacı bölgedeki tüm birimlerin büyük ve küçük ölçekli bindirmelerle tipik bir ekaylı yapı oluşturduğunu öne sürmekte, ayrıca metamorfizlerdeki bölgesel foliyasyonların kuzey-güney yönlü sıkışmalara bağlı olarak oluştuğunu ve mikro yapısal unsurların ise güney-güneydoğuya doğru bir makaslama gösterdiğini belirtmektedir. Araştırmacı bu yapısal veriler altında yöredeki tektonik hareket düzlemlerinin yaklaşık kuzey-güney doğrultulu olduğunu ve bindirmenin güneye doğru geliştiğini belirtmektedir.

Gökten (1993), Yıldızeli (Sivas) güneyinde Akdağ Masifine ait metamorfik kayalarla Eosen ve daha genç örtü kayalarının yüzelediğini belirtmektedir. Metamorfik kayaların bölgesel metamorfizma ve intrüzyonun yol açtığı kontakt metamorfizma süreçlerinin Geç Kretase sonunda tamamlandığını, Akdağ metamorfik serisinin Lütesiyen yaşlı birimlerle transgresif olarak örtüldüğünü, Lütesiyen ve sonrasındaki sıkışma rejimi etkisi ile bölgede bir örtü tektoniği biçiminin gözlemlendiğini belirtmektedir

Çubuk (1994), İmranlı güneyi ile Hafik (Sivas) güneyinde yüzeyleyen Miyosen yaşlı birimler üzerinde yaptığı çalışma ile; Erken Eosen'de şekillenmeye başlayan Sivas Tersiyer Havzasının, Geç Eosende K-G yönlü sıkışma rejimi altında kaldığını, Şattiyen-Akitaniyen yaşlı jipslerin, havzadaki genç tektonik yapıların şekillenmesine yol açacak şekilde Erken Miyosen'de ilk tuz yükselimini gerçekleştirdiğini belirtmektedir. Yazar, Geç Pliyosen'e kadar Havzada yoğun bir tuz tektoniğinin gerçekleştiğini ve Erken Miyosen'den itibaren havzada K-G yönlü örtü kaya genleşmesinin etkin olmasıyla bu yoğun tuz tektoniğinin gerçekleşmiş olabileceğini öne sürmektedir.

Yılmaz (1994), Sivas Havzası'nın Jura-Kretase yaşlı platform türü karbonatlar, kıtasal metamorfitletler, ofiyolitli karışık ve ikincil konumuna erişmiş ofiyolitlerden oluşan bir temel üzerinde gelişmeye başladığını belirtmektedir. Sivas Havzası'nın, yaklaşık KD - GB uzanımlı ve doğrultu atımın egemen olduğu verev atımlı faylar boyunca birkaç alt havzaya ayrıldığını belirtmektedir. Araştırmacı, her havzanın kendine özgü bir stratigrafik dizilimi olduğunu genelde karasal ve sığ denizel fasiyeslerin birbirini izlediğini vurgulamaktadır. Havzanın kuzeyinde ve güneyinde Eosen sonunda oluşan mega bloklu düzeylerin, bu evrede sığ denizel bir ortamda gelişen ikincil naplara bağlı olarak geliştiğini ve havza dolgusu fasiyeslerinin, yanal ve dikey yönde sıkça değiştiğini, ayrıca yerel ya da bölgesel uyumsuzlukların yaygın olduğunu, volkanizmanın sığ denizel ya da karasal ortamlarda oluştuğunu belirtmekte ve bu özellikler çerçevesinde Sivas Havzası'nın Neotetis'in kuzey kolunun Maastrichtiyen öncesinde kapanmasını izleyen çarpışmadan sonra gelişmiş bir çanağı temsil ettiğini öne sürmektedir.

Yılmaz ve diğerleri (1995), Akdağ Masifi'nin doğu kesiminde yaptıkları çalışmada, Akdağmadeni litodeminin temeli oluşturduğunu, bu kayaların yüksek dereceli amfibolit fasiyesinde metamorfizma geçirmiş olduğunu ve granitik ve gabroyik intrüzifler tarafından kesildiğini belirlemiştir. Araştırmacılar, Eosen yaşlı kayaların ise sırasıyla Paleosen yaşlı volkanitlerin üzerine uyumlu olarak gelen Geç Kretase yaşlı megaolistolitlerden oluşan bir olistostromla temsil edildiğini, ofiyolitli karışığın olistostromun üzerinde kuzeye eğimli bir bindirme ile yer aldığını ve üste doğru Kampaniyen yaşlı pelajik kireçtaşları tarafından uyumlu olarak üstlendiğini, bu birimlerin Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı akarsu ve gölSEL oluşuklar tarafından açılı uyumsuzlukla örtüldüğünü öne sürmektedir.

Guezou ve diğerleri (1996), Sivas Havzası'nın, Torid ve Pontid kuşaklarının arasında yer alan önemli bir kabuksal yapı üzerinde bulunduğunu belirtmektedir. Sivas Havzası'nın temelini Kırşehir kıtasal kabuğu ile ofiyolitik ve pelajik sedimanlardan oluşan bir bindirme örtüsünden oluştuğunu ve bunların Eosen örtüsü ile ekaylı bir yığın oluşturduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar, Sivas Havzası'nın, Kırşehir temelinden, Orta Miyosen yaşlı kumtaşları ve konglomeraları ile Pliyosen yaşlı kireçtaşlarının oluşturduğu yeni yapısal bir birim olan Kızılırmak Havzası ile ayrıldığını ve bölgesel ölçekte Sivas Havzası'nın bir "piggy-back" havza olarak geliştiğini düşünmektedir.

Poisson ve diğçerleri (1996), Sivas Havzası'nın çeşitli Orta Anadolu havzalarından biri olduğunu ve havzanın temelini ofiyolitik napların oluşturduğunu, Paleosen'den Orta Eosen'e kadar bir önülke (foreland) havza gibi geliştiğini, Oligosen ve Erken Miyosen'de havzanın bazı bölümlerinde bir transgresyonun meydana geldiğini belirtmektedir. Arabistan ve Avrasya plakalarının birbirlerine doğru hareketi nedeniyle KKB yönlü bir bölgesel sıkıştırmanın etkin olduğunu ve Sivas Havzası'nın bir okyanusal temel olmaksızın Torid platformu içinde kıta içi havza olarak gelişmiş olabileceği öne sürülmektedir.

Temiz (1996) Sivas Havzası'nın orta ve doğu kesimlerini kapsayan çalışmasında, havzada KKB-GGD doğrultuda bölgesel bir kısalmanın gerçekleştiğini ve bu kısalmanın çok fazlı bindirme sistemleriyle karakteristik olduğunu belirtmektedir.

Gürsoy ve diğçerleri (1997), Sivas Havzası'nda yaptıkları paleomanyetik amaçlı çalışmada, Arap bloğunun Avrasya içine doğru hareketi ile Anadolu bloğunun yanal olarak batıya kaçışının, KB-GD ve/veya K-G yönlü sıkışmanın etkisi ile bölgedeki bindirme ve doğrultu atımlı faylanmalarla geliştiğini belirtmektedir. Bindirmelerle sınırlı blokların ve fayın, saatin tersi yönündeki farklı rotasyonunun havzanın tamamında gözlemlendiği ve bu bölgesel rotasyonun 10°/milyon yıllık bir ortalama ile Kuvaterner dönemi sırasında neotektonik dönemin en son fazında geliştiği ve Geç Miyosen-Pliyosen döneminde esnasında kabuksal kalınlaşma ile başlangıçta birikmiş olan çarpışmayı izleyen sıkışma ile ilgili olduğunu belirtmektedir. Hemen devamında gelişen saatin tersi yönündeki rotasyon, K-G sıkışmanın sonucunda kabuksal kısalmayı sağlayan KD-GB uzanımlı sol yanal ana faylar boyunca Orta Anadolu Bindirme Kuşağının güneyindeki blokların yana doğru kaçışı ile sonuçlandığı vurgulanmaktadır. Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Fay Kuşakları arasında bulunan Sivas Havzası içerisindeki 4 tektonik blok arasındaki farklı rotasyon değerlerinin Prandtl hücresi ile açıklanabileceğini ve dünyada en iyi bilinen aktif doğrultu atımlı faylardan San Andreas ve Garlock fayları arasındaki bölgede paleomanyetik çalışmalardan elde edilen sonuçlarla Türkiye'de Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fay kuşakları arasındaki Anadolu bloğu karşılaştırılmış ve blok rotasyon gelişiminin birbirleriyle uyumluluk sunduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır.

Ercanlı (1997) Yavu (Sivas) yöresinde, temelde Akdağmadeni litodemi kayaçlarının bulunduğunu, bu temel üzerine Erken-Orta Eosen yaşlı Tokuş ve

Orta-Geç Eosen yaşlı Kaletpe Volkanitlerinin yer aldığını belirtmiştir. Tekelidağı karışığının alloktan olarak bulunduğunu belirten araştırmacı, K-G sıkışma altında Tekelidağı karışığının önemli oranda kısalıldığını, sıkışmanın Geç Pliyosen-Kuvaterner döneminde de devam ettiğini belirtmektedir.

Kalkan (1997), Yıldız Irmağı vadisi içerisindeki inceleme alanında yüzeyleyen birimleri, temel birimler Paleozoyik yaşlı metamorfitle, Geç Kretase öncesi yaşlı ofiyolitik karışık ve Tersiyer birimleri; Paleosen yaşlı asidik magmatik kayalar, Eosen yaşlı kaya birimleri ve karasal Geç Miyosen(?)-Pliyosen yaşlı kırıntılı kaya birimleri olarak iki ana gruba ayırmıştır. Araştırmacı bölgedeki ana tektonik yapıların kuzeyden güneye doğru bindirmeler şeklinde geliştiğini ve bu bindirmelerle eş yaşlı doğrultu atımlı fayların geliştiğini belirtmiştir.

Mesci (1997), Sivas Havzası'nın kuzey kenarında Yavru dolayında yaptığı çalışmada bölgedeki kaya birimlerini Tersiyer öncesi temel birimler ve Tersiyer birimleri olarak iki bölümde değerlendirmiştir. Geniş alanlarda yüzeyleyen Neojen yaşlı karasal çökellerin (İncesu Formasyonu) tüm birimleri aşılabilir uyumsuzlukla örtüldüğünü belirterek, Tersiyer öncesi birimlerle Tersiyer birimleri arasında yaklaşık DKD-BGB gidişli, kuzeyden güneye doğru gelişmiş 3 ana bindirme ayırtlamıştır. Neotetisin kuzey kolunun Geç Kretase'de kapanmaya başlamasıyla bölgeye yerleşen ofiyolitik melanjin, Neojen sonrasında da devam eden hareketlerle Neojen yaşlı karasal kırıntılı çökelleri de etkileyerek, bunların sınırlarında büyük açılı ters faylar ve geri bindirmeler oluşturduğunu ve Neojen yaşlı birimlerdeki faylardan elde edilen kinematik verilerin $K10^{\circ}B-G10^{\circ}D$ doğrultulu sıkıştırmayı göstermekte olduğunu ve bu sonucun bölgedeki kıvrım eksenlerinin gidişleri ile Orta Anadolu Bindirme Kuşağını oluşturan sıkıştırma yönü ile uyumluluk sunduğunu saptamıştır.

Kavak (1998), Araştırmacı, Sivas Havzası'nın güney kenarında yüzeyleyen birimlerin jeolojik incelemeleri gerçekleştirilerek bu bölgelerin tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi ortaya konmuş ve sözü edilen yöreleri içine alan ve uzaktan algılama yöntemleriyle elde edilen Landsat MSS ve SPOT XS uydu görüntülerine sayısal görüntü işlemleri uygulanarak jeolojik açıdan analiz etmiştir.

Özden (1998), Sivas havzası kuzey kenarında (Sakardağ civarı), kuzeyde Tokat masifi ile güneyde Kırşehir bloğu arasında uzanan İzmir-Ankara-Erzincan kenet kuşağının tektonostratigrafisini ve tektonik deformasyon biçimini ortaya çıkarmak amacıyla kinematik analizler gerçekleştirmiştir.

Kangal (2000), Sivas Havzası'nın orta kesimlerinde (Sivas-Hafik) çalışmış ve Erken Miyosen yaşlı çökellerin büyük bölümüyle karasal (akarsu-göl) ve sığ denizel karakteri olduğunu, silisiklastik, karbonat ve evaporit gibi oldukça farklı litolojik birimlerle temsil edildiğini belirlemiştir. Alt Miyosen süresince, Sivas Havzası genelinde sığ denizel, fakat oldukça farklı hidrodimamik ve kıyı koşullarının varlığını desteklediğini belirterek, bu durumun birbirini aşan denizel ve karasal istiflerin tekrarı şeklinde izlendiğini öne sürmüştür.

Ünay ve diğerleri (2003), Sivas-Hayranlı köyü dolaylarında İncesu Formasyonu'nun kırıntılı düzeyleri içindeki memeli fosil bulgularına dayanarak birimin yaşını Geç Miyosen olarak belirlemiştir.

1.5.2. Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya Traverten Alanlarında Yapılmış Öncel Çalışmalar

Gülay (1972), jeotermal enerji ve buhar olanakları açısından Sıcak Çermik'te rezistivite çalışmaları yaparak sondaj lokasyonları önermiştir.

Aydoğan ve diğerleri (1990), Sivas-Sıcak Çermik ve civarında yaptıkları jeofizik çalışmalarla Mesozoyik kristalize kireçtaşlarının ana rezervuar kaya görünümünde olduğunu ve Miyosen yaşlı jipsli formasyonlar ile Pliyosen çökellerinin örtü kayaç, Bayat vadisinde ve çalışma alanının kuzeyinde yüzeyleyen andezit ve bazalt lav çıkışlarının olası ısıtıcı kayaç olabileceğini ancak ısıtıcı kaynağın tam olarak saptanamadığını belirtmektedir. Gravite çalışmalarıyla elde edilen verilerden hazırladıkları Bouger II. Türev haritalarının değerlendirilmesiyle temel kaya olarak nitelendirdikleri metamorfik şistlerle kristalize kireçtaşlarının batıdan doğuya doğru devam ettiğini, yer yer ondülasyonlar yaptığını ve buna bağlı olarak Pliyosen çökellerinin kalınlığının değiştiğini saptamıştır. Eşrezistivite çalışmaları ile Pliyosen çökellerinin ve travertenlerin kalınlıklarını, tektonik hatları ve sıcaqsu haznesi olabilecek iki ayrı çukurlaşmayı ve bu çukurlaşmayı sağlayan K-G ve D-B uzanımlı basamak yapılı kırıklı zonları saptanmıştır.

Atiker (1992), Sıcak Çermik ve yakın yöresinin jeomorfolojik özelliklerini inceleyerek Sıcak Çermiğin, aktif tektonik bir kuşak üzerinde bulunduğunu öne sürmektedir.

Kaçaroğlu ve diğerleri (1994), Sıcak Çermik'teki sıcak suların hidrojeolojik, kimyasal özelliklerini inceleyerek gonartrozlu hastalarda terapitik olarak fizik

tedavi yöntemleri ile karşılaştırmalar yapmıştır. Termal suların toplam debisinin 140 lt/sn olduğunu belirten araştırmacılar, suyun sıcaklığının 46-47 °C, pH' ın 6.61-6.72, elektriksel iletkenliğinin 2990-3250 $\mu\text{S/cm}$ arasında olduğunu, sulardaki egemen iyonların Mg, Ca, Na ve HCO_3 olduğunu ve magnezyum-kalsiyum-sodyum bikarbonatlı tipte sular olduğunu öne sürmektedir. Araştırmacılar ayrıca trityum, oksijen 18 ve döteryum izotoplarının analizleri sonucu alandaki sıcak suların meteorik kökenli olduğunu ve yaşının 50 yıl civarında olduğunu belirtmektedir. Araştırmacılar ayrıca tedavi amaçlı olarak ayırdıkları yirmişer kişilik üç grup hastaya farklı hidroterapi seansları uygulayarak hastalıklarda anlamlı düzelmeler saptamıştır.

Gündüz (1997), MTA'nın yaptığı iki sondajdan elde edilen verilere göre suyun "sodyumlu, magnezyumlu, bikarbonatlı, klorürlü su" olduğunu, sondajların taban sıcaklıklarının yüzeydeki su sıcaklıklarıyla aynı (50 C°) olduğunu saptamıştır.

Ayaz (1998) ve *Ayaz ve Karacan (2000)*, Sivas yakınlarındaki Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Uyuz Çermik traverten yataklarında yapmış oldukları çalışma ile, travertenlerin, safa yakın bileşimde kalsitten oluştuğunu, tabaka ve damar tipi yataklanma şekilleri gösterdiklerini, tabaka tipi oluşumlarda kabuksüngerimsi yapı ve genellikle mikritik doku, damar tipi oluşumlarda ise albatr yapı ve sparitik dokunun egemen olduğunu saptamıştır. Çalışma ile söz konusu traverten yataklarının blok verme, renk ve desen, levhalar şeklinde kesilebilme, parlayabilme, Mohs sertliği, suda dağılma dayanımı, Schmidt sertliği, saydamlık, birim hacim kütlesi, özgül kütle, doluluk oranı, kütlece ve hacimce su emme, gözeneklilik, aşınma, tek eksenli basınç dayanımı, don sonu tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı, darbe dayanımı, dona karşı dayanım, don kaybı, açık hava tesirlerine dayanımı, paslanma ve asitlere karşı dayanım gibi endüstriyel özellikleri incelenmiştir. İncelemeler ve değerlendirmeler sonucunda, tüm bu özelliklerin, travertenlerde aranan sınır değerler içinde olduğu ve yöredeki travertenlerin özellikle yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirlik iyi kaliteli travertenler olduklarını öne sürülmektedir.

Tekin ve Ayyıldız (2001), Sıcak Çermik kaplıcası çevresinde, organik (fissur-çatlak sırtı birikimi) ve inorganik süreçlerin denetiminde gelişen kabuksü (süngerimsi) ve/veya albatr yapıları tatlısu karbonat çökellerinin varlığını ortaya koymuştur. Traverten örneklerinin tamamının yarı özşekli prizmatik-tabuler kalsit

kristallerinden oluştuğunu ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) çalışmaları ile pizoyidleri oluşturan kalsit kristallerinin kademeli büyüme özelliği gösterdiklerini, stramatolitik oluşumların ise ani soğuma ürünü olan düzenli çatlaklar ve bakteriyel aktivite işaretçisi olan bazı özel yapılar (yumrular, kürecikler, elipsoitler, çubuklar, filamentler ve bal peteği / üzüm salkımı demetleri v.b.) içerdiğini belirlemiştir. Bunlara ek olarak, ikincil erime boşluklarını ve CO₂ gazı çıkışını yansıtan delikleri de aynı örneklerde gözlemiştir. Değişik tipteki traverten örneklerinde yapılan duraylı izotop çalışmaları sonucunda travertenlerin oluşumunda mikrobiyolojik aktivitenin yoğun olarak etkili olduğunu ve bu oluşumları yapan mikrocanlıların ise *Cocoid* bakterileri, *Pedomicrobium* sp. türü delici-uygulayıcı tomurcuk bakterileri, *Beggiatoa* sp. ve *Thiobacillus* sp. gibi sülfür oksitleyici renkli bakteriler ve mavi-yeşil algler (Cyanobacteria) olduğunu, duraylı izotop çalışmaları sonuçlarının sıcak su kaynağının meteorik kökenli olduğunu ve tortul çökmesinin birkaç on yıl içerisinde geliştiğini öne sürmektedir.

1.5.3. Travertenler Üzerine Yapılmış Öncel Çalışmalar

Travertenler ile ilgili önceki çalışmalara bakıldığında 1800'lü yılların sonlarından başlayarak günümüze kadar, travertenlerin oluşumuna neden olan suların kimyası, travertenlerin mineralojik ve petrografik özellikleri, jeokimyasal özellikleri, çökel ortamları gibi (Hayden, 1872; Russell, 1882; Weed, 1887; Jones, 1925; Barnes, 1965; Gonfiantini ve diğerleri, 1968; Friedman, 1970; 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 başlamıştır (Scholl, 1960; Barnes, 1978; Barnes ve diğerleri, 1978; Martelli, 1989).

Ülkemizde de travertenlerin aktif tektonik amaçlı kullanımına ilişkin önemli çalışmalar yapılmıştır (Altunel ve Hancock, 1993 a ve b; Altunel ve Hancock, 1996; Altunel, 1994 ve 1996; Çakır, 1998; Hancock ve diğerleri, 1999).

2. BÖLGESEL JEOLJİ, TEKTONİK VE SİSMİK ÖZELLİKLER

2.1. Çalışma Alanının Bölgesel Jeolojik Konumu

Türkiye, jeolojik geçmişte olduğu gibi, bugün de önemli orojenik olayların geliştiği aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer almaktadır. Bölgesel ölçekte Türkiye ve yakın dolayının bugünkü jeolojik gelişimini etkileyen Neotetis okyanusunun açılıp kapanması, Tetisid ana orojenik sistemi olarak tanımlanmış ve bu sistem kendi içerisinde Kimmerid ve Alpid evresi olmak üzere iki alt orojenik sisteme ayrılmıştır (Şengör, 1985). Bunlardan Alpid evresinde (243 M.Yıl-Günümüz) Neotetis'in açılıp kapanması sürecinde gelişen jeolojik olaylar ve deformasyonlar hemen hemen tüm Türkiye'yi etkilemiştir. Günümüzde çeşitli araştırmacılar tarafından Paleotetis ve Neotetis okyanuslarının kapanma sürecinin izleri olarak birçok kenet kuşağı tanımlanmıştır.

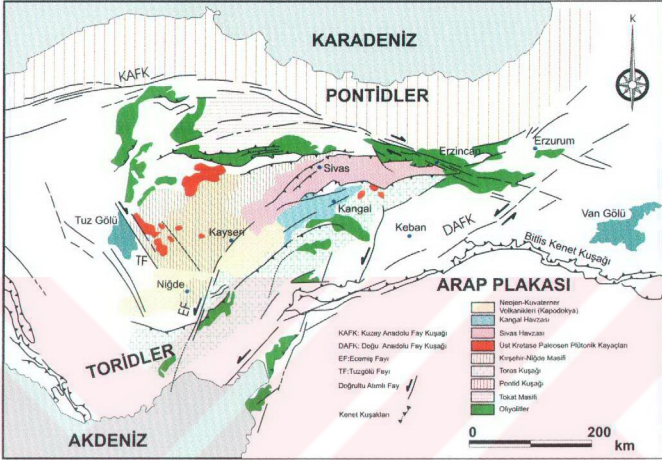
Bu kenet kuşaklarından birisi olan Yozgat ile Erzincan arasındaki D-B uzanımlı yaklaşık 400 km uzunluğundaki kuşak, Orta Anadolu Ofiyolit Kuşağı olarak ilk kez Brinkmann (1976) tarafından adlandırılmıştır. Neotetis okyanusu'nun kuzey kolunun kapanımını ifade eden bu kuşak, Kuzey Anadolu Bindirmesi (Yılmaz ve Özer, 1984), Orta Anadolu Bindirme Kuşağı (Tatar, 1982) olarak da bilinmektedir. Bu kuşağın güneyinde yer alan Sivas Tersiyer Havzası, Ketin (1966) tarafından adlandırılan tektonik birliklerden, Anatolid tektonik birliği üzerinde Torid tektonik birliğine yakın bir konumda yer almaktadır (Şekil 2-1).

Sivas Tersiyer Havzası, Tuz Gölü, Haymana-Polatlı ve Çankırı-Çorum Havzaları gibi önemli Orta Anadolu Tersiyer havzalarından biridir. Havza doğuda D-B, batıda ise KD-GB yönünde uzanan bir geometriye sahip olup, kuzeyde Pontidler, güneyde Toridler, batıda Kırşehir Masifi ile sınırlanmaktadır (Şekil 2-1).

2.2. Sivas Tersiyer Havzasının Genel Stratigrafik Özellikleri

Sivas Tersiyer Havzası kuzeyden İzmir-Ankara-Erzincan Kenet Kuşağı'na ait ofiyolitik karmaşığın kuzeyden güneye doğru havza çökelleri üzerine bindirmesi şeklinde gelişmiş bir tektonik dokanakla sınırlanmaktadır (Şekil 2-1). Bu ofiyolitik melanj napları ile birlikte Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik kayalar, aynı zamanda havzanın temelini de oluşturur. Bu ana ilişki nedeni ile Sivas Tersiyer Havzası'nın Pontidlerin önünde kuzeyden güneye doğru bir önülke (foreland) havza biçiminde Eosen'de şekillenmeye başladığı, bölgede araştırma

yapan bir çok araştırmacı tarafından (Cater ve diğerleri, 1991; Guezou ve diğerleri, 1996; Poisson ve diğerleri, 1996) kabul edilmektedir.

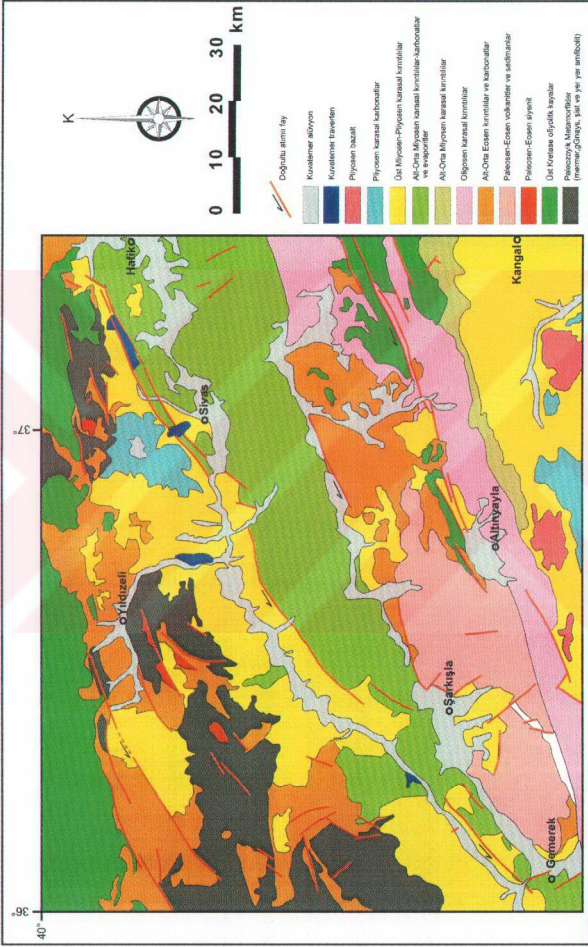


Şekil 2-1: Sivas Havzası ve çevresindeki komşu havzalar ve ana tektonik yapılarla ilişkisi (Poisson ve diğerleri, 1996' dan değiştirilerek alınmıştır)

Baykal ve Erentöz (1966) çalışma alanını da içerisine alan 1/500.000 ölçekli jeoloji haritasının Sivas paftasını derlemiştir. Ancak daha sonraki yıllarda yapılan birçok çalışmadan elde edilen yeni bilgiler ışığında Sivas paftası 2002 yılında MTA tarafından düzenlenerek yeniden basılmıştır (Şekil 2-2).

Son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konulan bu yeni veriler, Sivas Tersiyer Havzası'nda birimlerin gerek yaş, gerekse yanal ve düşey yönde fasiyes ve çökme ortamı bakımından oldukça çeşitlilik sunduğunu açıkça göstermektedir. Havza içerisinde değişik bölgelerde son yıllarda yapılan ayrıntılı tez çalışmaları (Alpaslan, 1993; Atalay, 1993; Temiz, 1994; Çubuk, 1994; Kalkan, 1997; Özden, 1998; Kavak, 1998; Kangal, 2000) ile özellikle Oligo-Miyosen veya Neojen olarak gösterilen birimlerde birçok yeni formasyon ve üye tanımlanmıştır.

Kırşehir Masifi'nin kuzeydoğu-doğuya doğru uzantısı niteliğindeki gneys, şist, amfibolit, kuvarsit ve mermerlerden oluşan Akdağmadeni litodemine ait metamorfik kayaçlar, havza içerisindeki en yaşlı birimler olarak gözlenmektedir.



Şekil 2-2: Sivas Havzası ve yakın yöresinin 1/500.000 ölçekli yalınlaştırılmış jeolojik haritası (Bilgiç, 2002 den alınmıştır)

Sıcak Çermik bölgesinde MTA ve DSI tarafından yapılan sondajlarda Paleozoyik yaşlı bu metamorfitletler içerisindeki mermerlerin bölgedeki sıcak sular için hazne kaya özelliği taşıdığı (Aral ve Söylem, 1991) belirtilmektedir. Akdağmadeni metamorfitletlerinin üzerinde uyumsuz olarak yer alan Eosen yaşlı ve birbiriyle yanal ve düşey geçişli kıyı ve denizel ortamda çökelişmiş kırıntılı-karbonatlı (Tokuş ve Bozbel formasyonları) ve volkanik kayaların (Pazarcık ve Kaletepe volkanitleri) egemen olduğu birimler, Sivas Tersiyer Havzası'nın özellikle kuzey kenarında geniş alanlar kaplamaktadır.

Havzanın doğu, güney ve güneybatı kısımlarında sıkışma türü yoğun içsel deformasyonun egemen olduğu, Oligosen ve Erken-Orta Miyosen yaşlı genelde karasal ortama özgü kalın kırıntılı-evaporitik çökeller ve bunlarla ara katkılı olarak bulunan yaşları 13-16 Milyon yıl arasında değişen bazaltik lav akıntıları (Guezou ve diğerleri, 1996) yüzeyler. Bu havzanın Neojen dolguları üzerine açılal uyumsuzlukla akarsu-göl ortamına özgü iri taneli, kırıntılı çapraz katmanlanmalı Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı çökeller (İncesu Formasyonu: Yılmaz, 1980; Merakom Formasyonu: Poisson ve diğerleri, 1996) Kızılırmak vadisinin her iki kenarı boyunca yüzeylemektedir. Sıcak Çermik Travertenleri'nin tabanında yüzeyleyen İncesu Formasyonu'nun Derindere üyesini oluşturan çakıltaşı, kumtaşı, kiltası gibi çapraz katmanlanmalı kırıntılı birimlerin yaşı, içerisinde saptanan kemirgen (rodent) fosillere göre Geç Miyosen'dir (Ünay ve diğerleri, 2003). Kızılırmak vadisi boyunca Erken-Orta Miyosen yaşlı volkanik ara katkılı kırıntılı çökeller üzerindeki Pliyo-Kuvaterner (?) yaşlı bazaltik lav akıntıları (Hardal Bazaltı, Sümengen ve diğerleri, 1987; Parlak ve diğerleri, 2001), bölgedeki en genç lav akıntılarıdır. Ancak Sivas batısında Kızılırmak vadisi kuzey kenarında ve Yıldızeli doğusunda yüzeyleyen Hardal Bazaltı olarak tanımlanan volkanik kayalar, stratigrafik ilişkiye dayanarak Pliyosen-Pleyistosen olarak yaşlandırılmış (Parlak ve diğerleri, 2001) olmakla birlikte, K/Ar yaş bulguları Hardal Bazaltı'nın tamamının bu yaşta olmadığını göstermektedir. Hardal Bazaltı içerisinde gösterilen Ortaköy (Şarkışla) yöresindeki bazaltlar 12.96 ± 0.10 Milyon yıl (Orta Miyosen), Yıldız Irmağı vadisi içerisinde yüzeyleyen volkanikler ise 46.2 ± 0.17 Milyon yıl (Lütesiyen) olarak yaşlandırılmıştır (Tatar ve diğerleri, 2004). İç Anadolu Bölgesinde Kapadokya Volkanik Bölgesi dışında kalan en genç lav akıntısı niteliğindeki Hardal Bazaltına benzer bazaltik lav akıntıları, benzer stratigrafik ilişki ile Kangal/Kalburçayırı linyit havzasının (Kalburçayırı

Formasyonu: Narin ve Kavuşan, 1994; Kangal Havzası, Guezou ve diğerleri, 1996) Erken Pliyosen yaşlı görsel çökeller üzerinde de gözlenir (Şekil 2-2 ve 2-5).

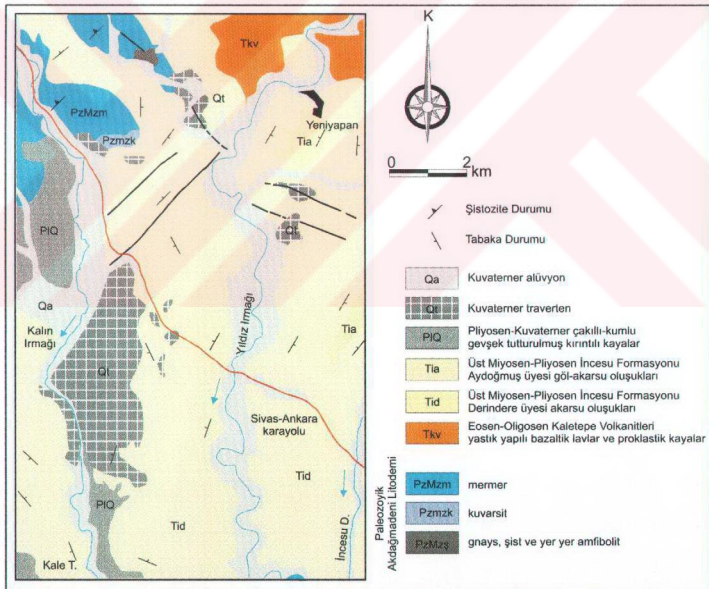
Traverten yüzleklerinin bulunduğu bölge ve yakın çevresinde yaşları Paleozoyik ile Kuvaterner arasında değişen metamorfik, volkanik ve sedimanter kayaçlar yüzlemektedir. Bu çevrede Yılmaz (1984, 1995), Ergin (1992) ve Ayaz (1998) tarafından yapılan çalışmalarda aşağıdaki birimler ayırtlamıştır (Şekil 2-3).

Akdağmadeni Litodemi: Gnays, şist, amfibolit, kuvarsit ve mermerlerden oluşan birim, Özcan ve Diğerleri (1980) tarafından Akdağmadeni grubu olarak adlandırılmış ve daha sonra Türkiye Stratigrafi Komitesi (TSKB, 1987) tarafından Akdağmadeni Litodemi biçiminde resmi adlama olarak benimsenmiştir. Yılmaz ve diğerleri (1995), metamorfizmanın yanal ve dikey yönde yer yer değiştiğini ve genel olarak alt düzeylerin daha yüksek derecede metamorfizma geçirdiğini belirtmekte ve Eosen yaşlı birimlerin altında ve metamorfitleerin üzerinde Geç Kretase-Paleosen yaşlı bir karbonat seviyesinin varlığına dikkat çekerek, bu karbonatlı düzeylerin metamorfizma geçirmemiş olması nedeniyle Akdağmadeni Litodemi oluşturulan metamorfiteeri etkileyen bölgesel metamorfizmanın, dolayısıyla metamorfiteerin Maestrihtiyen-Paleosen öncesi yaşta olduğunu benimsenebileceğini öne sürmüştür. Ancak bölgesel ölçekte Akdağmadeni Litodemi çeşitli araştırmacılar tarafından Paleozoyik olarak kabul edilmektedir.

Tokuş Formasyonu: Akdağmadeni Litodemi üzerine taban çakıltaşıyla uyumsuz olarak gelen çakıltaşı, Nümmülit'li kireçtaşı, kumtaşı, kıltaşı, şeyl ar dalanmasından oluşan birim, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Sariteke formasyonu olarak adlandırılmıştır. Yılmaz (1984) bu birim için Tokuş Formasyonu adlamasını önermiş ve resmi adlama olarak kabul edilmiştir. Yılmaz (1984) Tokuş Formasyonu'na ait çakıltaşlarını Susuzdağ çakıltaşı; Nümmülit'li kireçtaşlarını Asar Kireçtaşı; kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kıltaşı ve şeyl ar dalanmasından oluşan birimi ise Banaz üyesi olmak üzere üç üyeye ayırmıştır. Tokuş Formasyonu'nun özellikle alt kesiminin sığ denizel bir ortamı yansıttığını belirten araştırmacı, birimin yaşının Lütesiyen-Priaboniyen olduğunu belirlemiştir.

Kılıçlı Olistostromu: Eosen yaşlı kayaçların içerisindeki genellikle Geç Kretase yaşlı ve yer yer olistostromal nitelikli volkanotortul kayaçlar, Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Kılıçlı formasyonu olarak adlandırılmıştır. Daha sonra Yılmaz (1984) ve Yılmaz ve Özer (1984) Kılıçlı formasyonunun büyük ölçekli hareketler sonucu oluşan formasyon dışı kökenli elemanları kapsamı nedeniyle

Kılıçlı Olistostromu adıyla yeniden adlandırmış ve bu adlama (TSKB, 1987) resmi olarak kabul edilmiştir. Sivas Tersiyer Havzasının farklı kesimlerinde ve farklı yıllarda yapılan çalışmalarda Kılıçlı Olistostromu'nun yaşı konusunda farklı görüşler vardır. Stratigrafik ve paleontolojik bulgulara göre Sivas Havzasındaki bu türden olistostromal oluşumların yaşının Orta-Geç Paleosen (Gökten, 1978), Orta-Geç Eosen (Yılmaz ve Özer, 1984), Maastrichtiyen-Paleosen (Yılmaz ve diğerleri, 1995) olduğu öne sürülmektedir. Mesci (1997) birimin yaşının Paleosen olabileceğini düşünmekte, birimin litolojik özellikleri ve bunların birbirleriyle ilişkileri nedeniyle, havza kenarından devamlı yerçekimine bağlı kaymalarla blok boyutlu malzemelerin taşındığı, volkanik etkinliğin fazla olduğu, duraysız nitelikteki denizel-litoral bir ortamda çökelmiş olabileceğini öne sürmektedir.



Şekil 2-3: Sıcak Çermik ve yakın dolayının jeoloji haritası (Yılmaz, 1997'den alınmıştır)

Boğazköy Formasyonu: Genellikle volkanik kökenli çakıltası, kumtaşı, kıltaşı, marn ardalanması, bunlar içerisindeki ince volkanik akıntılardan ve merceksi kireçtaşlarından oluşan birim Tatar (1977, 1983) tarafından Paleojen fliş olarak adlandırmıştır. Özcan ve diğerleri (1980) ise benzer litolojileri, Eosen yaşlı Boğazköy Formasyonu olarak adlandırmışlardır. Yılmaz ve Özer (1984) ve Mesci (1997), bu kayaç topluluğunun yer yer kırıntılı getirimin fazla olduğu, sıgı denizel bir ortamda çökeldiğini ve Boğazköy Formasyonunun yaşının Lütesiyen (Orta Eosen) olduğunu saptamıştır.

Kaletepe Volkanitleri: İlk kez Tatar (1977) tarafından Tersiyer volkanitleri olarak tanımlanan birim, daha sonra Özcan ve diğerleri (1980) tarafından Pazarcık Volkanitleri olarak adlandırılmış ve önerilen adlama TSKB (1987) tarafından resmi olarak kabul edilmiştir. Ancak Yılmaz (1995) Tokuş Formasyonu'nun üst düzeylerinde yer alan yastık yapılı andezit ya da bazaltik volkanitleri Pazarcık volkanitinden ayırarak ilk kez Kaletepe volkanitleri olarak adlanmış ve Eosen yaşta olduğunu öne sürmüştür. Nitekim Yıldız Irmağı vadisi içerisindeki volkanik kayaçlardan elde edilen 46.2 ± 0.17 Milyon yıllık (Lütesiyen) (Tatar ve diğerleri, 2004) yaş bulgusunun yanısıra sedimanter kayaçlarla olan stratigrafik ilişki ve paleontolojik bulgular da (Kalkan, 1997) bunu doğrulamaktadır

İncesu Formasyonu: Traverten oluşumlarının hemen altında yer alan ve bölgedeki bütün yaşlı birimler üzerine açılı uyumsuzlukla gelen, yatay ve/veya yataya yakın, kırmızı-grı renkli gevşek çimentolu yer yer çapraz katmanlı iri ve ince taneli kırıntılı birimler, Yılmaz (1980) tarafından İncesu Formasyonu olarak adlandırılmış, ve TSKB (1987) tarafından resmi adlamam olarak kabul edilmiştir.

Yılmaz (1995) İncesu Formasyonu'nu çakıltası ve çakıllı kumtaşından oluşan akarsu oluşumlarını Derindere üyesi, bu üyenin üzerine gelen geçiş fasiyesini Aydoğmuş üyesi ve en üstte yer alan gösel oluşukları ise Porsuk kireçtaşı üyesi olmak üzere üçe ayırmıştır. Ayrıca Yılmaz (1995) başlangıçta akarsu daha sonra gösel ortamda oluşumunu sürdürdüğünü öne sürdüğü İncesu Formasyonu'nun yaşının birimin alt kesimlerinde Geç Miyosen, üst kesimlerinin ise Pliyosen yaşta olduğunu öne sürmektedir (Şekil 2-3).

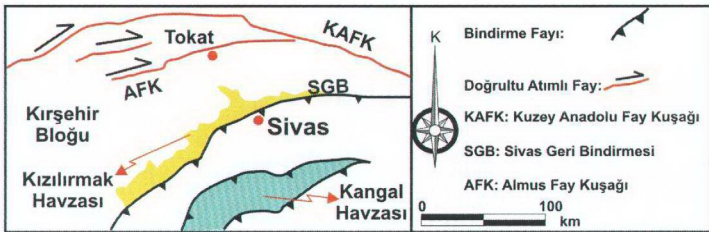
Sıcak Çermiğin yaklaşık 5 km kuzeydoğusunda bulunan Hayranlı köyü dolaylarında İncesu Formasyonu'nun kırıntılı düzeyleri içerisinde bulunan kemirgen (rodent) fosiller Geç Miyosen yaşını vermektedir (Ünay ve diğerleri, 2003). Saha çalışmaları sırasında Kalın köyü içerisinde ve Yıldız Irmağı vadisi yol

yarmalarında İncesu Formasyonu içerisindeki kilitaşlarında omurgalı fosil parçaları bulunmuştur. Yıldız ırmağı vadisinde Sivas-Ankara karayolunun yaklaşık 2 km kuzeyinde doğu yamaç üzerinde 1450 m kotundan alınan örneğin *Hipparion* sp. (Geç Miyosen) cinsine ait olduğu belirlenmiştir (Dr. Engin Ünay ile sözlü görüşme) (Şekil 2-4).

Guezou ve diğerleri (1996) Eosen neritik örtüsünün ve Kırşehir temelinin üzerinde Sivas'tan Kayseri yakınlarına kadar, çizgisel olmayan Kızılırmak nehri boyunca uzanan İncesu Formasyonu'na ait kayaları yeni yapısal bir birim şeklinde Kızılırmak Havzası olarak tanımlamışlardır (Şekil 2-5).



Şekil 2-4: Sıcak Çermik doğusunda Yıldız Irmağı vadisi kıvrıntılıları içerisinde bulunan *Hipparion* sp. ait diş fosili



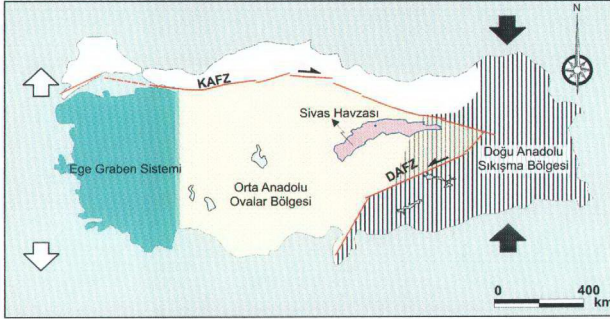
Şekil 2-5: Kızılırmak ve Kangal Havzalarının yalınlaştırılmış konumu (Guezou ve diğerleri, 1996'dan alınmıştır)

2.3. Sivas Tersiyer Havzası'nın Neotektonik Özellikleri

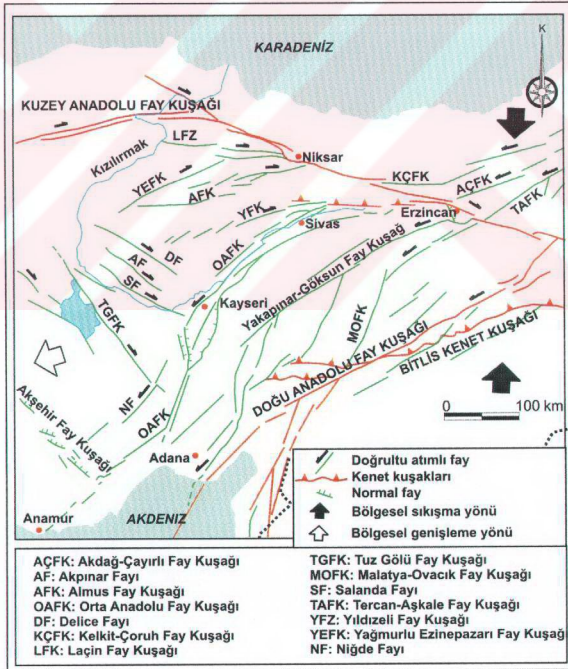
Türkiye'de neotektonik dönem Şengör (1980)'e göre Serravaliyen'de (Orta Miyosen) Bitlis Kenet Kuşağı boyunca Anadolu ve Arap kıtalarının çarpışmasıyla başlamış ve bunun sonucunda Doğu Anadolu Sıkışma Bölgesi, Orta Anadolu Ovalar Bölgesi ve Ege Graben Sistemi olarak adlandırılan ve kendilerine özgü deformasyon biçimi olan neotektonik bölgeler tanımlanmıştır (Şekil 2-6). Ancak daha sonra yapılan çalışmalardan elde edilen bulguların yeniden değerlendirilmesi sonucunda, hem neotektonik bölgelerin sayısı hem de neotektonik dönem ana yapılarının başlangıç yaşı konusunda, başta bu bölgeler arasında olmak üzere, farklılıkların olduğu ortaya çıkmıştır (Bozkurt, 2001).

Şengör (1980) tarafından Orta Anadolu Ovalar Bölgesi olarak adlandırılan İç Anadolu Bölgesinde Koçyiğit (2003 b) tarafından yapılan çalışmada, Anadolu plakacığının orta kesimi, Orta Anadolu Neotektonik Bölgesi olarak adlandırılmıştır. Bu bölge içerisinde, neotektonik dönemin en önemli yapılarından olan Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Kuşakları gibi ana neotektonik yapıların dışında kalan ikincil derecede öneme sahip çok sayıda neotektonik yapının geliştiğini belirten Koçyiğit (2003 b), Orta Anadolu Neotektonik Bölgesini, içerisinde gelişen bu yapıların özelliklerine göre Konya-Eskişehir neotektonik bölgesi ve Kayseri-Sivas neotektonik bölgesi olmak üzere iki alt neotektonik bölgeye ayırmıştır. Bunlardan Konya-Eskişehir neotektonik bölgesinin daha çok çekme türünde bir neotektonik rejim ve bununla ilintili normal faylanmalar; Kayseri-Sivas neotektonik bölgesinde ise sıkışma-genişleme türünde bir neotektonik rejim ve bununla ilintili daha çok doğrultu atımlı faylanmalar olarak açıklamaktadır. Orta Anadolu Neotektonik bölgesini ikiye ayıran ana sınır, Kesikköprü ve Tuzgölü Fay Kuşağı arasında uzanan hat olarak öngörülmektedir.

Kayseri-Sivas neotektonik bölgesi içerisinde bulunan Sivas Tersiyer Havzası ve çevresinde son yıllarda yapılan çalışmalarla havza içerisinden geçen büyük boyutlu aktif tektonik yapıların (Kızılırmak Fayı: İnan, 1993; Deliler Fayı: Şaroğlu ve diğerleri, 1987; Orta Anadolu Fay Kuşağı: Koçyiğit ve Beyhan, 1998) yanı sıra bu havza içerisinde gelişen tektonik deformasyonun biçimi ve yaşları (Gürsoy ve diğerleri, 1992; Temiz, 1994; Guezou ve diğerleri, 1996; Poisson ve diğerleri, 1996; Tatar ve diğerleri, 2004) konusunda yeni veriler ortaya konulmuştur (Şekil 2-7).



Şekil 2-6: Türkiye'nin neotektonik bölgeleri ve Sivas Havzasının konumu (Şengör ve diğerleri, 1985' ten değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2-7: Orta Anadolu ve doğu kesimlerinin ana neotektonik yapıları (Koçyiğit ve Erol, 2001'den yeniden çizilmiştir)

Havza içerisinde KD-GB ve KB-GD gidişli doğrultu atımlı faylanma, D-B gidişli kıvrım eksenli ve bindirme türü faylanmaların yanı sıra K-G gidişli normal faylanma şeklindeki neotektonik yapıların Avrasya-Arap plakalarının KKB yönündeki yakınsaması sonucunda Pliyosen sırasında gelişmeye başlamış olması (Poisson ve diğerleri, 1996) ve bu çizgisel yapıların Pliyo-Kuvaterner çöküntü alanlarını ve havzalarını denetler durumda olması (Dirik ve Göncüoğlu, 1996), Koçyiğit (2003 b) tarafından önerilen Kayseri-Sivas neotektonik bölgesindeki sıkışma-genişleme türü neotektonik rejimin en önemli kanıtlarından bir kısmını oluşturmaktadır. Havza içerisindeki Miyosen ve daha genç volkanik kayalarda saatin tersi yönünde blok rotasyonunun varlığının saptanması (Gürsoy ve diğerleri, 1997) aktif tektonik yapıların varlığını kanıtlayan bir diğer nicel veridir.

2.4. Sivas ve Yakın Çevresinin Sismik Özellikleri

Sivas ve çevresini etkileyen tarihsel deprem kayıtları (Ambraseys ve Finkel, 1995; Ergin ve diğerleri, 1967) incelendiğinde, bunların bir çoğunun Sivas'a yakın komşu bölgelerde gerçekleşen ve kısmen can kaybına neden olmuş depremler olduğu göze çarpmaktadır (Çizelge 1). Kökenleri tam olarak bilinmemekle birlikte, bu depremlerin güneydeki fay sistemleri ve Kuzey Anadolu Fay Kuşağı ile ilişkili olabilecekleri düşünülmektedir.

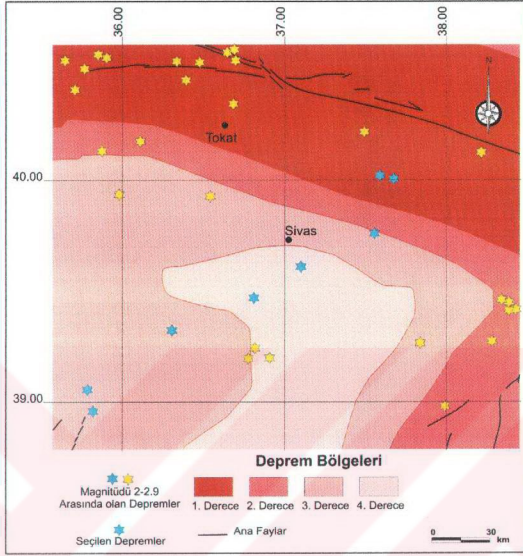
Aletsel kayıt dönemindeki (1900 ve sonrası) deprem etkinlikleri incelendiğinde Sivas ve çevresindeki depremlerin aletsel büyüklüklerinin 2 ile 6.3 arasında değiştiği görülmektedir. Bu depremlerin büyüklüğünün daha çok 3.0 ile 4.0 arasında yoğunlaştığı göze çarpmaktadır. Kandilli Rasathanesi'nden alınan bu deprem verileri haritalar üzerine yerleştirildiğinde depremlerin, Sivas'tan Kayseri'ye doğru uzanan bir hat üzerinde yoğunlaştıkları ortaya çıkmaktadır (Şekil 2-8, 2-9, 2-10 ve 2-11). Belirli bir çizgisel hat üzerinde dağılım sunan bu depremlerin Koçyiğit ve Beyhan (1998) tarafından adlandırılan Orta Anadolu Fay Kuşağı'na koşut bir doğrultu izlediği göze çarpmaktadır. Şekil 2-8, 2-9, 2-10 ve 2-11'deki depremlerden yaklaşık bu hat üzerine düşenlere ilişkin veriler, büyüklükleri gözetilerek sınıflandırılıp tarih sırasına göre düzenlenerek Çizelge 2, 3, 4 ve 5'te liste halinde verilmiştir.

Çizelge 1: Sivas ve yakın çevresinde oluşan ve Sivas'ın da etkilendiği büyük tarihsel depremler (Ambrasseys ve Finkel (1995), Ergin ve diğerleri (1967), ve Kandilli Rasathanesi'nden alınmıştır).

Tarih	Büyüklik	Can Kaybı	Etki Alanı	Köken
240	?	?	Kayseri-Sivas	OAFK?
1205	?	?	Kayseri	OAFK?
1268	?	15.000	Erzincan-Erzurum	KAFK?
1458	?	30.000	Erzincan-Erzurum	KAFK?
17.08.1668	?	?	Amasya-Tokat-Sivas	KAFK?
11.01.1695	?	?	Sivas-Ordu	KAFK?
06.09.1704	?	?	Kayseri	OAFK?
1714	?	?	Kayseri	OAFK?
09.05.1717	?	8000	Kayseri	OAFK?
16.09.1754	?	?	Sivas ve GD'su	KAFK?
14.03.1779	?	?	Divriği-Malatya	Malatya Fayı?
28.05.1789	?	?	Divriği-Elazığ-Malatya	Malatya Fayı?
18.07.1794	?	?	Orta Anadolu	KAFK
02.06.1859	6.4	15.000	Erzurum	?
10.1891	6 (I ₀)	?	Sivas ve Hafik	?
1893	6 (I ₀)	?	Sivas ve Zara	?
??.12.1929	?	?	Sivas	?
25.03.1941	?	?	Sivas (Zara)	?

Çizelge 2: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitudü 2-2.9 arasında olan depremlere ait veriler

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (km)	Büyüklik (Ms)
27.03.1999	15:08	39.75	37.54	23	2.9
14.03.1999	02:47	39.99	37.68	4	2.8
06.03.1999	12:22	40.02	37.59	18	2.6
11.02.1999	14:08	38.97	35.83	19	2.7
10.02.1999	03:07	39.33	36.31	0	2.9
13.10.1997	15:53	39.61	37.10	5	2.9
30.05.1997	03:42	39.06	35.79	8	2.9
12.09.1996	12:10	39.47	36.81	3	2.7



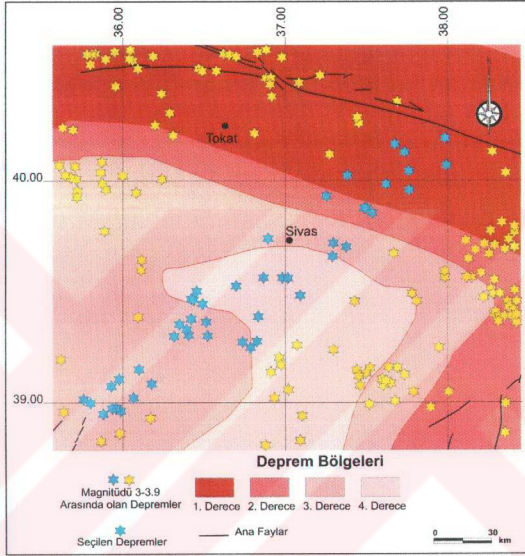
Şekil 2-8: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 2-2.9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı

Çizelge 3: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 3-3.9 arasında olan depremlere ait veriler

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik(km)	Büyükük (Ms)
31.10.2002	23:57	39.38	36.42	5	3.2
06.07.2002	22:26	39.52	36.70	5	3.4
04.06.2002	09:12	39.15	36.11	5	3.8
16.05.2002	22:06	39.68	37.36	5	3.1
01.05.2002	23:45	39.09	36.17	8	3.2
01.05.2002	23:24	39.10	35.98	5	3.3
18.02.2002	03:15	39.86	37.50	27	3.2
15.11.2001	06:38	39.23	36.78	2	3.4
25.08.2001	18:54	39.07	35.93	5	3.2
19.07.2001	11:37	40.05	37.99	5	3.0
18.04.2001	10:51	39.94	37.76	6	3.2

08.01.2001	09:40	40.17	37.99	32	3.1
04.09.2000	21:26	39.47	37.08	10	3.6
20.07.2000	07:37	40.02	37.39	10	3.4
19.07.2000	03:56	39.55	37.00	18	3.1
15.06.2000	21:33	39.74	36.90	5	3.4
06.05.2000	05:36	40.16	37.68	6	3.6
14.04.2000	15:58	39.86	37.50	7	3.4
29.10.1999	15:12	39.55	36.98	1	3.6
13.06.1999	11:53	39.65	37.28	0	3.4
11.06.1999	14:56	39.56	36.86	0	3.6
11.06.1999	05:37	39.36	36.51	6	3.5
11.06.1999	05:30	39.84	37.53	2	3.4
17.12.1998	17:26	38.96	35.99	3	3.8
15.12.1998	20:55	39.02	36.07	0	3.7
15.12.1998	09:01	38.97	35.95	11	3.4
14.12.1998	20:17	38.97	35.94	0	3.4
14.12.1998	14:03	38.94	35.89	10	3.4
27.11.1997	19:52	39.97	37.62	0	3.1
28.10.1997	15:00	40.03	37.77	2	3.0
12.10.1997	20:52	39.33	36.40	10	3.0
08.10.1997	12:53	39.30	36.52	9	3.3
02.10.1997	02:49	39.26	36.81	4	3.2
27.06.1997	08:25	39.93	37.26	1	3.2
13.04.1997	11:39	39.35	36.36	5	3.4
09.04.1997	09:11	40.12	37.74	4	3.7
22.03.1997	21:31	39.47	36.44	10	3.5
20.02.1997	10:32	39.00	35.81	0	3.3
05.02.1997	22:03	39.26	36.73	10	3.2
03.01.1997	14:22	39.38	36.82	5	3.4
29.11.1996	21:05	39.71	37.28	0	3.3
15.04.1996	16:23	39.30	36.32	0	3.6
31.07.1995	03:05	39.47	36.43	0	3.3
31.07.1995	02:35	39.45	36.49	0	3.3

09.06.1995	22:51	39.51	36.46	0	3.7
14.02.1992	16:30	39.02	35.77	10	3.9
19.01.1987	20:11	39.30	36.40	10	3.7

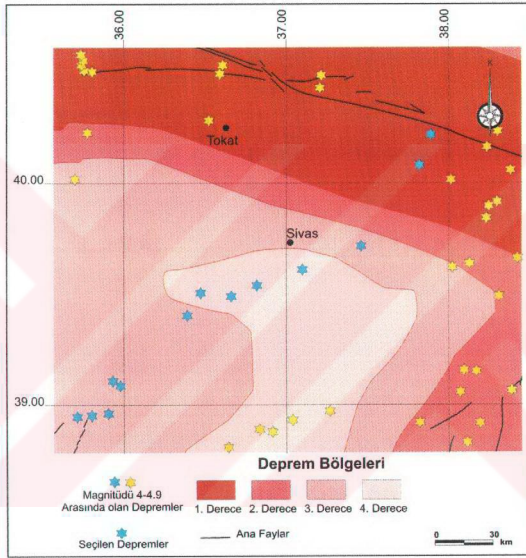


Şekil 2-9: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 3-3.9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı

Çizelge 4: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 4-4.9 arasında olan depremlere ait veriler

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik(km)	Büyüklik (Ms)
18.06.2002	08:08	39.70	37.45	5	4.0
11.06.1999	05:44	39.53	36.83	9	4.0
11.06.1999	05:25	39.49	36.67	10	4.8
15.12.1998	20:15	38.96	35.81	8	4.1
14.12.1998	13:06	38.95	35.72	5	4.6
14.12.1998	12:44	38.96	35.91	6	4.3
31.07.1995	03:26	39.51	36.48	0	4.5

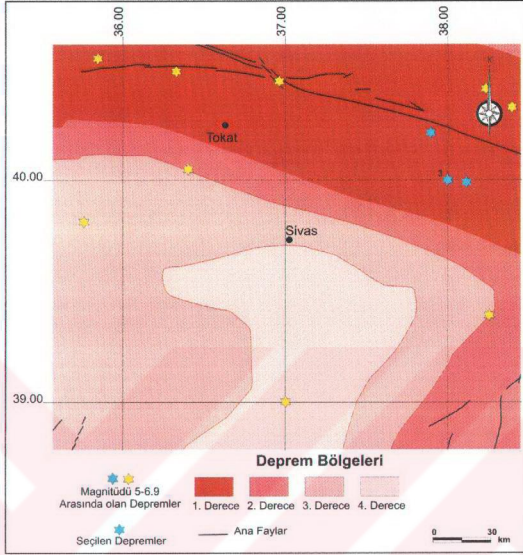
23.01.1985	01:23	39.11	35.94	33	4.6
31.08.1960	22:11	39.09	35.98	70	4.7
12.03.1960	21:25	39.40	36.40	0	4.5
07.06.1940	19:49	40.06	37.82	10	4.6
28.06.1929	22:18	40.20	37.90	0	4.5



Şekil 2-10: Sivas ve yakın çevresinde 1900 - 18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 4-4.9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı

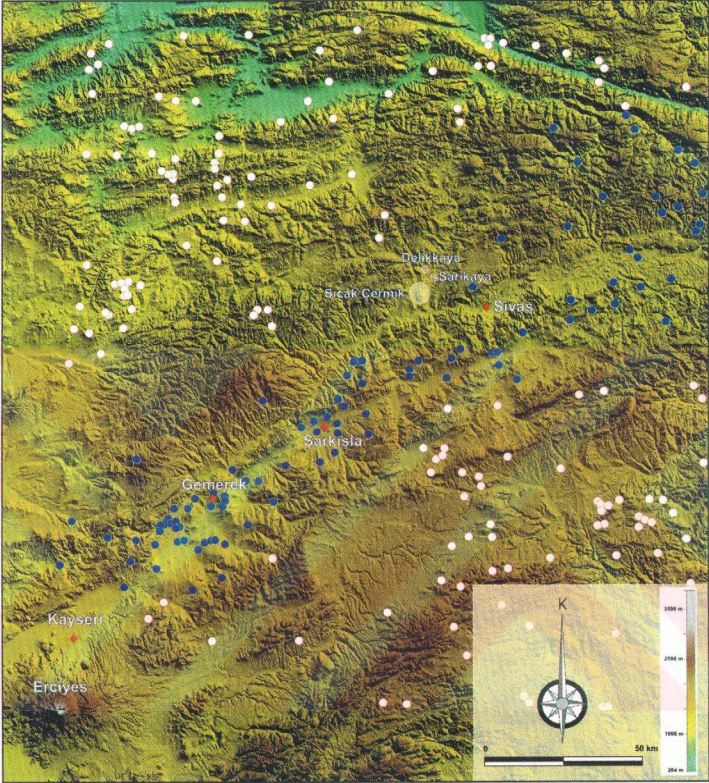
Çizelge 5: Sivas ve yakın çevresinde 1900 -18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 5 ve daha büyük depremlere ait veriler

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik(km)	Büyükük (Ms)
27.12.1939	02:48	39.99	38.14	50	5.5
18.05.1929	06:37	40.20	37.90	10	6.1
10.02.1909	19:49	40.00	38.00	0	5.7
09.02.1909	14:38	40.00	38.00	0	5.8
09.02.1909	11:24	40.00	38.00	60	6.3



Şekil 2-11: Sivas ve yakın çevresinde 1900 -18.06.2002 tarihleri arasında oluşmuş magnitüdü 5-6.9 arasındaki depremlerin odaklarının dağılımı

Çizelge 2, 3, 4 ve 5'te yer alan tüm depremler USGS SRTM biçimli DEM görüntüsü üzerine iz düşürüldüğünde, Kayseri kuzeydoğusundan başlayıp Kuzey Anadolu Fay Kuşağı'na kadar uzanan yaklaşık K50°D doğrultulu bir çizgisellik üzerinde yoğunlaştıkları gözlenmektedir (Şekil 2-12).



Şekil 2-12: Sivas ve çevresinde 16.04.1900 - 09.03.2004 tarihleri arasında büyüklüğü 2.2 ile 6.9 arasında değişen depremlerin 90 metre çözünürlüklü DEM görüntüsü üzerindeki dağılımı

3. TRAVERTEN TANIMI, ÖNCEL ÇALIŞMALAR ve TRAVERTENLERİN SINIFLANDIRILMASI

3.1. Traverten Teriminin Etimolojisi ve Tanımı

Bu çalışmanın üzerinde odaklandığı kayalardan *traverten* teriminin kökeni İtalyanca'ya uzanmaktadır. Roma'nın doğusunda, eski bir yerleşim yeri olan Tibur (Tivoli)'dan Latince'ye bir kayaç ismi *Lapis Tiburtinus* (*Lapis* Latince'de taş anlamına gelmektedir, *Lapis Tiburtinus*=Tiburtinus Taşı) olarak geçmiştir. *Lapis tiburtinus* Latince'de zaman içerisinde değişerek *tivertino* sözcüğüne dönüşmüştür. *Tivertino* İtalyan diline *travertino* olarak yerleşmiştir. Fransızca'ya *Travertiné* olarak geçen sözcük Türkçeye ise *Traverten* olarak yerleşmiştir.

Traverten terimini Bates ve Jackson (1980), *Glossary of Geology*'de "yüzey ve yeraltı sularında bulunan kalsiyum karbonatın hızlı kimyasal çökelişi ile oluşan, çoğunlukla lifsi yada konsantrik yapıya sahip, beyaz, sarımsı kahverengi yada bej renkli, yoğun, iyi kristallenmiş masif ya da konsantrik kireçtaşlarıdır" biçiminde tanımlamıştır. Süngerimsi, daha az kompakt traverten çeşidi ise *Tufa* olarak tanımlanmaktadır.

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

3.2. Travertenlerin Çökeltme Koşulları

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



Karbonik asitçe zengin bu sular yeraltındaki dolaşimleri sırasında CaCO₃ 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 CO₂'nin ayrılması nedeniyle bikarbonat bileşimi parçalanır ve traverten çökelişi gerçekleşir.

Travertenler biyokimyasal yolla oluşurken su sıcaklığının kontrolünde olan CO₂'in bir kısmı atmosfere karışırken bir kısmı da alg'lerce alınır. Algler karbondioksiti harcarken etraflarında CaCO₃'tan oluşan zar şeklinde bir çökelim gelişir. Alg öldükten sonra içi boş silindirik yapıdaki travertenler oluşur.

Julia (1983) travertenlerin çökmesini basınç, ısı ve CO₂ 'in fiziksel olarak, fotosentezin de biyokimyasal olarak kontrol ettiğini belirtmektedir.

3.3. Traverten ve Tufaların Sınıflandırılması

Travertenlerin sınıflandırılmasına ilişkin çok fazla çalışma bulunmamasına karşın bazı araştırmacılar travertenleri bitki içerikleri, çökeltme ortamları, porozite ve morfoloji gibi unsurları göz önüne alarak sınıflamışlardır.

Bu çalışmalardan Russel (1882), Pleistosen Lake Lahontan havzası'ndaki (Nevada USA) tufaları Lithoid, Thinolitic ve Dentritik olmak üzere üçe ayırmıştır. Bu sınıflamayı yaparken bir çökel havzasındaki eğimli bir yamaç üzerinde çökelen travertenleri *Lithoid*; lithoidik travertenlerin çökelişinden sonra su seviyesinin düşmesini izleyen dalga hareketleriyle çökelen travertenleri *Thinolitic tufa*; katı bir taneciğin etrafında tane yüzeyine dik biçimde oluşan tufa çeşidini ise *Dentritik tufa* olarak tanımlamıştır. Russel (1882), bu üç tufa çeşidinin merkezde lithoid olmak üzere dışa doğru thinolitic ve dentritik tufaların birlikte çökelmeleriyle de mantar şeklinde tufa domlarının oluştuğunu belirlemiştir.

Scholl (1960), Russell'in sınıflamasını benimseyerek bu sınıflamaya bazı eklentiler yaparak

- 1- Poroziteli ve delikli krem renkli lithoid tufa
- 2- Oldukça poroziteli, krem-renkli, delikli lithoid tufa
- 3- Açık gri renkli poroziteli kompakt masif lithoid tufa
- 4- Oldukça yoğun dallı dentritik tufa

5- Krem renkli boğumlu tufa

6- Tebeşir beyazdan krem rengine kadar değişik renkli boru şeklinde tufa

7- Bantlı, yarı küresel odacıklı tufa

olmak üzere 7 tip traverten çeşidi tanımlamıştır.

Bu araştırmacıların yanısıra Irion ve Muller (1968) ve Buccino ve diğerleri (1978) İtalya'da travertenleri bitki içeriklerine göre sınıflandırmışlardır.

Daha sonra Pedley (1990) ve Pedley'in bu sınıflamasını esas alarak Pentecost (1993) 3 tip traverten sınıflamıştır;

Pedley (1990)

Topografik eğimin $<10^\circ$ olduğu yerde
çökelen travertenler

Topografik eğimin $>10^\circ$ olduğu yerde
çökelen travertenler
Klastik travertenler

Pentecost (1993)

Palludal

Şelale, baraj, kaynak, göl çökelleri

-

Herlinger (1981), Amerika-Idaho'da morfolojiyi göz önüne alarak ilk sınıflamayı yapmıştır. Herlinger'e göre travertenler;

1- Çember şeklinde konik

2- Eğimli (mound) kubbe şeklinde travertenler'den oluşmaktadır.

Julia (1983) travertenlerin sınıflandırılmasında kullanılabilen en uygun kriterin otokton ya da klastik olup olmadığına bakmak olduğunu ileri sürerek travertenleri;

1- Yerinde (otokton)

2- Klastik travertenler olmak üzere iki sınıfa ayırmıştır.

Chafetz ve Folk (1984), morfolojiyi göz önüne alarak travertenleri;

1- Şelale tipi travertenler

2- Göl çökelleri

3- Dike yakın eğimi olan kubbe, fan yada koniler

4- Teras tipi travertenler

5- Çatlak sırtı tipi olmak üzere 5 ana sınıfa ayırmıştır.

Guo ve Riding (1998), Rapolano (İtalya) kaplıcasında Geç Pleyistosen yaşlı travertenlerde yaptıkları çalışma ile litolojik özellikleri esas alarak

- 1- *Kristalin kabuk travertenleri (crystalline crust travertine)*
 - 2- *Çalı travertenleri (shrub travertine)*
 - 3- *Pizolitli travertenler (pisoid travertine)*
 - 4- *Kağıt inceliğinde yığın travertenleri (Paper-thin raft travertine)*
 - 5- *Gaz kabarcıkları etrafında oluşan travertenler (Coated bubble travertine)*
 - 6- *Kamış travertenleri (reed travertine)*
 - 7- *Litoklastlı travertenler (lithoclast travertine)*
 - 8- *Eski toprak oluşumları (palaeosoil)*
- olmak üzere 8 tip traverten tanımlamıştır.

3.3.1. Travertenlerin Morfolojik Sınıflandırılması

Heimann (1989), travertenlerin kısa mesafede yanal ve düşey yönde ani fasiyes değişiminin ve litolojik özelliklerinin, su kaynağının konumu, suyun üzerinde aktığı topografyanın şekli, traverten çökelten suların bileşimi, organik faaliyetler ve yüzey suları gibi etmenler tarafından denetlendiğini belirtmektedir. Birbirinden bağımsız bir çok traverten sahalarında gözlenen fasiyes ve litolojik farklılıklar bu etmenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bu nedenle Altunel ve Hancock (1993 a), travertenleri sınıflandırmada kullanılacak en uygun kriterin morfoloji olduğunu belirterek, ideal bir sınıflamanın aşağıdaki koşulları sağlaması gerektiğini belirtir.

1. Farklı çevrelerde oluşan travertenlere, eski (pasif) ve yeni (aktif) traverten oluşumlarına ve değişik ölçekteki traverten kütlelerine uygulanabilmelidir
2. Morfoloji çevrenin varlığını kontrol eder, dolayısıyla organik ya da inorganik oluşum buna bağlı olarak gelişir

Daha önceki çalışmalarda başarılı bir şekilde uygulanmış olması gibi özellikleri nedeniyle travertenleri sınıflamada kullanılacak en uygun kriterin morfoloji olduğunu öne sürerek morfolojik sınıflamayı tercih etmişlerdir.

Chafetz ve Folk (1984) tarafından yapılan travertenlerle ilgili en ayrıntılı morfolojik sınıflamaya Altunel ve Hancock (1993a) Pamukkale (Denizli) travertenlerinde yaptıkları çalışma ile Chafetz ve Folk(1984) 'un sınıflamasına 3 yeni tip ekleme yapmıştır.

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;* olmak üzere sekiz sınıfa ayrılmaktadır. Bu traverten tiplerinden Fay önü, Kendiliğinden oluşan kanal tipi ve Aşınmış travertenler tabakaları Altunel ve Hancock (1993 a) tarafından eklenmiş ve tanımlanmıştır.

Altunel ve Hancock (1993 a) sınıflaması temel olarak alınarak bu çalışmada incelenen Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya bölgelerindeki travertenlerin

1. *Çatlak sırtı tipi*
2. *Kendiliğinden oluşan kanal tipi*
3. *Aşınmış traverten tabakaları*

4. *Teras tipi travertenler* olarak sınıflandırılabilir. Bu nedenle aşağıda bu tip travertenlerin genel özelliklerine değinilecektir.

3.3.1.1. Çatlak Sırtı Tipi Travertenler

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

Çatlak sırtı tipi traverten terimi önceki çalışmalarda Hayden (1872), Weed (1887) ve Bargar (1978) tarafından Yellowstone (ABD) Ulusal parkında bulunan Mammoth Hot Springs travertenleri için kullanılmıştır.

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 tip travertenler bölgenin tektonik özellikleri ile ilgili önemli verileri kaydetmekte ve buldukları bölgenin tektonik özelliklerini yansıtması 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. Bu çökelim, çatlağın düzenli ve/veya düzensiz olarak açılması ile bu süreç içerisinde gelişmektedir.

Genişlemeli tektonik etkinliğin bulunduğu bölgelerde, travertenler için temel oluşturacak kayaçlarda 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 3-1).

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.

Sıcak Çermik'te yer alan sosyal tesislere (havuz ve banyo) su sağlayan donanımların (boru, vb.) traverten çökeli mi nedeniyle zamanla tıkanıklıkları gözlenmekte ve bu donanımlar içerisindeki traverten oluşumları incelendiğinde bunların da gözeneksiz, sert, sıkı dokulu travertenlerden oluştuğu görülmektedir (Şekil 3-2 ve 3-3).

Çatlak ekseninde bu bantlı traverten çökeli mi sürerken yüzeyde değişen fiziksel koşullar nedeniyle daha gözenekli, çoğunlukla tek düze bir renk tonuna sahip tabakalı travertenler oluşmaktadır. Çökeli minin 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.

Çatlak sırtı tipi traverten oluşumlarının harita görünümündeki geometrileri eksen üzerinde ana çatlağı içeren uzamış bir sırta benzemektedir (Şekil 3-4).

Merkezi çatlağın genişliği, açılmanın hızı, sürekliliği ve açılma süresine bağlı olarak birkaç santimetreden birkaç metreye kadar değişebilmektedir. Altunel (1994) çatlağın gelişiminin merkezden uçlara doğru olduğunu bu nedenle sırt merkezinde ana çatlağın genişliğinin uçlara oranla daha fazla olduğunu belirtmiştir.

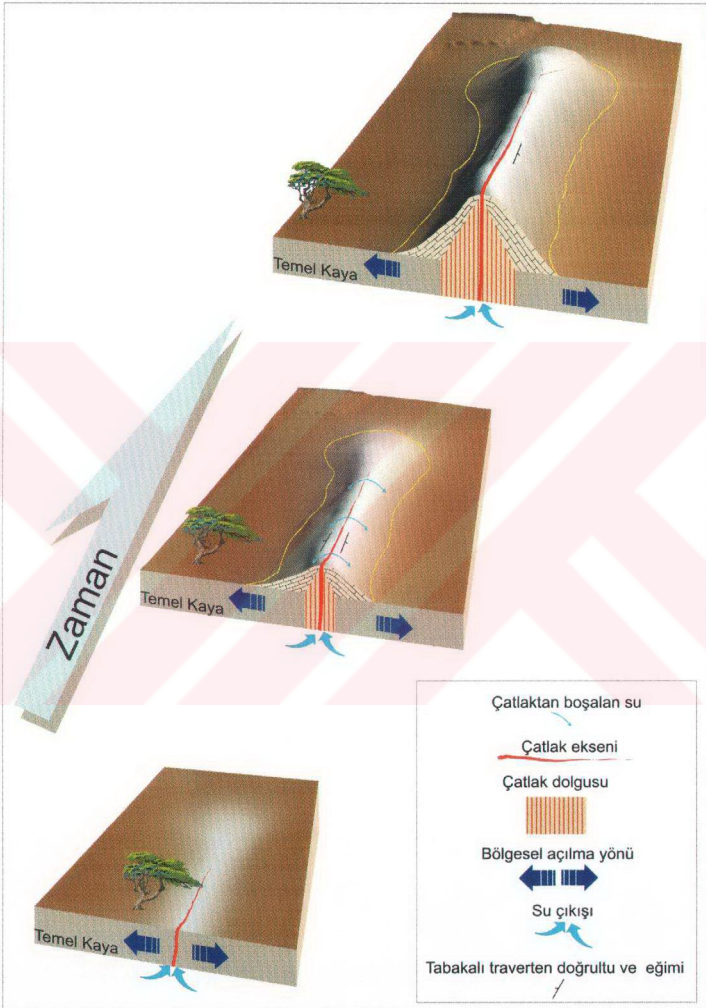
Hidrotermal etkinlik çeşitli nedenlerle durduğunda bölgesel açılmaya bağlı olarak çatlak eksenleri genişlemeye devam etmektedir. Çatlak ekseninde yeni su çıkışı olmadığı için çatlak eksenini açılmaya devam ederken traverten oluşumu gerçekleşmemektedir. Bu nedenle hidrotermal etkinliği durmuş olan sırtlarda ana çatlak merkezinde bir boşluk oluşmaktadır (Şekil 3-5).

3.3.1.2. Aşınmış Traverten Tabakaları

Bu traverten tipi tanımı Altunel ve Hancock (1993 a) tarafından yapılmıştır. Bu tip travertenlerin traverten alanlarında yüzeyleyen travertenlerle doğrudan herhangi bir ilişkileri bulunmamaktadır. Diğer traverten tiplerinin aşınmaları sonucunda oluşmuşlardır. Bu tip travertenlerin genellikle bir traverten sahasında yüzeyleyen en yaşlı traverten oldukları kabul edilmektedir (Şekil 3-6).

3.3.1.3. Kendiliğinden Oluşan Kanal Tipi Travertenler

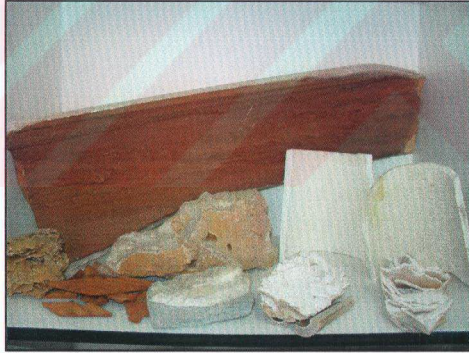
Kendiliğinden oluşan Kanal tipi travertenler de ilk kez Altunel ve Hancock (1993 a) tarafından tanımlanmıştır. Bu tip oluşumlar herhangi bir kanal veya hendek boyunca kalsiyum bikarbonatça zengin suyun akması sonucunda oluşurlar. Kanal içerisindeki akış kenarlarda çalkantılı, kanal ortasına yakın kesimlerde daha az çalkantılı olduğu için su içerisinde bulunan karbondioksit gazının kanal tabanında daha yavaş, çalkantılı kenar bölümlerde daha hızlı uzaklaşması nedeniyle, kanal tabanında traverten çökeli mi yavaş, kanal kenarlarında daha hızlı bir şekilde oluşmaktadır. Kanal içerisinde su aktığı sürece traverten çökeli mi devam etmekte ve bir set şeklinde yükselmektedir (Şekil 3-7).



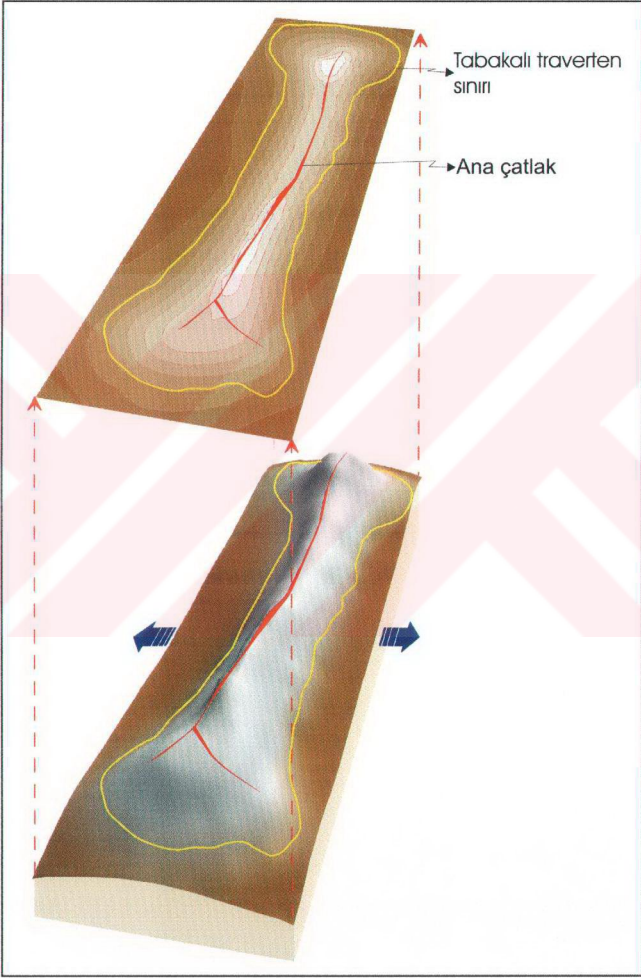
Şekil 3-1: Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun gelişim evreleri



Şekil 3-2: Sıcak Çermik Sosyal Tesislerine su sağlayan borular içerisinde traverten oluşumu



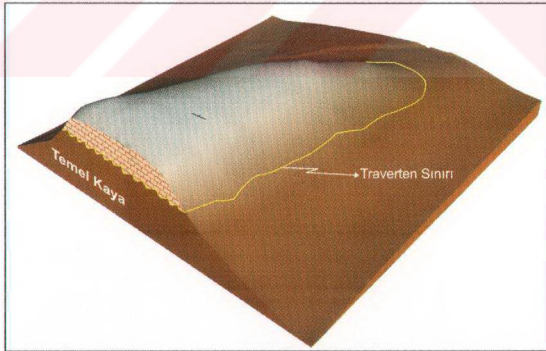
Şekil 3-3: Sıcak Çermik Sosyal Tesislerine su sağlayan çeşitli donanımlar içerisinde çıkartılan traverten parçaları



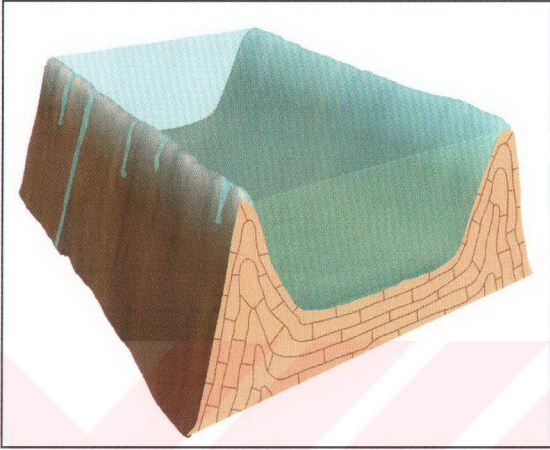
Şekil 3-4: Bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun üç boyutlu ve harita düzlemi üzerindeki görünümü



Şekil 3-5: Hidrotermal etkinliğin sona ermesinden sonra devam eden açılma sonucunda sırt ekseninde gelişen açıklıkların görünümü (Sıcak Çermik çatlak sırtı tip travertenlerinden örnek)



Şekil 3-6: Aşınmış traverten tabakalarının genel morfolojik görünümü



Şekil 3-7: Kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenlerin görünümü

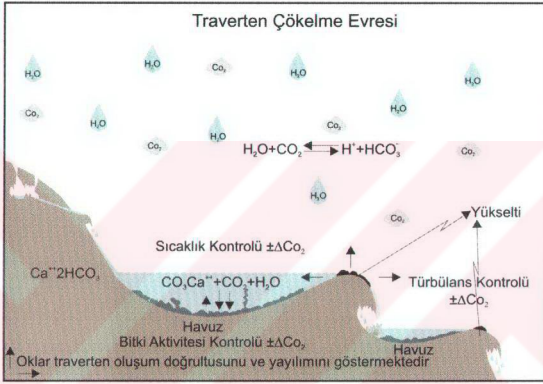
Bu oluşumdaki kanallar insan eliyle açılmış olabileceği gibi, derine doğru daralan yüzeydeki herhangi bir çatlak izi de benzer bir kanal işlevi görebilir. Yüzeyle ulaşan sıcak suyun insanlar tarafından bölgeden kontrollü olarak uzaklaştırılması için bir şekilde bir yerden başka bir yere taşınması amacıyla açılmış kanallar boyunca da gelişebilmektedir.

3.3.1.4. Teras Tipi Travertenler

Çatlaklar aracılığıyla yüzeyle ulaşan CaCO_3 'ce zengin suların, eğimli topografik düzlemler üzerinde akarken karşılaştığı engeller üzerine traverten çökeltmesi ve bu nedenle oluşan havuzcularda CaCO_3 içeriğince zengin suların birikmesinin ardından CaCO_2 çökeltmesi sonucunda teras tipi travertenler oluşmaktadır. Bu tip travertenlerin oluşumunda, havuz kenarlarında çalkantılı bir ortamın varlığı nedeniyle traverten çökeli mi havuz tabanındaki çökelimden hızlı gelişmektedir (Şekil 3-8). Böylece havuz duvarları, tabana oranla daha fazla yükselmektedir.

Bunun dışında hidrotermal suların yüzeyde aktığı düzlemler üzerinde de küçük ölçekli teraslar oluşabilmektedir (Şekil 3-9).

Türkiye'de en iyi bilinen örneği Pamukkale'de (Denizli) gözlenen bu tip travertenlerin doğal güzelliği ve turistik çekiciliği dışında jeolojik ve tektonik açıdan önemleri çok azdır. Türkiye'deki tipik örneğinde olduğu gibi, bu tip travertenlerin doğal beyazlığının temelinde, sıcak suyun koyu renkli okside olan çözülmüş mineral veya elementler içermemesinin yanı sıra, çevresel ve atmosferik kirliliğin olmaması yatmaktadır.



Şekil 3-8: Teras tipi bir havuzda traverten çökelim ortamları (Julia, 1983' den)



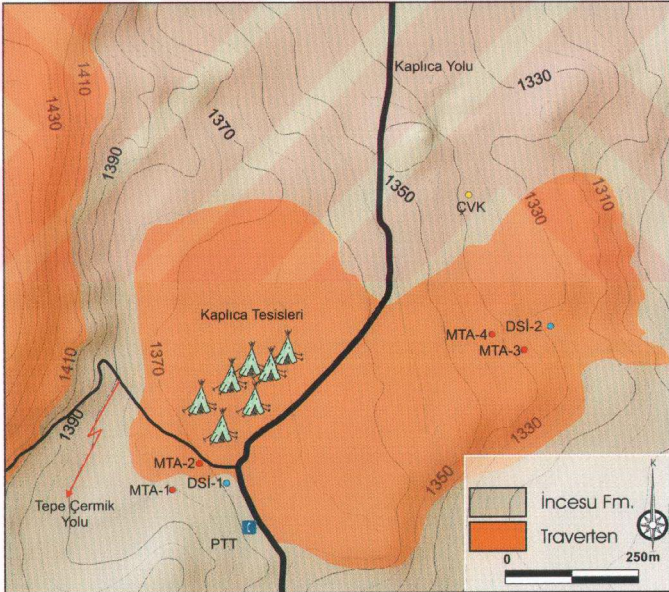
Şekil 3-9: Sıcak Çermik'te yersel olarak gelişen küçük boyutlu terasların görünümü

4. HİDROJEOLOJİ-SU KİMYASI ve SU SONDAJ ÇALIŞMALARI

4.1. Su Sondajı Çalışmaları

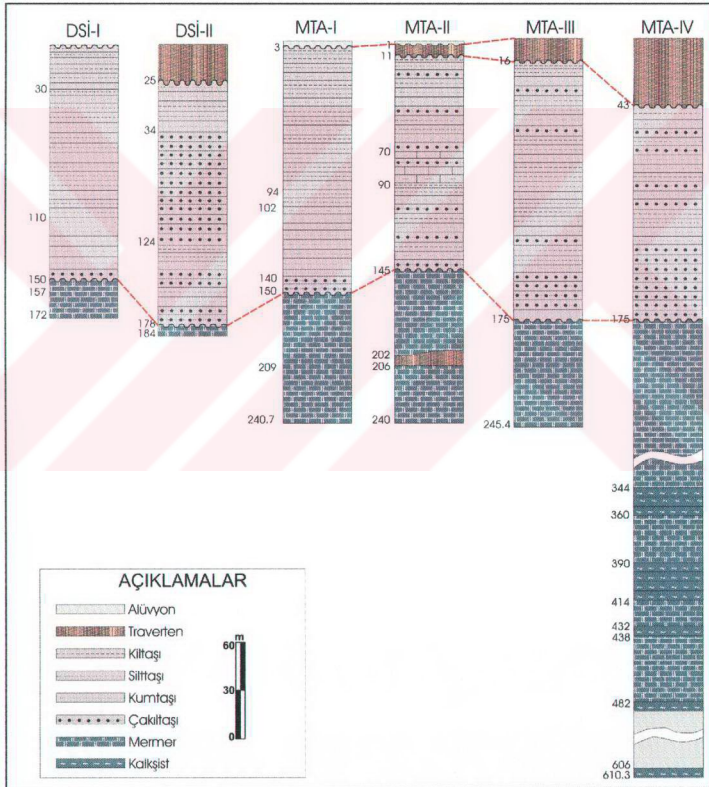
Sıcak Çermik'te bulunan havuz ve banyolara su sağlanması ve/veya bu sıcak suların jeotermal enerji amaçlı kullanılabilirliğinin araştırılması için MTA ve DSI tarafından değişik yıllarda çeşitli sondajlar yapılmıştır (Şekil 4-1). Bu sondajlar sırasında kesilen kaya birimlerinin kuyu logları hazırlanmıştır.

MTA-I, MTA-II kuyuları Sivas Belediyesine, MTA-IV kuyusu MTA sosyal tesislerine, ÇVK kuyusu ise Çermik yerleşim alanındaki villalara sıcak su sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu kuyulardan DSI-I kuyusunda sıcak su üretimi durmuş, su çıkışı kontrol altına alınamayan DSI-2 kuyusu 2001 yılında sondaj sırasında çıkan olumsuz koşullar nedeniyle, MTA-III kuyusu ise 2002 yılında enjeksiyonla kapatılmıştır.



Şekil 4-1: Sıcak Çermik'te açılan MTA-I, MTA-II, MTA-III, MTA-IV, DSI-1 ve DSI-II sondaj kuyularının yerbulduru haritası

2003 yılına kadar sıcak su amaçlı yapılmış olan bu sondajların derinlikleri 172 metre ile 610 metre arasında değişmektedir (Şekil 4-2). Bu kuyularda kalınlıkları; 1-3 metre arasında değişen alüvyonlar, 11-43 metre arasında değişen travertenler, 132 metre ile 159 metre arasında değişen Geç Miyosen yaşlı İncesu Formasyonuna ait kırıntılı sedimanter kayaçlar ve temelde ise Paleozoyik yaşlı Akdağmadeni metamorfiklerine ait mermer ve şist türü kayaçlar kesilmiştir (Şekil 4-2).



Şekil 4-2: Sıcak Çermik'te açılan MTA ve DSI sondajlarının kuyu logları (Lokasyon için Şekil 4-1 e bakınız) (Ayaz, 1998'den yeniden çizilmiştir)

Kaçaroğlu ve diğerleri (1994) ve Kaçaroğlu (2000), Akdağmadeni Litodemine ait metamorfik kayaların karstlaşmış olduğunu ve hazne kayaç konumunda bulunduğunu, İncesu Formasyonu'nun ise sıcak suları hapseden ve ısı kaybını önleyen bir örtü kayacı konumunda bulunduğunu belirtmektedir.

Ergin (1992) inceleme alanı dışında ve batısında yüzeyleyen volkanik kayaçları Bayat volkanitleri olarak adlandırarak "*diğer birimlerle ilişkisi ve paleomanyetik ölçüm sonuçları göz önüne alınarak yaşı Geç Pliyosen olarak saptanmıştır*" şeklinde bir ifadeyle, sözü edilen paleomanyetik sonuçların kaynağını belirtmeden volkanitlerin yaşını Geç Pliyosen olarak kabul etmiştir. Benzer ifade Ayaz (1998) tarafından da Ergin (1992) referans gösterilerek kullanılmıştır.

Kaçaroğlu ve diğerleri (1994) ve Kaçaroğlu (2000), Bayat volkanitleri ve kuzey-kuzeybatıda bulunan Eosen yaşlı volkanitlerin bölgedeki sıcak sular için ısı kaynağı niteliği taşıdığını öne sürmektedir.

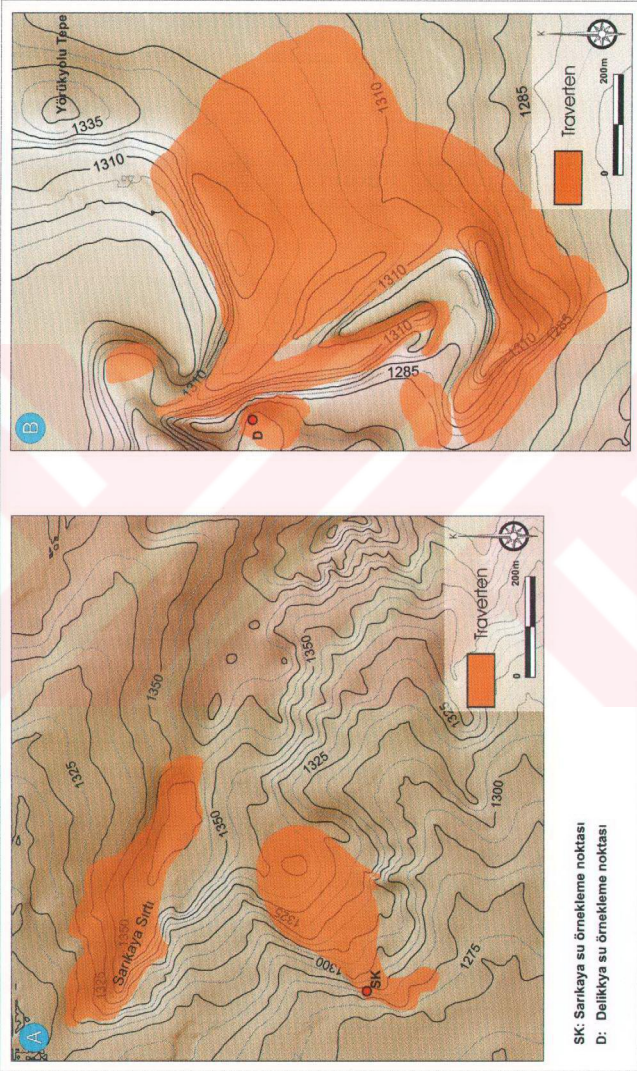
Travertenlerin oluşumunu sağlayan sıcak sular içerisinde bulunan CaCO_3 kaynağının bölgede yer alan metamorfik kayaçlar olduğu düşünülmektedir.

4.2. Su Kimyası

Sıcak Çermik'ten MTA-I, MTA-II, MTA-IV ve Çermik villaları kuyularından, Sarıkaya ve Delikkaya'dan ise yüzeydeki kaynaklardan su örnekleri alınarak kimyasal analizleri yapılmış, sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir (Şekil 4-1 ve 4-3) İnceleme alanlarında yer alan bazı çeşme sularından ve Yıldız ırmağından da örnekler alınarak bunların da analizleri yapılmış ve sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Sıcak Çermik'te bulunan ve traverten çökeltebilen suların (MTA-I, MTA-II, MTA-IV ve Çermik villaları Kuyuları) sıcaklıkları 41°C ile 46.6°C arasında değişmektedir. Bogomolov (1955) sınıflamasına göre Sıcak Çermik suları "çok sıcak su" sınıfına girmektedir. Toplam sertlikleri 120 ile 130 FS° arasında değişmektedir. PH değerleri ise 6.28 ile 6.38 arasında değişmekte ve asidik özelliindedir.

Bu sonuçlardan ana katyon ve anyonlara göre Piper diyagramları (Hem, 1985) kullanılarak su sınıflandırması yapılmıştır (Şekil 4-4 ve 4-5). Bu diyagrama göre MTA-I kuyusundan alınan su örneği; kalsiyum bikarbonatlı tip, MTA-II, MTA-IV, ve Çermik villaları kuyularından alınan su örneklerinin kalsiyum magnezyum bikarbonatlı (karışık) tip olduğu belirlenmiştir.



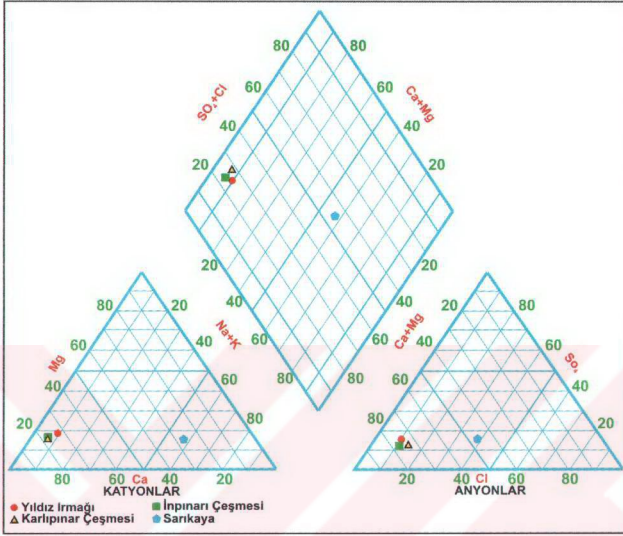
Şekil 4-3: Sarıkaya (A) ve Delikkaya'da (B) su örnekleme lokasyonlarının görünümü

Çizelge 6: MTA-I kuyusu (I), MTA-II kuyusu(II), Delikkaya (D), Çermik villaları kuyusu(ÇVK) ve MTA-4 (IV)) kuyusundan alınan su örneklerinin analiz sonuçları

		I	II	D	ÇVK	IV
Ölçüm/örnekleme tarihi		28.05.2002	28.05.2002	28.05.2002	03.07.2002	03.07.2002
Parametre	Birim					
Debi (Q)	L/s	20.0		1.0		
Sıcaklık (T)	°C	45.6	46.4	30.1	41.0	46.6
pH		6.38	6.28	6.60	6.31	6.30
Elektriksel iletkenlik	µS/cm	2770	2760	3460	2850	2970
Toplam çözünmüş katı madde	mg/L	1820	1810	2350	1930	2000
Sodyum (Na)	mg/L	173.6	191.3	300.8	222.9	245.4
Potasyum (K)	mg/L	30.60	31.4	47.9	36.7	41.3
Kalsiyum (Ca)	mg/L	340.0	340.0	320.0	351.0	361.0
Magnezyum (Mg)	mg/L	85.0	97.2	121.5	103.0	85.0
Karbonat (CO ₃)	mg/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Bikarbonat (HCO ₃)	mg/L	1280.0	1280	1525	1525	1585
Klorür (Cl)	mg/L	225.0	230.0	300.0	215.0	230.0
Sülfat (SO ₄)	mg/L	195.0	210.0	265.0	170.0	165.0
Toplam sertlik	FS	120.0	125.0	130.0	130.0	125.0
Demir (Fe)	mg/L	0.304	0.702	0.040	0.041	0.115
Mangan (Mn)	mg/L	0.170	0.162	0.085	0.131	0.121
Bakır (Cu)	mg/L	0.020	0.012	0.013	0.031	0.016
Çinko (Zn)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.016	0.015
Krom (Cr)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015
Kurşun (Pb)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Nikel (Ni)	mg/L	0.019	0.000	0.000	0.027	0.051
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0.009	0.015	0.010	0.011	0.015
Kobalt (Co)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Çizelge 7: Yıldız Irmağı (YI) , Karlıpınar çeşmesi (Kp), İnpınarı çeşmesi (İp) ve Sarıkaya (SK) dan alınan su örneklerinin analiz sonuçları

		YI	Kp	İp	SK
Ölçüm/örnekleme tarihi		28.05. 2002	28.05. 2002	28.05. 2002	28.05. 2002
Parametre	Birim				
Debi (Q)	L/s		1.0	0.5	<0.1
Sıcaklık (T)	°C	14.6	11.1	11.2	11.4
pH		8.26	8.50	8.22	7.40
Elektriksel iletkenlik	µS/cm	500	295	430	3130
Toplam çözünmüş katı madde	mg/L	330	190	270	2100
Sodyum (Na)	mg/L	11.2	2.8	5.4	471.1
Potasyum (K)	mg/L	2.50	2.5	1.3	42.1
Kalsiyum (Ca)	mg/L	80.2	50.0	66.1	200.0
Magnezyum (Mg)	mg/L	12.1	6.1	8.5	72.9
Karbonat (CO ₃)	mg/L	12.0	6.0	6.0	0.0
Bikarbonat (HCO ₃)	mg/L	195.0	125.0	180.0	975.0
Klorür (Cl)	mg/L	18.5	14.0	16.0	490.0
Sülfat (SO ₄)	mg/L	38.5	19.5	25.0	290.0
Toplam sertlik	FS	25.0	15.0	20.0	80.0
Demir (Fe)	mg/L	0.180	0.043	0.084	0.039
Mangan (Mn)	mg/L	0.027	0.007	0.000	0.006
Bakır (Cu)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000
Çinko (Zn)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000
Krom (Cr)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000
Kurşun (Pb)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000
Nikel (Ni)	mg/L	0.022	0.000	0.025	0.000
Kadmiyum (Cd)	mg/L	0.006	0.005	0.000	0.007
Kobalt (Co)	mg/L	0.000	0.000	0.000	0.000



Şekil 4-5: Yıldız Irmağı, İnpınarı çeşmesi, Karlıpınar çeşmesi ve Sarıkaya'dan alınan su örneklerine ait Piper diyagramları

Doyguluk indeksi (DI), suların çözünmüş mineraller açısından denge durumundan olan sapmalarını sayısal (kantitatif) olarak ifade etmektedir. Eğer su çözünmüş mineral açısından tam doygun ise DI sıfıra eşittir. DI'nin pozitif değerleri doygunluğu, negatif değerleri ise doygun olmayan durumu göstermektedir. DI nin değerleri suda oluşacak süreçlerin yönünü işaret eder: Doygun olmayan durumda mineral çözünmesi, doyguluk durumunda ise mineral çökelişi beklenir (Apello ve Postma, 1996; Drever, 1996; Langmuir, 1997).

Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya'dan örneklenerek kimyasal analizleri yapılan sıcak sular, kaynak suları ve Yıldız Irmağı suyunun çeşitli mineraller açısından doyguluk özellikleri WATEQF bilgisayar programı (Plummer ve diğerleri, 1984) kullanılarak doyguluk indeksleri hesaplanarak incelenmiştir. Analizi yapılan suların anhidrit, aragonit, kalsit, dolomit, jips ve halit mineralleri için Doyguluk İndeksleri (DI) hesaplanmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8: İnceleme alanındaki suların Doygunluk İndeksi (DI) hesaplama sonuçları

	Anhidrit	Aragonit	Kalsit	Dolomit(d)	Dolomit(c)	Jips	Halit
MTA-I	-1.193	0.425	0.555	0.543	1.015	-1.092	-6.133
MTA-II	-1.170	0.330	0.459	0.413	0.882	-1.075	-6.066
D	-1.214	0.458	0.598	0.655	1.185	-1.017	-5.726
ÇVK	-1.301	0.368	0.501	0.474	0.962	-1.168	-6.021
MTA-IV	-1.261	0.455	0.584	0.587	1.055	-1.167	-5.963
YI	-2.176	0.667	0.818	0.426	1.020	-1.926	-8.231
Kp	-2.582	0.495	0.649	-0.081	0.529	-2.327	-8.929
İp	-2.400	0.462	0.616	-0.122	0.487	-2.145	-8.595
SK	-1.295	0.622	0.776	0.657	1.265	-1.041	-5.262

Su (örnek) noktaları: Y:Yıldız Irmağı, Kp:Karlıpınar İp:İnpınarı Çeşmesi, SK:Sarıkaya, MTA-I: MTA-I kuyusu, MTA-II: MTA-II kuyusu, D: Delikkaya, ÇVK: Çermik villaları kuyusu, MTA-IV: MTA-4 kuyusu

DI hesaplamalarına göre (Çizelge 8) incelenen sular aragonit, kalsit ve dolomit mineralleri açısından doygun; anhidrit, jips ve halit mineralleri açısından ise doygun olmayan durumdadır. Bu sonuçlar inceleme alanındaki sıcak suların rezervuar (akifer) kayalarının ve soğuk suların akiferlerinin mineralojik ve petrografik bileşimi ile uyumluluk göstermektedir.

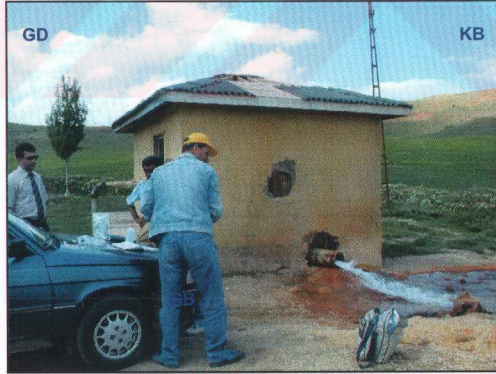
Sıcak Çermik ve civarındaki sıcak suların rezervuar kayacı Akdağmadeni Metamorfiklerine ait mermerlerdir (Kaçaroğlu ve diğerleri, 1994). Soğuk kaynak suları (Kp, İp, SK) ise travertenlerden boşalan sulardır. Sıcaksu boşalım noktalarında güncel olarak CaCO_3 (traverten) çökelimleri gözlenmektedir.

5. SICAK ÇERMİK, DELİKKAYA VE SARIKAYA TRAVERTENLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ

5.1. Giriş

Sıcak Çermik, Sivas ve çevresinde bulunan jeotermal alanların en önemlisi olup, turizm amaçlı işletilen Sivas Belediyesine ait sosyal tesisler (oteller, banyolar, havuzlar ve park alanları), Cumhuriyet Üniversitesi Uygulama ve Araştırma Hastanesi Fiziksel Tedavi ve Rehabilitasyon Polikliniği'ne bağlı Hidroterapi Merkezi ve yazlık tipi yerleşimlerden oluşmaktadır.

Sosyal tesislerde kullanılan sıcak su, açılan sondaj kuyularından alınmaktadır (Şekil 4-1 ve 5-1). Geçmiş yıllarda (1980 ve öncesinde) sıcak suyun doğal kaynaklardan çıktığı bölgeyi bilen yaşlı insanlarla yapılan sözlü görüşmeler ve arazi gözlemleriyle belirlenmiştir (Şekil 5-2). Ancak günümüzde gerek sondaj kuyularından kontrolsüz su alımı, gerekse işletilen traverten ocaklarında yapılan izinsiz patlatmalar nedeniyle yeraltı dinamiğinin bozulan dengesi, yeraltı su seviyesinin düşmesine ya da yeraltı suyunun kaçmasına neden olmuş, daha yüksek kotlarda bulunan bu doğal kaynaklara sıcak su çıkışını önlemiştir (Şekil 5-2).



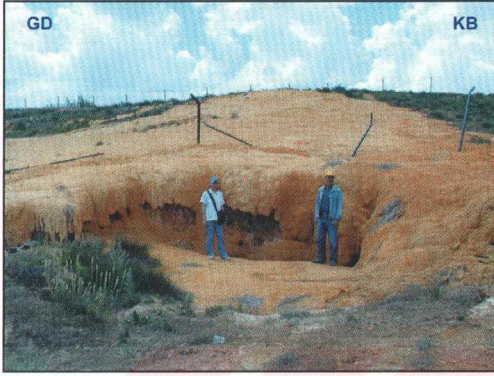
Şekil 5-1: MTA-II kuyusunun ve tahliye edilen suyun görünümü (KD'dan GB'ya bakış)



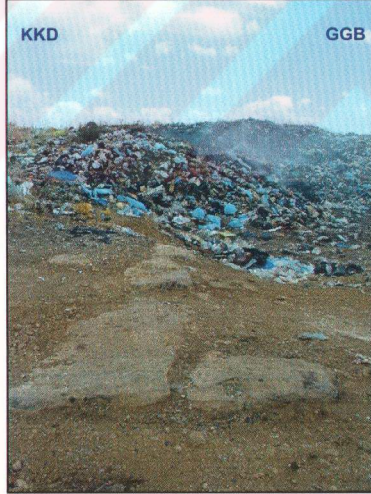
Şekil 5-2: Tepe Çermik bölgesinde yakın geçmişe kadar (1980 li yıllarda) aktif olan sıcak su kaynağı ve çevresinde oluşturulan havuzun görünümü

Bunun sonucu olarak, günümüzde bu bölgede traverten oluşmamaktadır. Atık suların ve kaplıca turizmi sezonunun kapanmasının ardından kuyu sularının tahliyesi amacıyla suların yüzeye bırakılması sonucunda Sıcak Çermik tesislerinin doğu yamacında Yıldız ırmağı vadisine doğru güncel traverten oluşumları gerçekleşmektedir (Şekil 5-3).

Yüz binlerce yıl ile ifade edilen süreç sonucunda oluşmuş olan ve yerbilimleri açısından bir doğa harikası bu travertenlerin mevcut doğasına ek olarak yeni travertenler oluşmamaktadır. Bunun yanı sıra taş ocakları olarak işletilen alanların daha sonra Sivas Belediyesi'nce çermik çöplüğü olarak kullanılması çevreyi ve yer altı suyunu kirletmektedir (Şekil 5-4). Oysa dünya'daki benzer örneklerine bakıldığında bunların tamamına yakın bölümünün Doğal Sit Alanı ilan edilerek koruma altına alındığı görülmektedir. Nitekim benzer uygulama, Pamukkale travertenleri ve çevresindeki arkeolojik alanlar için 1991 yılında uygulanmaya başlanmış ve koruma altına alınmıştır.



Şekil 5-3: Yüzeyden akan, tahliye sıcak sularının çökelttiği travertenlerin görünümü (KD'dan GB' ya bakış)



Şekil 5-4: Midillininboz Sırtı'nın doğusunda çöplük olarak kullanılan traverten alanı

5.2. Sıcak Çermik Travertenlerinin Özellikleri

Travertenlerin morfolojik sınıflaması gözönüne alındığında Sıcak Çermik'te;

- 1- Çatlak sırtı tipi travertenler
- 2- Aşınmış traverten tabakaları
- 3- Teras tipi
- 4- Kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenler; olmak üzere 4 tip traverten morfolojisiz gözlenmektedir gözlenmektedir (Şekil 5-5).

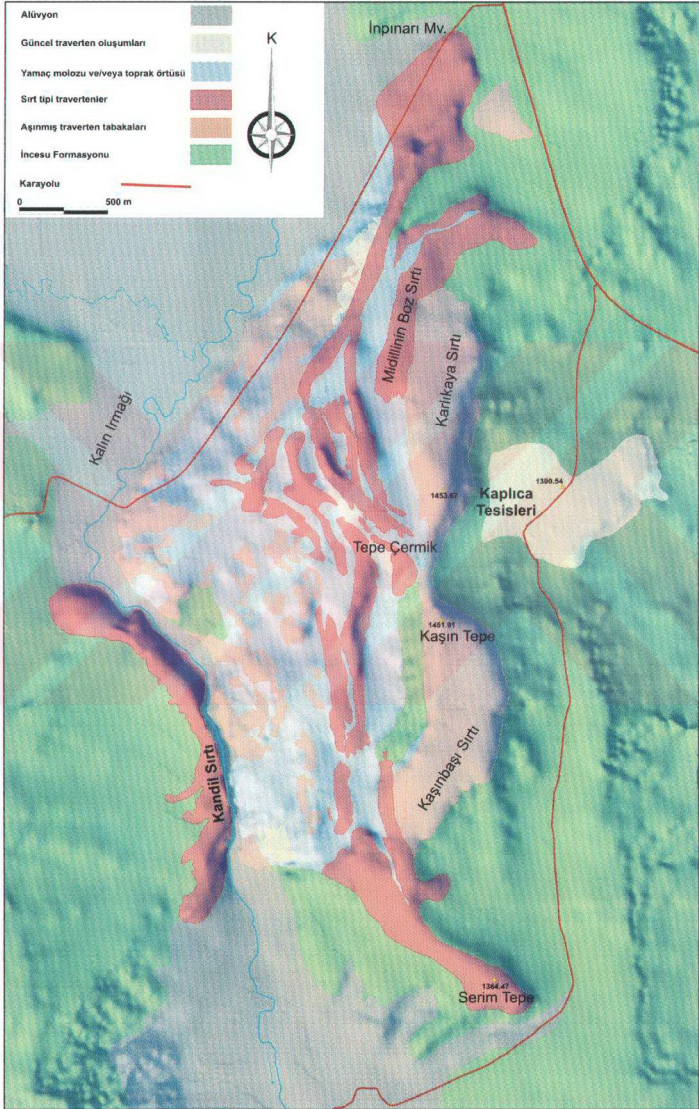
Sıcak Çermik traverten alanı yaklaşık K-G doğrultulu, K ve G uçlarında daralan bir geometriye sahiptir.

Bu bölgede yer alan travertenler büyük oranda kalsit minerali içermekte olup, demirli mineraller (götit ve hematit) içermesi nedeniyle kırmızımsı-sarı renklidir.

Harita düzlemi üzerindeki yayılımlarına göre, Sıcak Çermik bölgesindeki sırt tipi travertenlerin, toplam traverten alanının %52'sini kapladığı görülmektedir. Bunu sırasıyla aşınmış traverten tabakaları (%27) ve güncel traverten oluşumları izlemektedir (%21) (Çizelge 9, Şekil 5-6). Sıcak Çermik'te teras tipi travertenler ve kanal tipi travertenler haritalanamayacak kadar küçük ölçekte bulunmaktadır. Bu nedenle Çizelge 9 ve şekil 5-6' da gösterilmemiştir.

5.2.1. Sıcak Çermik Çatlak-Sırtı Tip Travertenleri

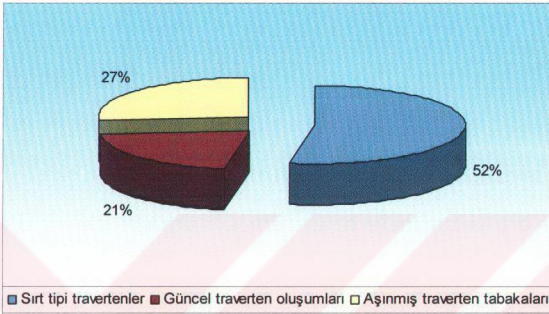
Sıcak Çermik'te yüzeyleyen travertenlerin %52 gibi büyük bir oranını Çatlak-Sırtı tipi (fissure-ridge) travertenler oluşturmaktadır (Şekil 5-5). Sırt tipi travertenler özellikle Kaşın Tepe ve Karlıkaya sırtının batısında yaklaşık K-G uzanımlı bir hat boyunca uzanmaktadır (EK 1). Midillininboz Sırtı ve kuzeybatısında yer alan sırt, Tepe Çermik bölgesinde (Şekil 5-7) gözlenen sırtlar ve Serim Tepe'nin kuzey batısına doğru uzanan sırtlar, Kalın Irmağı'nın doğusunda bulunan önemli sırtlardır. Bunların dışında Kalın ırmağının batısında yer alan Kandil Sırtı da bir başka önemli çatlak-sırtı tip traverten oluşumu olarak dikkati çekmektedir.



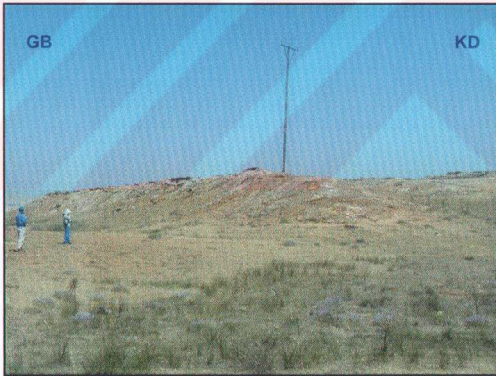
Şekil 5-5: Sıcak Çermik travertenlerinin morfolojik sınıflamaya göre tiplerinin yayılımı

Çizelge 9: Sıcak Çermik travertenlerinin tiplerine göre, kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü (m²)

Sırt Tipi Travertenler	Güncel Traverten Oluşumları	Aşınmış Traverten Tabakaları
2.147.625 m ²	846.375 m ²	1.080.075 m ²



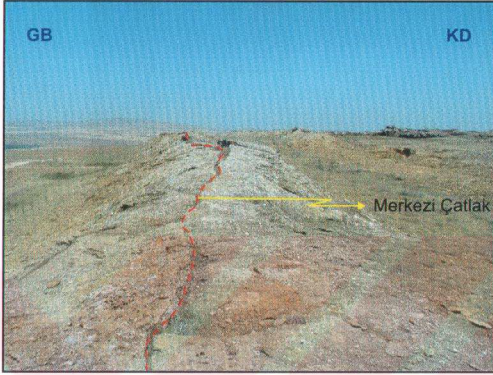
Şekil 5-6: Sıcak Çermik travertenlerinin türlerinin kapladıkları alanların % dağılımları



Şekil 5-7: Tepe Çermik bölgesinde gözlenen sırt tipi traverten oluşumunun yan görünümü (GD' dan KB'ya bakış)

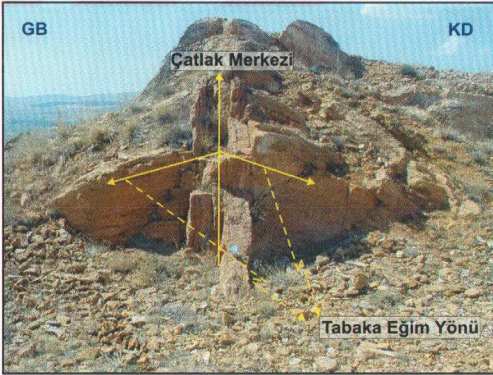
Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya'da bulunan sırt tipi travertenlerin morfolojik özelliklerinin, Chafetz ve Folk (1984) ve Altunel (1994)'in sınıflamalarında tanımladıkları Çatlak-sırtı tip travertenlere aşağıda sıralanan kriterler açısından uydukları gözlenmiştir.

1- Sıcak Çermik'te sırt tipi olarak tanımlanan oluşumların tamamında traverten çökeltten çözellilerin yüzeye çıkmasını sağlayan merkezi bir çatlak bulunmaktadır (Şekil 5-8).



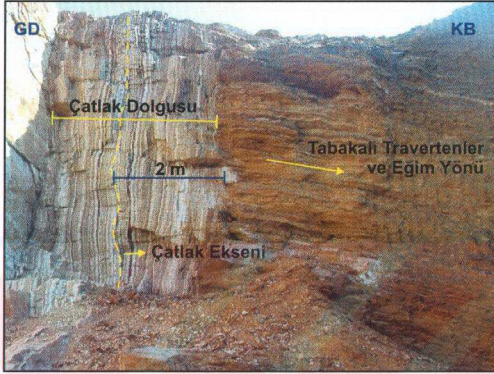
Şekil 5-8: Tepe Çermik bölgesindeki bir sırt tipi travertendeki merkezi çatlağın görünümü (GD' dan KB' ya bakış)

2- Yüzeyle akan suların çöktettiği tabakalı travertenlerin çatlak ekseninin her iki tarafında ve çatlak eksenine dik olacak şekilde eğimli oldukları gözlenmiştir (Şekil 5-9). Tabakalardaki bu eğimler tektonik kökenli değil tamamen eksen morfolojisi ile ilişkili gelişmiş ilksel durumu yansıtmaktadır.



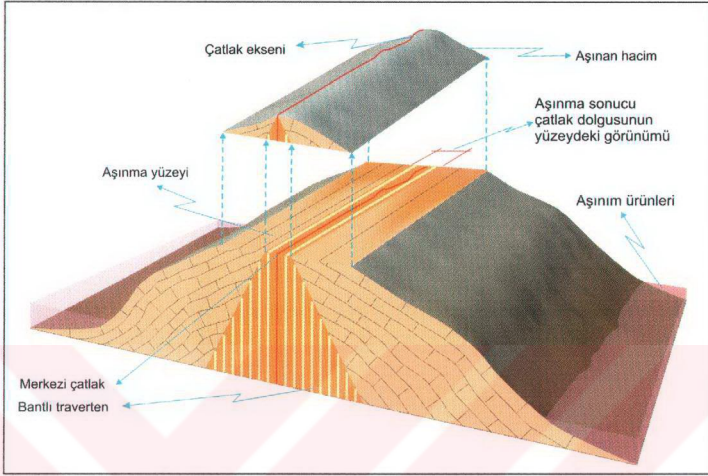
Şekil 5-9: Tepe Çermik bölgesindeki bir sırt tipi travertendeki merkezi çatlağın görünümü (GD' dan KB'ya bakış)

3- Çatlak eksenlerinin tabakalı travertenlere oranla daha az poroziteye sahip düşey konumlu süt beyazdan kahverenginin değişik tonlarına kadar değişebilen bantlı traverten dolgularıyla dolu oldukları gözlenmiştir (Şekil 5-10).



Şekil 5-10: İnpınarı mevkiî'nin güneyindeki sırt tipi traverten yüzleğinde açılmış olan taş ocağında bantlı travertenin görünümü

4- Her bir sırt tipi traverten oluşumunda bulunan çatlak genişliklerinin diğer bir ifadeyle bantlı travertenlerin yüzeyde izlenebilen genişlikleri birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Bunun nedeni hidrotermal etkinliğin durmasının ardından gerçekleşen aşınma evresidir. Yüzeyden tabana doğru genişleyen bir geometriye sahip olan dolgunun yüzeydeki arakesiti aşınma arttıkça genişlemektedir (Şekil 5-11). Sıcak Çermik'te yer alan sırt tipi travertenler, özellikleri nedeniyle çatlakların kronolojik gelişimleri açısından önemli bilgiler barındırmaktadır.

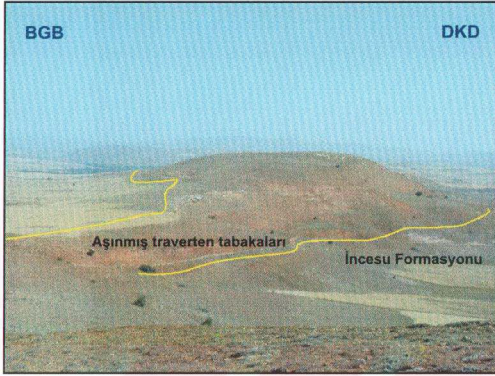


Şekil 5-11: Bir sırt tipi traverten oluşumunun pasif hale geçmesinin ardından etkin olan aşınma evresindeki görünümü (Ölçeksiz)

5.2.2. Sıcak Çermik Aşınmış Traverten Tabakaları

Sıcak Çermik'te sırt tipi travertenlerin ardından, kapladığı yüzey alanı bakımından ikinci sırada bulunan ve tüm travertenlerin yaklaşık % 27'sini oluşturan traverten tipi, aşınmış traverten tabakalarıdır.

Bu tip travertenlerin büyük bölümü, Kaşın Tepe'de ve Karlıkaya sırtında gözlenmektedir (Şekil 5-5, 5-12 ve 5-13) (EK 1). Ayrıca Kalın Irmağı'na doğru inen yamaç üzerindeki travertenler, topografyanın gevşek malzeme/toprak oluşumu ile örtülü olması nedeniyle net olarak izlenememiştir. Doğru ve eğim alınabilen bazı noktalardaki gözlemler, bu travertenlerin de aşınmış traverten tabakaları tipinde olabileceği yönünde izlenim sunmaktadır. Sözü edilen bu travertenlerin ana sınırları 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda toprak ve yamaç molozları altında kalan ve hava fotoğraflarında çok zor ayırt edilebilen travertenler saptanarak, bunlar aşınmış traverten tabakaları sınıfında değerlendirilmiştir. Bu ölçütlere sahip travertenler Sıcak Çermik'te bulunan travertenler üzerinde yapılan alan hesaplamalarına dahil edilmemiştir.



Şekil 5-12: Karlıkaya Sirtında bulunan aşınmış traverten tabakalarının görünümü (GGD'dan KKB'ya bakış)

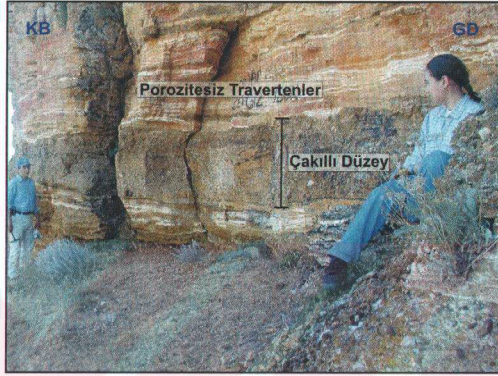


Şekil 5-13: Kaşınbaşı Sirtının batı yamacında aşınmış traverten tabakalarının görünümü (Güneyden Kuzeye bakış)

Kaşınbaşı Sirtı'nda bulunan aşınmış traverten tabakalarında birbirlerinden farklı üç değişik traverten oluşumu gözlenmektedir.

- 1- Sirt tipi travertenlerin çatlaklarını dolduran bantlı travertenlere benzeyen tabakalı travertenler (Şekil 5-14).
- 2- Çakılları ve çimento malzemesi travertenden oluşan tabakalı traverten düzeyleri

- 3- Çimento malzemesi traverten olan ve içerisinde metamorfik, volkanik, ofiyolit ve radyolarit gibi değişik kökenli kayalardan türemiş çakıllar içeren çakıllı düzeyler (Şekil 5-14).



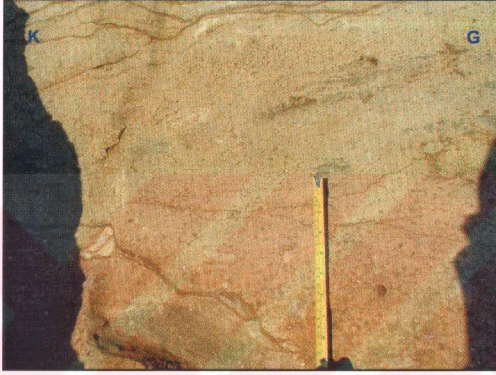
Şekil 5-14: Kaşınbaşı Sırtı'nın batı yamacında bulunan çakıllı düzey ile porozitesiz travertenlerin görünümü

Özkul ve diğerleri (2002), Denizli travertenlerinde de benzer çakıllı düzeyler gözlemiş ve bu düzeyleri "*çakıllı traverten litofasiyesi*" olarak tanımlamışlardır. Özkul ve diğerleri (2002) ne göre bu çakıllı düzeyler, zaman zaman meydana gelen sellenmelerle depolanma ortamına taşınan daha yaşlı kayaç çakıllarının travertenlerle birlikte çökmeleriyle oluşmaktadır.

Sıcak Çermik'teki Kaşınbaşı sırtının batı yamacında bulunan çakıllı düzeylerin bileşenleri incelendiğinde bunların travertenler için temel kayaç niteliğinde olan İncesu Formasyonu'nu oluşturan kırıntılı birimler içerisindeki çakıllar ile aynı olduğu gözlenmektedir. Olasılıkla İncesu Formasyonu'nun aşınması sonucu serbestleşen çakıllar Özkul ve diğerleri (2002) nin belirttiği gibi zaman zaman meydana gelen sellenme ya da küçük akarsular aracılığı ile bu bölgedeki traverten çökelim ortamlarına taşınarak travertenlerle birlikte çökmüşlerdir (Şekil 5-15, 5-16 ve 5-17). Çakıllı düzeylerin travertenler içerisinde kanal dolgularını andıran merccekler biçiminde bulunması bir akarsu sisteminin varlığını göstermektedir (5-17).

Kaşınbaşı sırtındaki travertenlerde ayrıca Guo ve Riding (1998) tarafından *Litoklastik traverten litofasiyesi* olarak tanımlanan oluşumlar gözlenmektedir.

Litoklastik fasiyes, fiziksel etmenlerle parçalanmış traverten çakıllarının traverten çökelişi devam eden bir ortama taşınmaları ve burada yine traverten ile çimentolanmaları sonucunda oluşmaktadır. Litoklastik fasiyeste oluşan travertenler içerisindeki çakıllar, köşeli-breşik bir görünümün yanı sıra blok boyutuna varan ölçülere de ulaşmaktadır (Şekil 5-15).

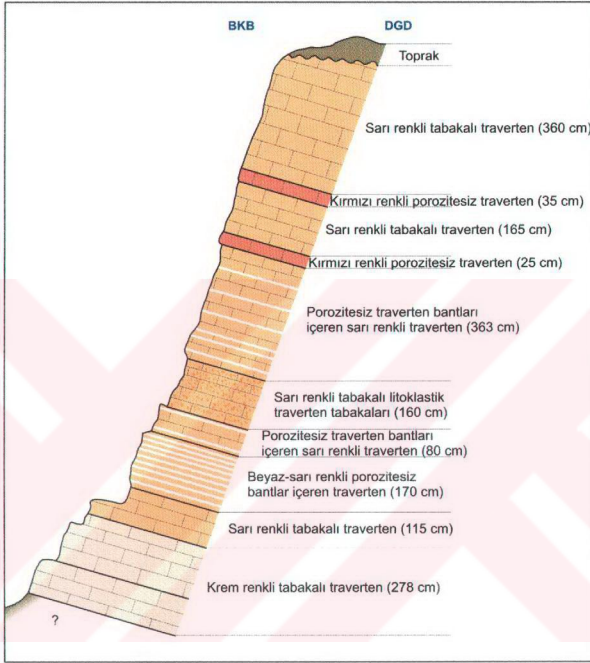


Şekil 5-15: Kaşınbaşı Sirtının batı yamacında bulunan litoklastik traverten fasiyesinin görünümü

Guo ve Riding (1998) *Kristalin Kabuk Traverten Litofasiyesi* olarak tanımlanan bu travertenlerin kaynak ağızlarında ya da kaynağa yakın bölgelerde biyolojik aktivitenin az ya da hiç olmadığı ortamlarda, hızlı akan sıcak sular tarafından yüzeysel koşullarda çökeldiğini öne sürmektedir.

Bu durum, bu tip travertenlerin çatlak eksenlerindeki oluşumlar ile çelişmektedir. Travertenlerin yüzeysel koşullardaki çökelişleri sonucunda buna benzeyen gözeneksiz traverten oluşmamaktadır. Sıcak Çermik'te bulunan sosyal tesislerdeki havuzların tabanından, yan duvarlarından çıkarılan çökeller incelenmiş, bunların da çatlak eksenlerinde ve Kaşınbaşı sırtında bulunan porozitesiz travertenlerle benzerlikler taşıdığı gözlenmiştir. Bu nedenle, olasılıkla Kaşınbaşı sırtında bulunan traverten istifindeki tabakaların eğim yönlerinin yaklaşık doğuya doğru olması nedeniyle bu çökellerin, çok yakınlarında ve batısında sıcak su çıkan kaynak ve/veya kaynaklardan beslenen, zaman zaman iklimsel etmenlerle içerisine değişik kökenli çakılların taşındığı sığ bir gösel

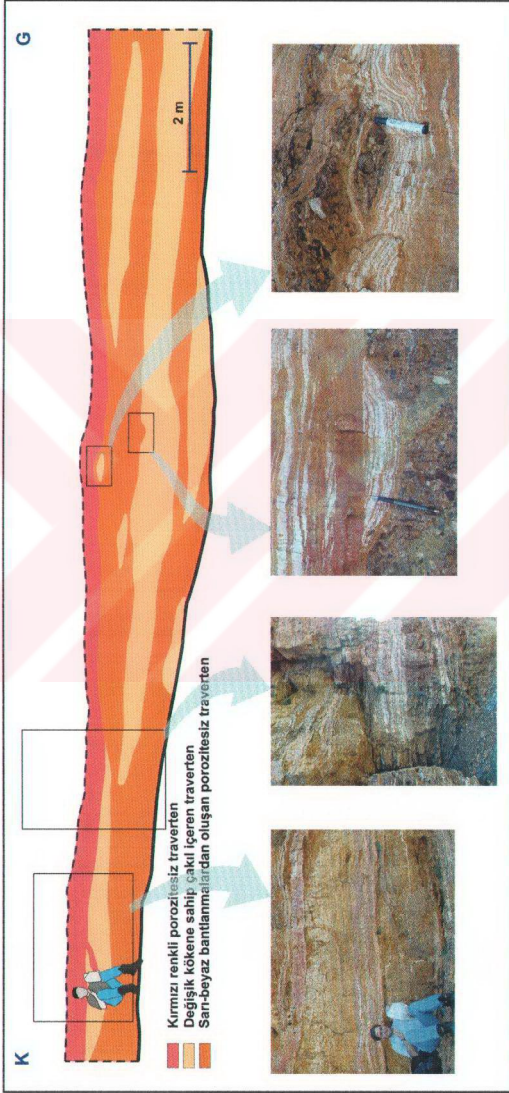
ortamda yada bir çöküntü alanında biriktiğini göstermektedir. Kaşınbaşı sırtının BGB ucunda güncel bir çöküntü alanı yer almaktadır (Şekil 5-18).



Şekil 5-16: Kaşınbaşı Sırtı'nın batı yamacından alınan ölçülü stratigrafik kesit

Ayrıca Kaşınbaşı sırtında bulunan travertenlerin büyük bir Sırt tipi travertenin doğu kanadının kalıntıları olabileceğini gösteren bazı jeolojik veriler de saptanmıştır. Bu veriler travertenlerin tektonik özelliklerinin anlatıldığı yedinci bölümde tartışılmıştır.

Bunların dışında İnpınarı mevkinin yaklaşık 500 m güneydoğusunda renginin beyaz olması ve bol bitki kalıntısı içermesi nedeniyle diğer travertenlerden makro-mikro özellikleri bakımından farklılık gösteren beyaz-bej renkli travertenlerle dokanak ilişkisi gözlenmeyen travertenler ise aşınmış traverten tabakaları sınıfında değerlendirilmiştir.



Şekil 5-17: Kaşınbaşı Sirtında yüzleyeyen aşınmış traverten tabakalarının iç yapısını gösteren kesit ve fotoğraflar



Şekil 5-18: Kaşınbaşı Sirtının BGB ucunda travertenlerde gözlenen çöküntü alanı

5.2.3. Sıcak Çermik Teras Tipi Travertenleri

İncelenen tüm traverten alanlarında Teras tipi traverten oluşumları yalnızca Sıcak Çermik bölgesinde ve birkaç küçük yüzlek olarak sırt tipi traverten oluşumlarının eğimli kanatları üzerinde gözlenmektedir.

Bunlardan en dikkat çekici olanı Tepe Çermik mevkisinden güneye doğru uzanan sırtın güney ucuna yakın ve doğuya bakan kanadı üzerinde yer almaktadır (Şekil 5-7 ve 5-19). Bu tip oluşumlar yüzlek genişliklerinin küçük olması nedeniyle haritalanamamıştır.



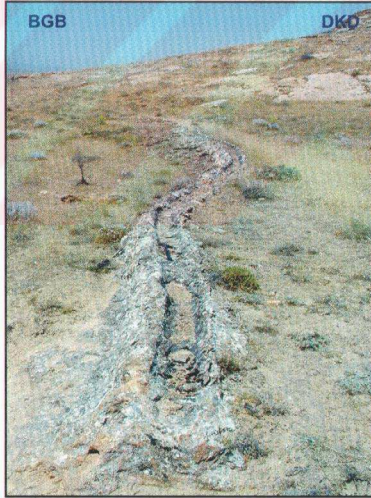
Şekil 5-19: Karlıpınar KB'sında teras tipi traverten oluşumunun görünümü (KKD' dan GGB' ya bakış)

5.2.4. Sıcak Çermik Kanal Tipi Travertenleri

İncelenen tüm traverten bölgelerinde kendiliğinden oluşan kanal tipi travertenler Sıcak Çermik'te yalnızca bir yerde gözlenmektedir.

Bu tip travertenler kalsiyum bikarbonatça zengin suların topografya üzerinde bulunan her hangi bir kanal içerisinde akmasıyla oluşur. Sıcak Çermik traverten alanında Tepe Çermiğin yaklaşık 500 metre KKB'sında bulunan kanal tipi travertenin gidişi, eşyükselti eğrilerine yaklaşık paralel konumludur. Bu durum, suyun doğal bir kanaldan ziyade, insanlar tarafından açılmış bir kanal boyunca akıtıldığını, diğer bir ifade ile suyun bir yerden başka bir yere taşındığına işaret etmektedir (Şekil 5-20). Eğer su doğal bir kanaldan akacak olsaydı oluşacak kanal tipi traverten, eşyükselti eğrilerine dik, yani topoğrafik eğim yönünde gelişmesi gerekirdi.

Bu durum mutlak yaş verileriyle değerlendirildiğinde ancak jeoarkeolojik-arkeolojik açıdan öneme sahiptir.

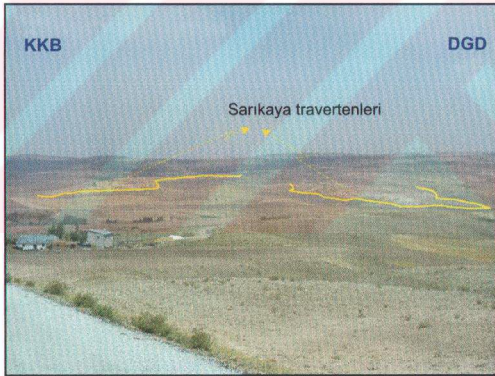


Şekil 5-20: Tepe Çermik KKB'sında kanal tipi traverten oluşumlarının görünümü (GGD'dan KKB'ya bakış)

5.3. Sarıkaya Travertenlerinin Özellikleri

Sarıkaya traverten alanı, Sıcak Çermik yerleşiminin yaklaşık 5.5 km KD'sunda ve Yıldız Irmağı vadisinin doğu yamacı üzerinde bulunmaktadır. (Şekil 5-21) (EK 1).

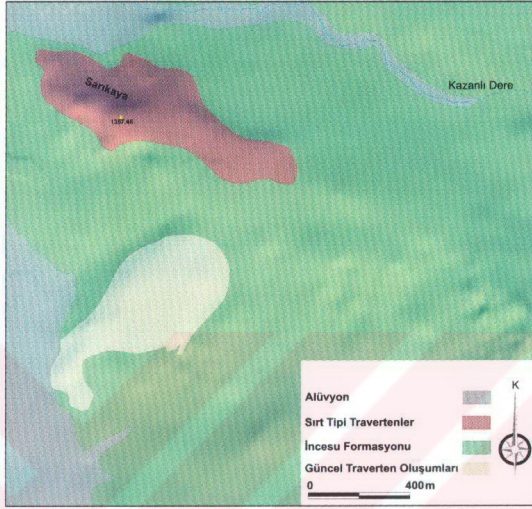
Bu bölgedeki travertenler, konumları ve traverten tipleri açısından birbirlerinden ayrı iki bölgede gözlenmektedir (Şekil 5-22). Bu traverten alanlarından kuzeyde olanı üzerinde herhangi bir hidrotermal etkinlik gözlenmemekte ve sırt tipi traverten oluşumu görünümündedir. Güneydeki ise üzerinde barındırdığı çok sayıda aktif ve pasif su çıkış merkezleri bulunmakta ve güncel traverten oluşumları biçiminde gözlenmektedir. Bu bölgede yer alan traverten tipleri, harita üzerinde kapladıkları yüzey alanı bakımından karşılaştırıldığında sırt tipi traverten oluşumları daha büyük bir alana yayılmaktadırlar. (Çizelge 10, Şekil 5-23).



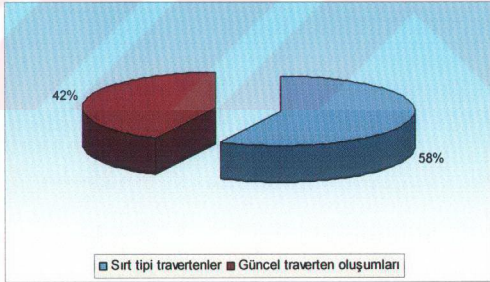
Şekil 5-21: Sarıkaya travertenlerinin genel görünümü (BGB'dan DKD'ya bakış)

Çizelge 10: Sarıkaya bölgesi travertenlerinin tiplerine göre kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü (m²)

Sırt Tipi Travertenler	Güncel Traverten Oluşumları
247.250 m ²	181.950 m ²



Şekil 5-22: Sarıkaya travertenlerinin morfolojik sınıflamaya göre tiplerinin yayılımı

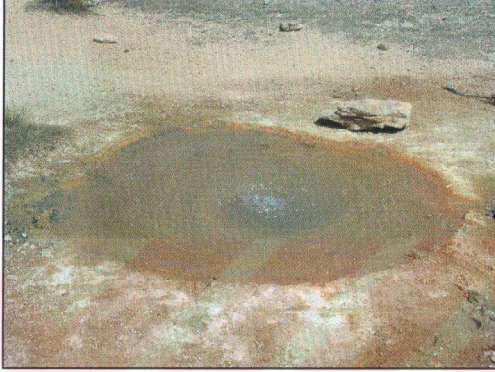


Şekil 5-23: Sarıkaya bölgesindeki traverten tiplerinin kapladıkları alan dağılımları

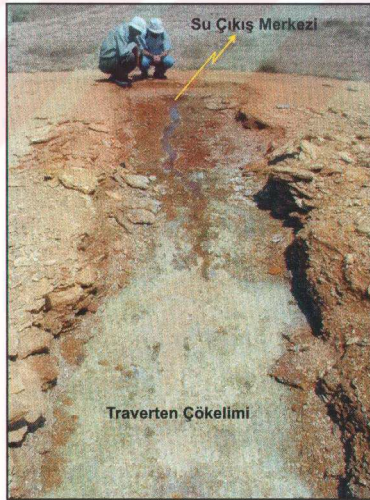
5.3.1. Sarıkaya Güncel Traverten Oluşumları

Sarıkaya traverten alanının güneyinde güncel su çıkışına bağlı olarak traverten oluşumu halen devam etmektedir (Şekil 5-24 ve 5-25). Bu yüzlekte bulunan taş ocaklarında, güncel traverten oluşumlarının altında daha yaşlı travertenlerin bulunduğu gözlenmektedir (Şekil 5-26). Güncel travertenlerin yaşlı travertenleri örtmesi nedeniyle altta bulunan travertenlerin hangi tip traverten

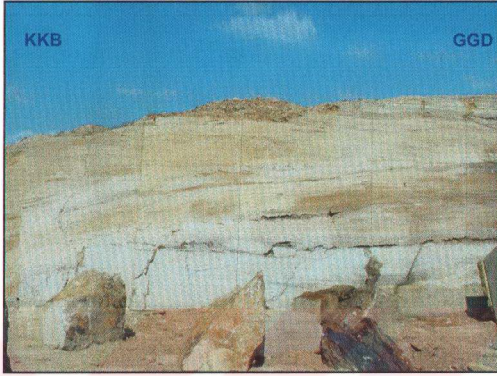
sınıfına ait olduğu belirlenememiştir. Bunların dışında yakın geçmişte aktif olduğu anlaşılan ancak günümüzde pasif duruma geçmiş su çıkış merkezleri de yer almaktadır (Şekil 5-27).



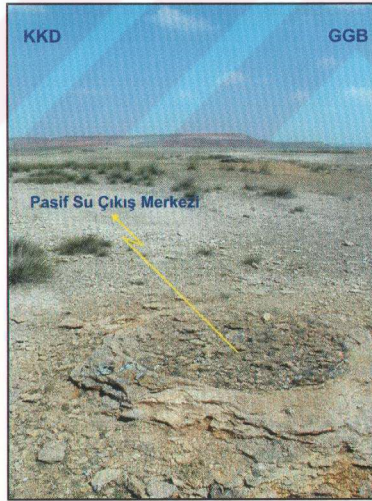
Şekil 5-24: Sarıkaya traverten alanında bulunan aktif su çıkış merkezi



Şekil 5-25: Sarıkaya traverten alanında bulunan aktif su çıkış merkezi ve buna bağlı traverten çökelimi



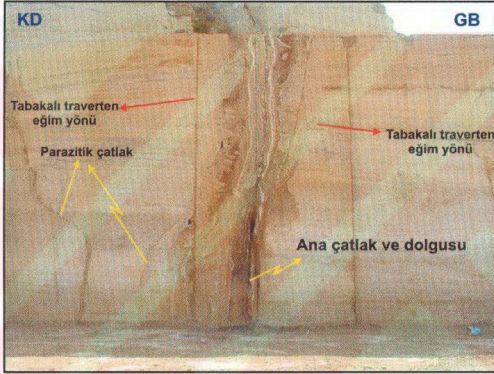
Şekil 5-26: Sarıkaya traverten alanında bulunan taş ocağının görünümü (BGB'dan DKD'ya bakış).



Şekil 5-27: Sarıkaya traverten alanında bulunan pasif su çıkış merkezi

5.3.2. Sarıkaya Çatlak-Sırtı Tipi Travertenleri

Sarıkaya traverten alanının kuzeyde kalan bölümünde yer alan traverten yüzleği, sırt tipi traverten oluşumu olarak gözlenmektedir. Bu bölgede işletilen taş ocağındaki gözlemlerle ana çatlakın yanında çok sayıda parazitik çatlakın da gelişmiş olduğu saptanmıştır (Şekil 5-28). Bitki örtüsü-toprak oluşumlarının çoğunlukla örttüğü ana çatlak eksenini, topografya üzerinde zaman zaman izlenememektedir. Buna bağlı olarak parazitik çatlaklar da haritalanamamıştır. Ancak ocaklarda bulunan yarmalarda bu parazitik çatlakların ana çatlakla uyumlu gidişlere sahip oldukları gözlenmiştir.



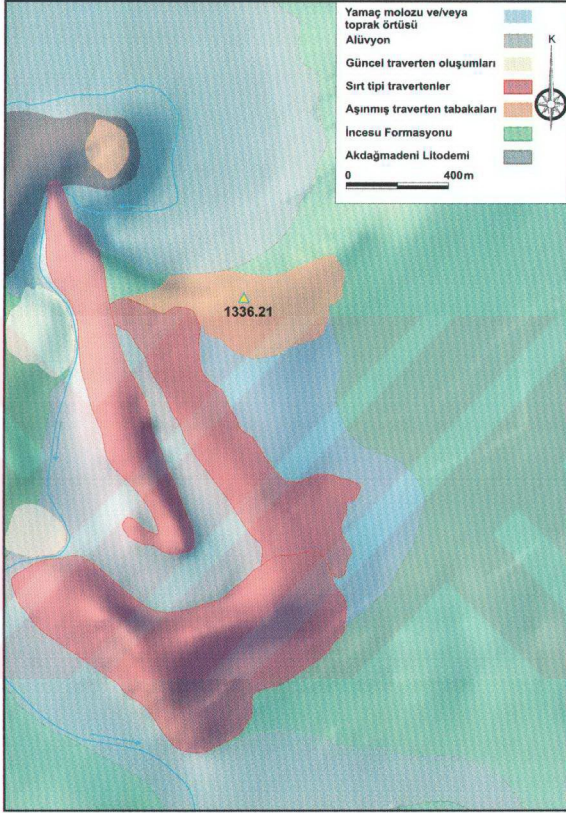
Şekil 5-28: Sarıkaya'da bulunan sırt tipi traverten'deki yarmada ana çatlak ve bantlı travertenler ve tabakalı travertenlerle ilişkileri

5.4. Delikkaya Travertenlerinin Özellikleri

Delikkaya (Uyuz Çermik) traverten alanı Sıcak Çermiğin yaklaşık 6 km KKD'sunda yer almaktadır. Bu bölgede güncel traverten oluşumları, sırt tipi ve aşınmış traverten tabakaları bulunmaktadır (Şekil 5-29) (EK 1).

Buradaki travertenlerin renkleri de Sıcak Çermik ve Sarıkaya'da yüzeyleyen travertenlere benzemektedir.

Harita düzlemi üzerindeki kapladıkları alana göre Sırt tipi travertenler toplam traverten alanının %77'lik bir oranını oluşturarak en geniş yayılıma sahip traverten tipi olarak dikkati çekmektedir (Çizelge 11 ve Şekil 5-30).

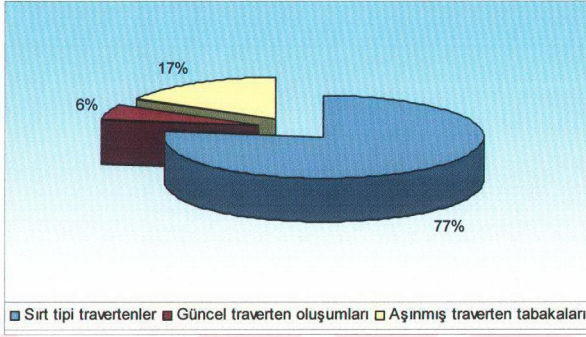


Şekil 5-29: Delikkaya traverten alanında bulunan traverten tiplerinin yayılımı

Bu bölgede Sıcak Çermik ve Sarıkaya bölgesinden farklı olarak inceleme alanının kuzeyinde travertenin temelinde Akdağ metamorfiklerine ait mermerler yüzülemektedir.

Çizelge 11: Delikkaya travertenlerinin tiplerine göre kapladığı yüzeylerin alansal büyüklüğü (m²)

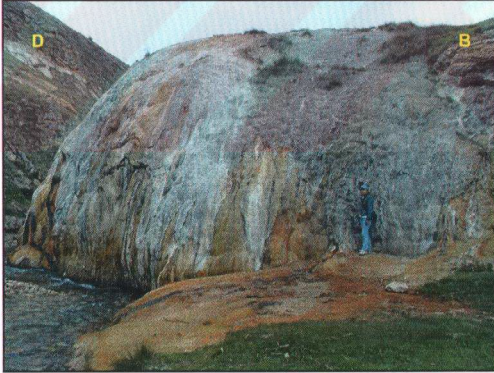
Sırt Tipi Travertenler	Güncel Traverten Oluşumları	Aşınmış Traverten Tabakaları
153.175 m ²	11.800 m ²	33.425 m ²



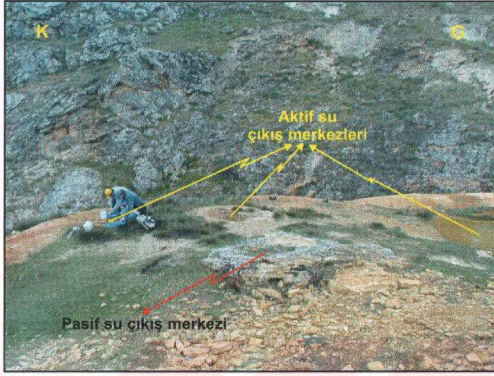
Şekil 5-30: Delikkaya'da bulunan traverten tiplerinin kapladıkları alan dağılımları

5.4.1. Delikkaya Güncel Traverten Oluşumları

Delikkaya'da hidrotermal etkinlik halen devam etmektedir. Burada da Sarıkaya'dakine benzer aktif ve pasif su çıkış merkezleri bulunmakta ve traverten çökelimi günümüzde halen devam etmektedir (Şekil 5-31 ve 5-32).



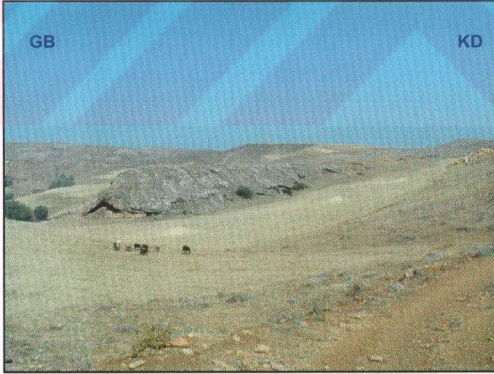
Şekil 5-31: Delikkaya'da güncel traverten oluşumlarının görünümü (K'den G'e bakış)



Şekil 5-32: Delikkaya'da aktif ve pasif su çıkış merkezlerinin görünümü (B'dan D'ya bakış)

5.4.2. Delikkaya Çatlak-Sırtı Tip Travertenleri

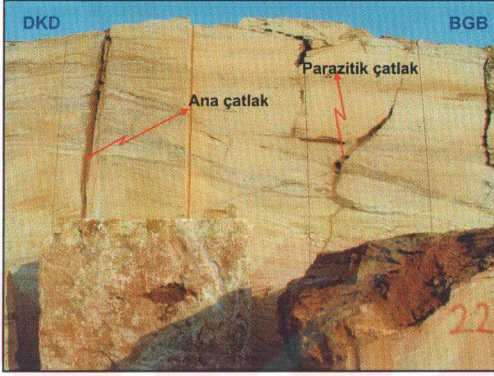
Delikkaya traverten alanında üç adet önemli sırt tipi traverten oluşumu bulunmaktadır (Şekil 5-29). Bunlar Sırt tipi travertenlerin en tipik ve güzel örnekleridir (Şekil 5-33).



Şekil 5-33: Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunun görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

Bu bölgede yer alan travertenler içerisinde de, diğer traverten alanlarında olduğu gibi dekoratif amaçlı yapı malzemesi olarak işletilmek amacıyla taş ocakları açılmıştır. Ocaklarda yer alan yarmalar incelendiğinde burada da ana çatlakla bağlantılı bir çok parazitik çatlak gözlenmiştir (Şekil 5-34).

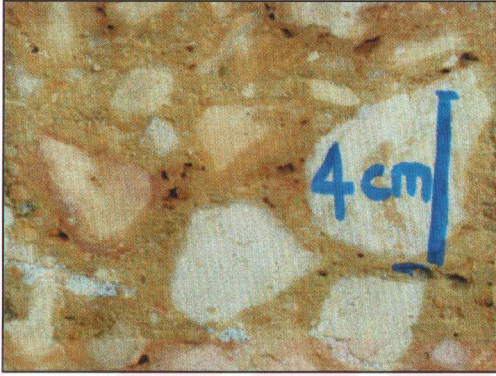
Bu bölgedeki sırt tipi travertenlerde açılmış olan ocaklardaki yarmalarda gözlenen tabakalı travertenler içerisinde de litoklastik traverten oluşumları gözlenmektedir (Şekil 5-35 ve 5-36).



Şekil 5-34: Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunun düşey bir yarmadaki görünümü (KKB'dan GGD'ya bakış)



Şekil 5-35: Delikkaya'da bir sırt tipi traverten oluşumunda bulunan tabakalı travertenler içerisinde yer alan litoklastik düzeyin görünümü



Şekil 5-36: Şekil 5-35 'deki litoklastik düzeyin yakından görünümü

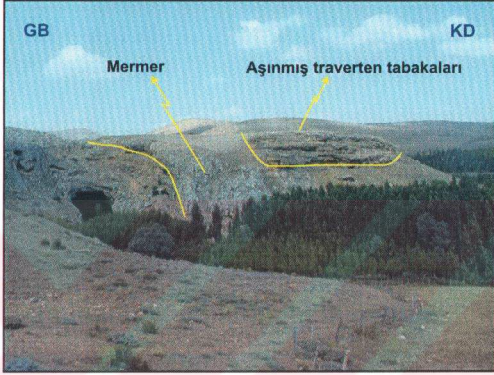
Bu bölgede yer alan sırt tipi travertenlerde gelişmiş ilginç bir yapı da Delikkaya traverten alanında yer alan ve yaklaşık K-G gidişli en batıdaki sırt tipi travertende gözlenmektedir. Bu traverten kütesinin kuzey ucunu, kuzeyden güneye doğru kat eden dere aşındırarak mağara şeklinde büyük bir geçit oluşturmuştur (Şekil 5-29 ve 5-37).



Şekil 5-37: Delikkaya'da sırt tipi travertende gelişmiş geçit'in görünümü

5.4.3. Delikkaya Aşınmış Traverten Tabakaları

Delikkaya'da bulunan tüm traverten alanının % 17'sini oluşturan aşınmış traverten tabakaları inceleme alanının kuzeyinde ve 1336 rakımlı tepede iki ayrı yüzlek halinde gözlenmektedir (Şekil 5-38).



Şekil 5-38: Delikkayada aşınmış traverten tabakalarının görünümü

1336 rakımlı tepede yer alan bu oluşumda da Sıcak Çermik Kaşınbaşı sırtının batı yamacında bulunan ve bantlı travertenlere benzeyen yatay durumlu damarlar gözlenmektedir (Şekil 5-39).



Şekil 5-39: Delikkaya'da aşınmış traverten tabakaları içerisinde yer alan tabakalı travertenlerin görünümü

6. İnceleme Alanlarında Bulunan Travertenlerin Mineralojik Özellikleri

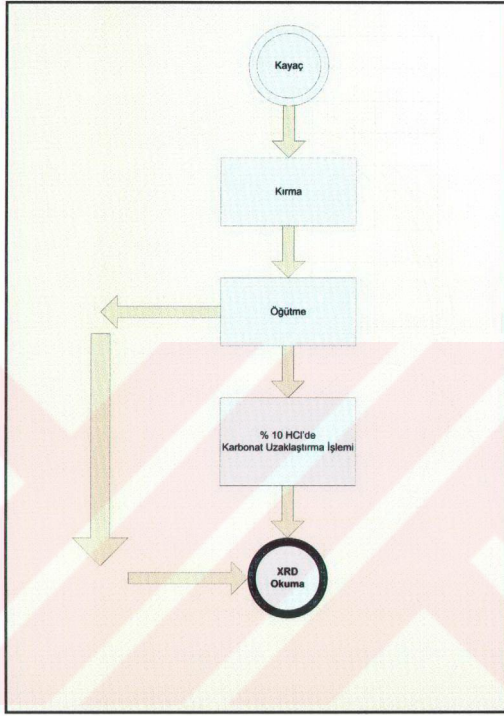
Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya bölgelerinde yüzeyleyen travertenler açık sarıdan turuncu ve kahverengiye kadar değişen tonda bir renk değişim aralığına sahiptir. Travertenlere bu rengi veren minerallerin anlaşılması ve mineralojik özelliklerinin saptanması amacıyla üç lokasyondan da örnekler alınarak mineralojik analizleri yapılmıştır.

Bu amaçla saha çalışmaları süresince 95 adet traverten örneği alınmıştır. Örneklerin mineralojik analizleri Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde bulunan Mineralojik-Petrografik ve Jeokimya Laboratuvarında (MİPJAL) yapılmıştır.

6.1 Yöntem

Sahadan toplanan örnekler öncelikle yüzeysel tozlardan arındırılmak amacıyla yıkanarak Kırma-Öğütme laboratuvarında çeneli kırıcılarda kırılıp öğütme (toz haline getirme) işlemi için hazırlanmıştır. Öğütme işlemi için daha önce çeneli kırıcıda kırılarak yaklaşık 3 cm boyutlu tanelere ayrılan örneklerden yaklaşık 100 gram alınarak diskli değirmenlere konulmuştur. Örneklerin karbonat bileşiminde olması nedeniyle yaklaşık 20 dakikalık öğütme işlemi, her bir örnek için uygulanarak örneklerin tamamı toz haline getirilmiştir.

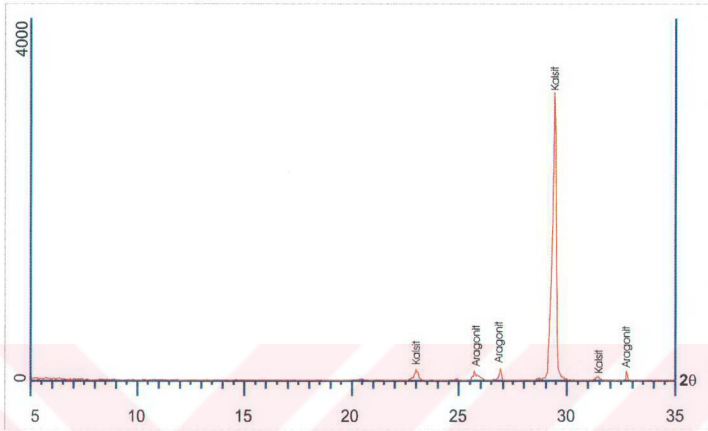
Toz haline getirilen örnekler karbonat minerallerinin saptanması amacıyla başka bir işlemden geçirilmeden X Işınları Difraktometresi (XRD) cihazında okunmuştur. Tüm örnekler XRD cihazında okunduktan sonra karbonat mineralleri dışındaki minerallerin belirlenebilmesi için her bir örneğe %10 derişime sahip HCl eklenerek karıştırıcı (mikser) aracılığı ile karbonat mineralleri uzaklaştırılmıştır. Bu şekilde elde edilen örneklerden analiz için yeter miktarda olanlar tekrar XRD cihazında okunarak karbonat dışındaki mineraller belirlenmiştir. İşlem akış şeması şekil 6-1'de verilmiştir.



Şekil 6-1: Jeokimyasal analizlerde kullanılan yöntemin iş akış şeması

6.2. Traverten Örneklerinin Mineralojik Özellikleri

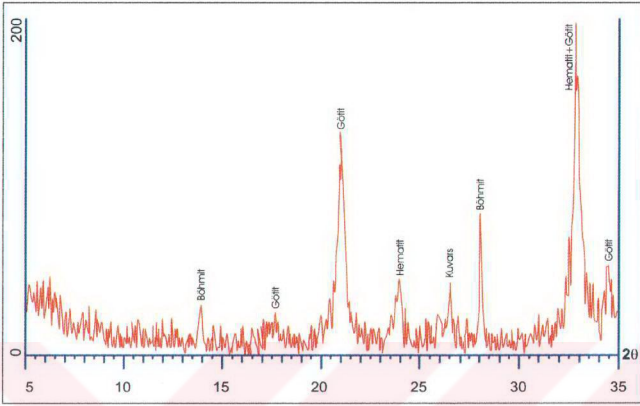
Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya'dan alınan ve analizler için hazırlanan örneklerin karbonat uzaklaştırılmadan yapılan analizlerine göre örneklerin tamamına yakınının büyük oranda kalsit minerallerinden oluştuğu saptanmıştır. Yalnızca bir sırt tipi travertenin merkezinden alınan örneğin analiz sonuçlarında çok küçük aragonit pikleri saptanmıştır (Şekil 6-2). Kalsit dışında eser olarak kayacda bulunan minerallerin saptanabilmesi için örneklerde bulunan karbonat HCl ile uzaklaştırılarak XRD analizleri yapılmıştır.



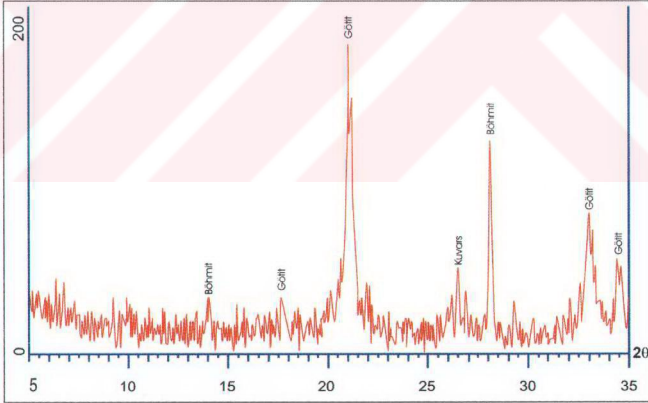
Şekil 6-2: Midillininboz sırtının KD ucunda bantlı travertenlerden alınan bir örneğin XRD difraktogramı

Bu analiz sonuçlarına göre travertenlerde oran olarak kalsit dışında demirli, alüminyumlu mineraller saptanmıştır. Bunların dışında bazı örneklerde barit ve kuvars mineralleri de gözlenmiştir. XRD difraktogramlarının incelenmesi sonucunda örneklerin çoğunda *böhmüt* $\text{AlO}(\text{OH})$, *götit* $\text{FeO}(\text{OH})$ ve *hematit* (Fe_2O_3) bulunduğu saptanmıştır (Şekil 6-3, 6-4, 6-5 ve 6-6).

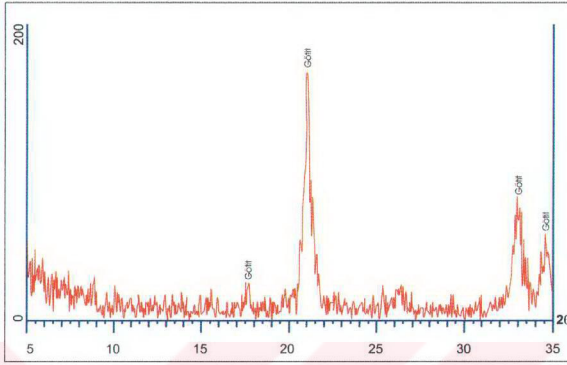
Sivas bölgesindeki sıcak kaplıca suları için halk arasında suya ve travertenlere sarı rengi veren elementin kükürt olduğu gibi yaygın bir görüş vardır. Ancak XRD analizlerinde kükürt içeren herhangi bir bileşiğe yada minerale rastlanmamıştır. Kayaçlarda kükürt bulunup bulunmadığından emin olmak amacıyla C.Ü. Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Kömür Kalitesi Laboratuvarında mineralojik analiz için alınan örneklerden tabakalı ve sırt tipi travertenlerdeki bantlı travertenlerden alınan 8 örnek LECO marka cihazda 1400 °C' de yakılarak kükürt içerikleri incelenmiştir. İncelenen örneklerin % 0.00207 ile % 0.00376 gibi çok küçük oranlarda kükürt içerdikleri anlaşılmıştır. Bu oranlar kükürtün travertenlere sarı rengi verebilmesi için yeterli görünmemektedir. Ancak travertenlerdeki sarı rengin demir içeren minerallerden özellikle limonitten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.



Şekil 6-3: İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi traverten çatlak dolgusundan alınan bir başka örneğin XRD difraktogramı

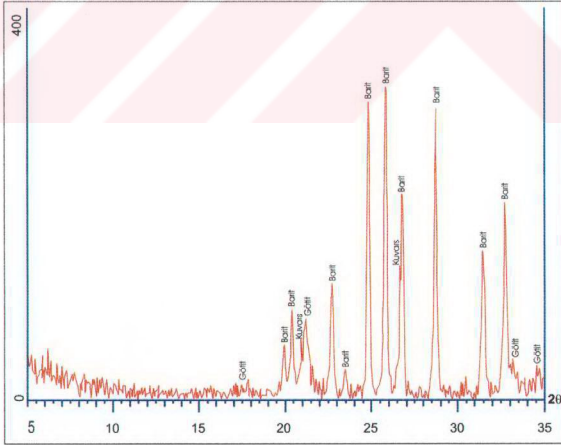


Şekil 6-4: İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi travertenin çatlak dolgusundan alınan bir başka örneğin XRD difraktogramı



Şekil 6-5: İnpınarı mevkiinden başlayıp güney yönde uzanan sırt tipi travertenin çatlak dolgusundan alınan bir başka örneğin XRD difraktogramı

Midillininboz Sırtı'nın KD ucunda çatlak dolgusunun merkezinde yer alan bantlı travertenden alınan örneğin yanı sıra, Kaşınbaşı sırtında bulunan porözitesiz tabakalı traverten düzeyinden alınan örneğin, XRD analizleri sonucunda büyük oranda Barit ($BaSO_4$) içerdikleri saptanmıştır (Şekil 6-6).



Şekil 6-6: Kaşınbaşı sırtında tabakalı olarak gözlenen porözitesiz travertenlerden alınan bir örneğin XRD difraktogramı

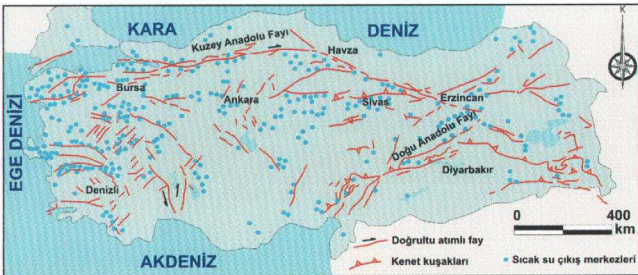
7. Yapısal Jeoloji/Tektonik

7.1. Travertenlerin Tektonik - Neotektonik Önemleri

Hancock ve diğerleri (1999), sıcak sulardan itibaren gelişen Geç Kuvaterner 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 (1996) 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 Mendere 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 a), Karakoçan fay kuşağındaki etkin gerilme yönleri ile traverten sırtlarının doğrultularının birbirleriyle uyumlu olduklarını ve aktif tektonik çalışmalarda kullanılabileceğini belirtmiştir.

Özellikle sıcak suların yüzeye ulaşmasında çatlak-fay sistemlerinin oynadığı rol gözardı 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 unsurdur. Bunlar üzerinde ve çevresinde yer alan sıcak su çıkış merkezlerinin konumsal dağılımı, tektonik ve hidrotermal etkinlik arasındaki ilişkiyi çok açık biçimde kanıtlar niteliktedir (Şekil 7-1).



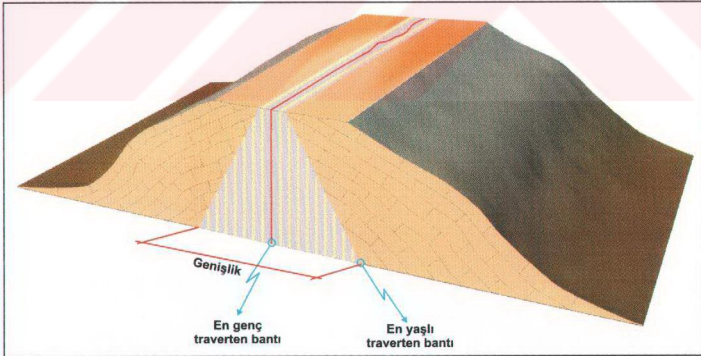
Şekil 7-1: Türkiye'de bulunan sıcak su çıkış merkezleri ve aktif ana tektonik hatları arasındaki ilişki (Şimşek 2003'den sadeleştirilerek alınmıştır)

Travertenler, tektonik açınsından değerlendirildiğinde sırt tipi traverten oluşumlarının çok önemli verileri barındırdığı dikkati çekmektedir.

Sıcak ermik, Delikkaya ve Sarıkaya'da yüzeyleyen travertenler büyük oranda "sırt tipi morfolojisi" gösteren travertenlerden oluşmaktadır. Bunlar içerisinde bir çok 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. Bu sonuçları elde etmek için uygulanacak yöntem oldukça basittir. Sırt tipi travertenler, bir çatlaktan yükselen suyun çatlak duvarlarında travertenleri okeltmesi sonucunda oluşmaktadır. Bölgesel genişlemeye bağlı olarak çatlak açılmaya devam ettiği sürece çatlak duvarından çatlak eksenine doğru genişleyen bir traverten okelimi oluşmaktadır. Yani bir sırt tipi travertenin oluşumunun çatlak merkezinde bulunan traverten bantı en geniş, çatlak duvarındaki traverten bantı ise en yaşlı olmasını gerektirmektedir (şekil 7-2).



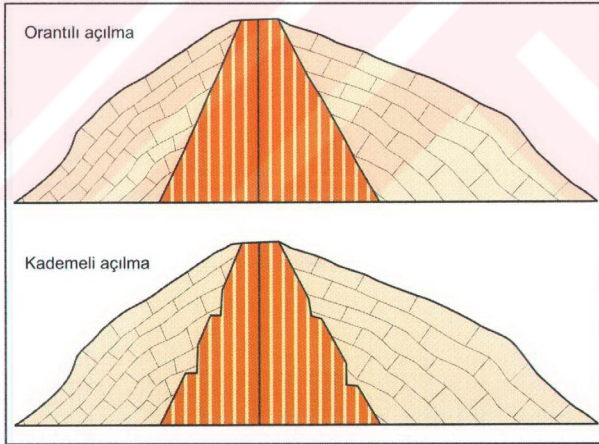
şekil 7-2: Bantlı travertenlerdeki yaş ilişkisi (leksiz)

Bu noktada travertenleri mutlak yaşlandırma zorunluluğu doğmaktadır. Eğer atlak duvarına yakın olan en yaşlı traverten bantı ile çatlak merkezindeki en geniş traverten bantının 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 (1996) tarafından kullanılarak, Denizli (Pamukkale) bölgesindeki traverten oluşumları için önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bu araştırmacılar travertenlere yaş vermede kullanılabilen en uygun yöntemin Uranyum-Toryum yöntemi olduğunu belirtmişler ve uygulamışlardır. Bu yöntem ile 5.000 ile 400.000 yıl arasında çok hassas yaşlar elde edilebilmekte ve karbonatlara kolaylıkla uygulanabilmektedir.

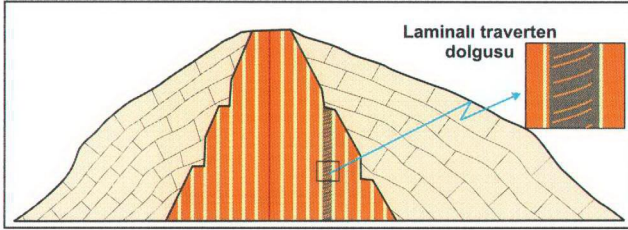
Bu yöntem ile Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya'dan elde edilen yaş verileri Bölüm 7.7'de tartışılmıştır.

Altunel (1994), sırt tipi travertenlerde gözlenen bazı yapıların travertenlerin bulunduğu bölgeyi etkileyen depremlerin göstergeleri olabileceğini belirtmiştir. Bunlardan ilki çatlak ekseninin düzenli veya kademeli olarak açılması arasındaki farktan ortaya çıkmaktadır. Kademeli açılma çatlak ekseninin ani bir hareketle genişlediğini göstermektedir. Araştırmacıya göre böyle ani bir açılmayı ancak bir deprem oluşturabilir (Şekil 7-3).



Şekil 7-3: Çatlak eksenlerindeki düzenli ve kademeli açılma (Ölçeksiz)

Araştırmacı ayrıca traverten bantları içerisinde gözlenen tabakalı düzeylerin yine deprem belirtici olduğunu ve bu oluşumların yine ani açılmalar sonucu oluşan boşluklara hidrotermal çözeltinin girerek boşluk içerisinde yatay tabakalı travertenleri çökeltmesi biçiminde geliştiğini belirtmektedir (Şekil 7-4).



Şekil 7-4: Çatlak dolgularında gözlenen ve ani bir açılmayı işaret eden laminalı traverten dolgularının şematik görünümü (Ölçeksiz)

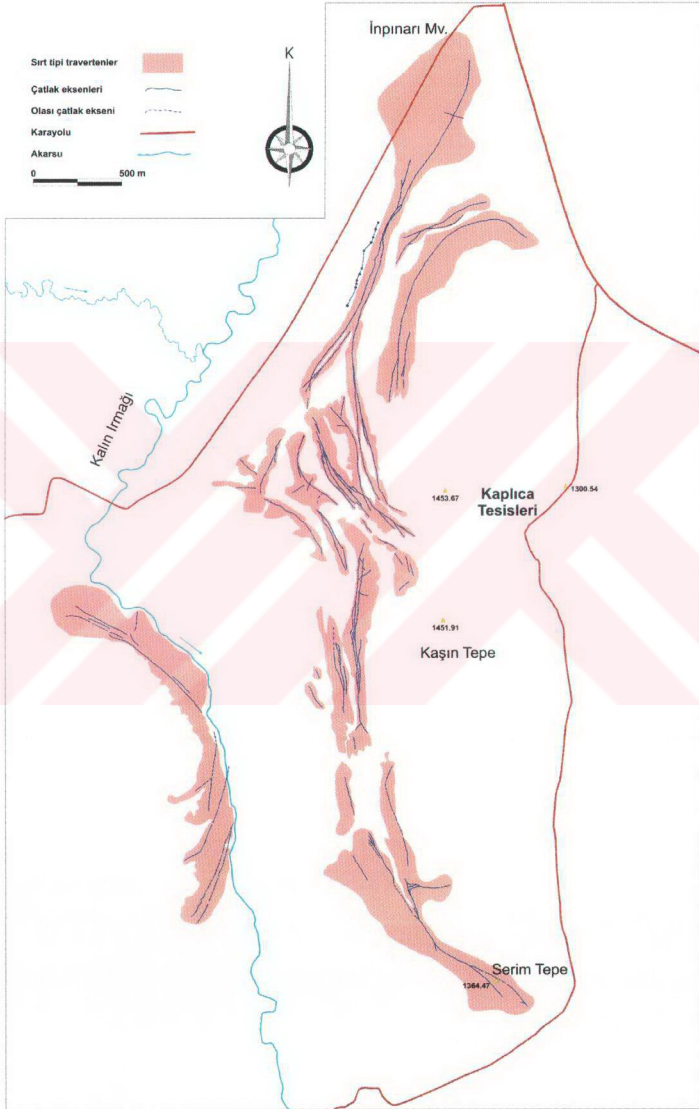
7.2. Sıcak Çermik Çatlak Sırtı Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri

Sıcak Çermik'te 16 adet ana "sırt tipi traverten" oluşumu yer almaktadır. 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 (Şekil 7-5).

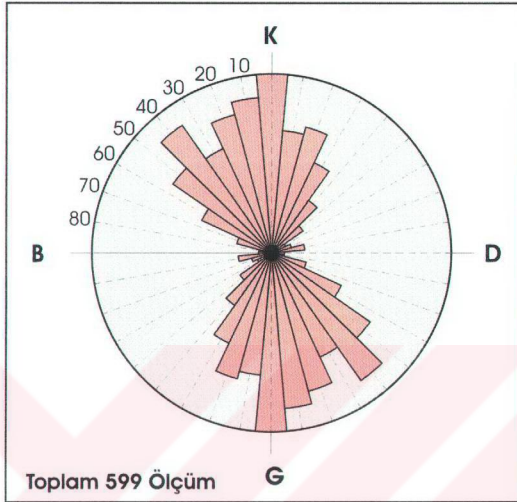
Bu sırtlara harita düzlemi üzerinde bakıldığı takdirde çatlak eksenlerinin KB-GD, K-G ve daha az olarak ta KD-GB doğrultularda yoğunlaştıkları göze çarpmaktadır. Ancak ana çatlak eksenlerinin gidişleri göz önünde bulundurularak hazırlanan gül diyagramlarında, en fazla K-G ve K40°B doğrultularında yoğunlaşma görülmektedir (Şekil 7-6).

Sıcak Çermik'te bulunan sırt tipi traverten oluşumlarında yer alan parazitik çatlaklar dışında kalan ana çatlakların toplam uzunlukları 18.948 metre (yaklaşık 19 km) dir.

Çatlak düzlemlerinin hemen hemen tamamı düşey konumludur. Çatlak düzlemleri, çatlak gidişlerinin döndüğü yani doğrultularının değiştiği birkaç lokasyonda düşey konumdan 5° veya 10°'lik sapma sunan bir eğim kazanmaktadır.

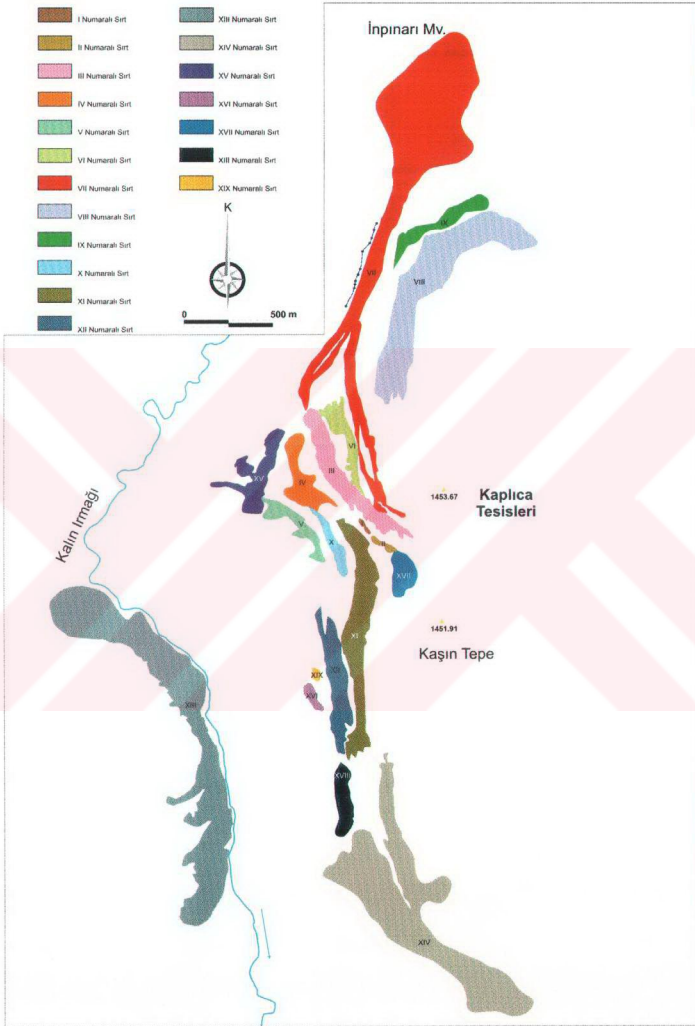


Şekil 7-5: Sıcak Çermik bölgesindeki Çatlak sirtı tipi travertenlerinin dağılım haritası



Şekil 7-6: Sıcak Çermik'teki ana çatlak eksenlerinden hazırlanan gül diyagramı

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 Sıcak Çermik çatlak haritasında yer alan sırt tipi travertenlere 1'den 19'a kadar numara verilmiştir (Şekil 7-7). Ancak bu sırt tipi travertenlerden üçünde tam olarak sırt tipi travertenlerin tüm özellikleri gözlenememiştir. Geriye kalan 16 adet sırt tipi traverten oluşumu tek tek numaralandırılmış ve uygun ölçeklerde ayrı ayrı çizilerek üzerindeki yapılar, gül diyagramları ve ölçekli enine jeolojik kesitleri hazırlanmıştır.



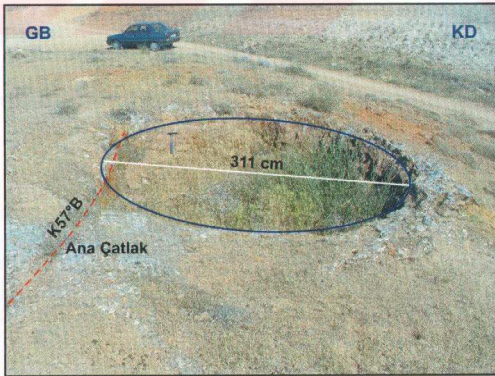
Şekil 7-7: Sıcak Çermik bölgesindeki sırt tipi travertenlerin numaralandırılmış konumlarını gösterir harita

7.2.1. I ve II Numaralı Sırt Tipi Traverten

Tepe Çermik'te bulunan I ve II numaralı Sırt tipi traverten oluşumları, aşınma oranları gözönüne alındığında incelenen bölge içerisindeki en genç sırt tipi travertenlerdir (Şekil 7-10).

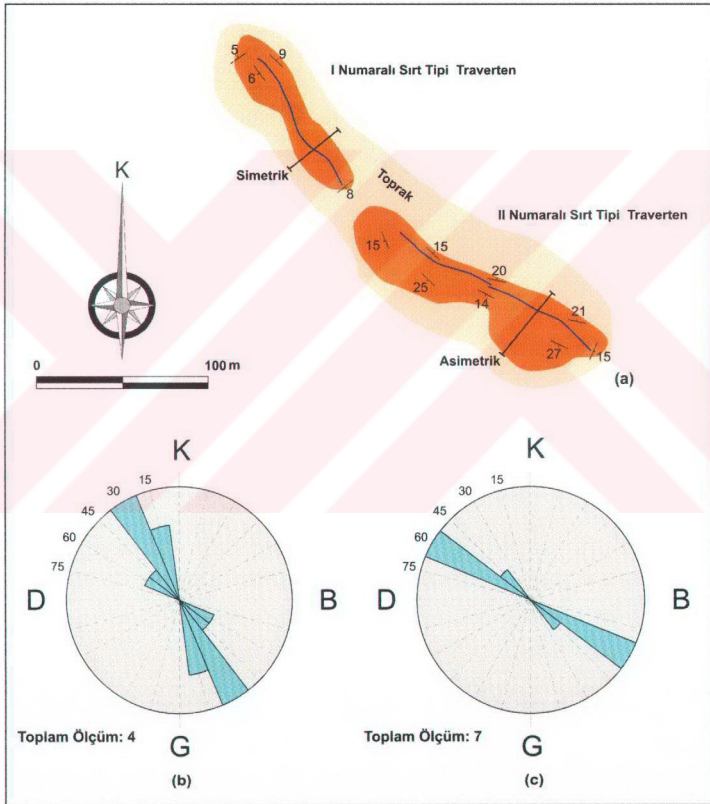
Yaklaşık 25 yıl öncesine kadar bu iki sırt tipi traverten eksenli üzerinden sıcak su çıktığı, bölge halkı ile yapılan sözlü görüşmelerle belirlenmiştir. Ayrıca arazi gözlemlerinde bu sırtlar üzerinde, içerisinde su tutmak amacıyla insanlar tarafından oluşturulmuş küçük yapay havuzcuklar ve bu havuzlara bağlanan kanallar vardır (Şekil 7-8). Bunun yanısıra doğal havuzcuklarda bulunmaktadır. Bu sırtları oluşturan tabakalı travertenlere bakıldığında bunların çok kırılgen yapıda oldukları dikkati çekmektedir. Bütün bu veriler I ve II numaralı sırt tipi traverten oluşumlarının güncel olduklarını göstermektedir.

Bu iki sırt üzerinde de merkezi çatlak genişlikleri, 1 ile 3 cm arasında değişmektedir. I numaralı çatlakın harita düzlemindeki uzunluğu 77,13 m, II Numaralı çatlakın uzunluğu ise 117.39 metredir. Tabakalı travertenlerin 27° ile 6° arasında değişen eğim miktarlarıyla çatlak eksenlerine dik bir şekilde KD ve GB yönüne eğimli oldukları gözlenmiştir. Çatlak uçlarında ise tabakalı travertenlerin doğrultularının eksene yaklaşık dik olarak konumlandıkları göze çarpmaktadır (Şekil 7-9).

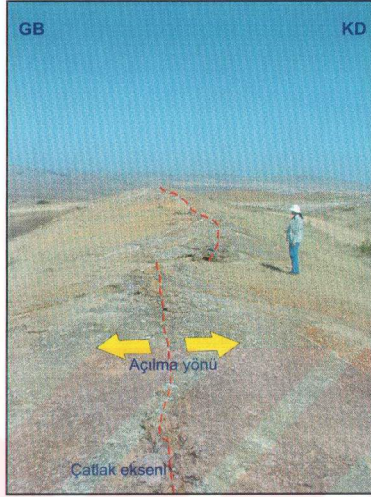


Şekil 7-8: I numaralı sırt üzerindeki yapay havuzcuğun görünümü (GD'dan KB'ya Bakış)

Her iki çatlak ekseninin kenarında gelişen tabakalı travertenlerin yer yer asimetrik olarak geliştiği gözlenmektedir. Bu asimetrik gelişim tektonik kökenli olmayıp, tamamen traverten oluşum anındaki paleotopografyanın eğimi ile yakından ilişkilidir. Topografyanın eğimli olduğu, dolayısı ile yüzeye çıkan sıcak suyun aktığı tarafta daha geniş ve yaygın traverten oluşumu gerçekleşmektedir.



Şekil 7-9: I ve II numaralı sırt tipi travertenin ayrıntılı plan görünümü (a), I numaralı (b), II numaralı sırt merkezi çatlaklarının gül diyagramı (c)



Şekil 7-10: II numaralı sırt tipi travertenin görünümü (GD'dan KB'ya bakış)

7.2.2. III Numaralı Sırt Tipi Traverten

Tepe Çermik bölgesinde her biri sırt morfolojisi gösteren ve genellikle GB'ya doğru sıçramalar yapan dört ana çatlak ve parazitik çatlaklardan oluşan travertenler, III numaralı Sırt tipi traverten olarak adlandırılmıştır. Bu dört çatlak 1/5.000 ölçekli haritada yanal yönde birbirlerinden ayrı haritalanamadığı için III Numaralı sırt olarak adlandırılarak birlikte gösterilmiştir (Şekil 7-11). Çatlak uzunluğunun ve çatlak genişliğinin fazla olması nedeniyle en kuzeybatıda bulunan çatlağın III numaralı sırtın kendi içerisinde ilk oluşan ana çatlak olduğu ve diğer çatlaklardan daha yaşlı olduğu söylenebilir. Plan görünümünde de görülebileceği gibi en kuzeydoğudaki çatlaktan güneybatıya doğru çatlak genişliklerinin azaldığı dikkati çekmektedir. Bu çatlakların KB yönünde gençleştiğinin diğer bir kanıtı da şekil 7-11'de görülen en güneybatısında gözlenen güncel traverten oluşumlarıdır. Bu oluşum üzerinde kabaca $K45^{\circ}B$ doğrultulu bir hat üzerinde dizilmiş çapları 423 cm'den 1 cm'ye kadar değişen yaklaşık 50 adet su çıkış merkezi bulunmaktadır. Tam bir sırt morfolojisi henüz gelişmemiş olan bu traverten oluşumu üzerinde tabakalı travertenler, su çıkış

merkezlerinin oluşturduğu doğrultuya dik yönlere doğru daha fazla eğimli olarak gözlenmektedir.

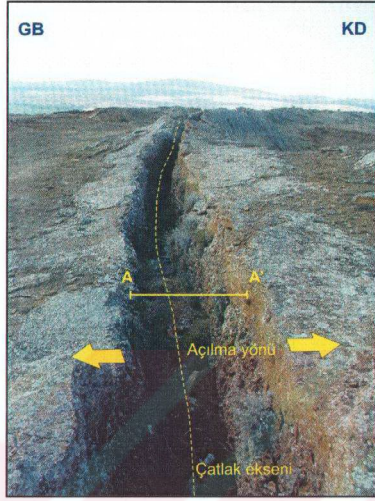
Her ne kadar çatlaklar arasında, çatlak genişliklerinin ortaya koyduğu kronolojik bir fark olsa da, birbirleri ile olan ilişkileri ve çatlak genişliklerinin Sıcak Çermik'te yer alan diğer traverten sırtlarından az olması nedeniyle III numaralı sırt üzerindeki çatlaklar güncel olarak değerlendirilmiştir.

Bu veriler hidrotermal etkinliğin bu dönem içerisinde KD'dan GB'ya doğru kademeli şekilde geçtiğini gösterir niteliktedir. III numaralı sırt tipi traverten oluşumunu sağlayan çatlakların doğrultuları da I ve II numaralı sırt tiplerinde olduğu gibi KB-GD gidişlidir. III numaralı çatlakların tümünden hazırlanan gül diyagramı K30°B ve K45°B yönlerinde yoğunlaşmayı göstermektedir. Bu sırt üzerinde yer alan çatlakların toplam uzunluğu 2248.8 metre ölçülmüştür.

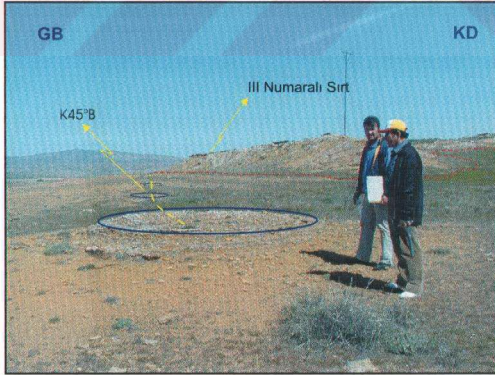
En KB'da yer alan ana çatlakların merkezinde tüm eksen boyunca yer alan kısmen çimentolanmamış gevşek malzeme ile doldurulmuş olan boşluğun olasılıkla hidrotermal etkinliğin durması ya da başka bir yöne taşınması sonucunda oluştuğu düşünülmektedir. Böyle bir durumda açılmanın devam ettiği ancak deprem veya benzeri bir sarsıntı ile hidrotermal su çıkışının kesilmesi, traverten oluşumunun durmasına rağmen açılma olayının devam edebildiğini göstermektedir (Şekil 7-12 ve 7-13). Çatlak eksenlerinde boşluklu/dolgusuz açılmanın varlığı, bölgede birçok diğer çatlak sırtı traverten oluşumlarında da gözlenmektedir.



Şekil 7-12: III numaralı sırta ait jeolojik enine kesitler (Kesit çizgileri Şekil 7-11 üzerinde gösterilmiştir)



Şekil 7-13: III numaralı sırt tipi travertenin KD ucunda bulunan çatlak ekseninin orta bölümünde hidrotermal etkinliğin kesilmesine rağmen açılma etkinliğinin devam etmesi sonucu gelişmiş açılma (A-A'= 107 cm) (GD'dan KB'ya bakış)



Şekil 7-14: III numaralı sırtta ve K45°B doğrultulu güncel traverten oluşumlarına GD'dan bakış

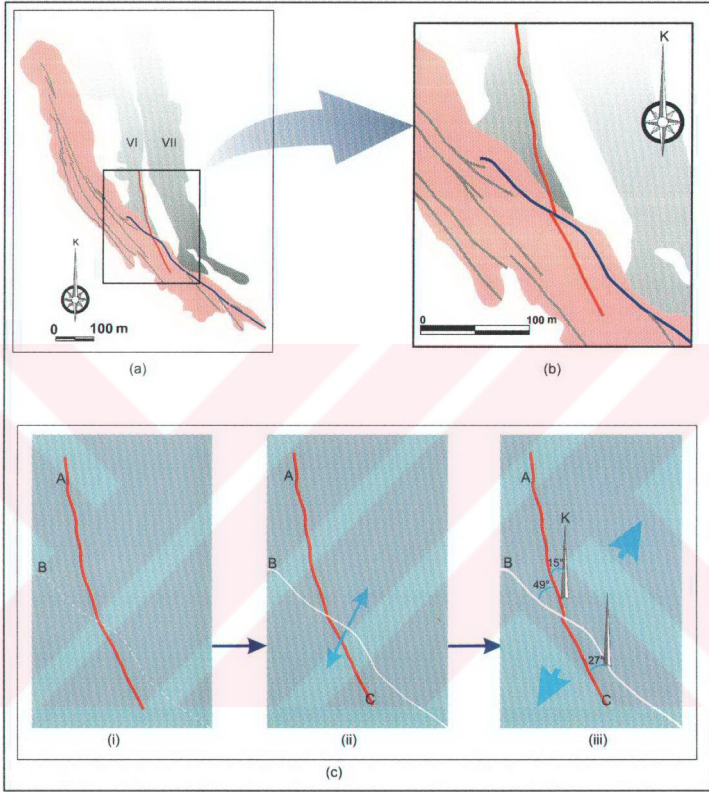
VI numaralı sırt ile III numaralı sırtın keşiştikleri yerde diğer önemli bir yapı gözlenmektedir (Şekil 7-15). Sırt tipi travertenlerin gelişim mekanizmaları göz önünde tutulmadığı takdirde, III numaralı Çatlak sırtı, VI numaralı sırtının 8.50 metre doğrultu ayırdım, 6 metre yatay ayırdım kazanmasına neden olmuş izlenimi sunmaktadır. Saha gözlemleri sonucunda VI numaralı çatlağı keserek onu öteleyen çatlak eksenini üzerinde bu ayırdım dışında herhangi bir veri bulunmamaktadır. Ayrıca sağ yanal doğrultu atımlı bir faylanma mekanizmasının da bu çatlak eksenlerinin oluşumlarına neden olan bölgedeki ana açılma yönleri ile birlikte bu kadar büyüklükte çalışamayacağı da açıktır.

VI numaralı sırt üzerinde gözlenen bantlı travertenlerin yüzeyde gözlenebilen en büyük genişliğinin 250 cm olması, VI numaralı sırtın III numaralı sırttan daha yaşlı olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu da VI numaralı sırtın III numaralı sırt tarafından kesildiği anlamına gelmektedir.

Model olarak Şekil 7-16'da izlenebileceği gibi A simgesi ile gösterilen çatlak B tarafından kesilerek A ve C gibi iki parçaya ayrılmıştır. B açılmasını sürdürürken A çatlağının üzerinde bulunduğu blok KD'ya, C'nin üzerinde bulunduğu blokta GB'ya doğru hareket etmiş ve bunun sonucunda A ve C sağ yanal bileşene sahip bir fay tarafından ötelenmiş izlenimi uyandırmıştır.



Şekil 7-15: III numaralı sırt tipi travertene ait çatlak, keserek ötelediği VI numaralı sırt tipi traverten çatlağının görünümü



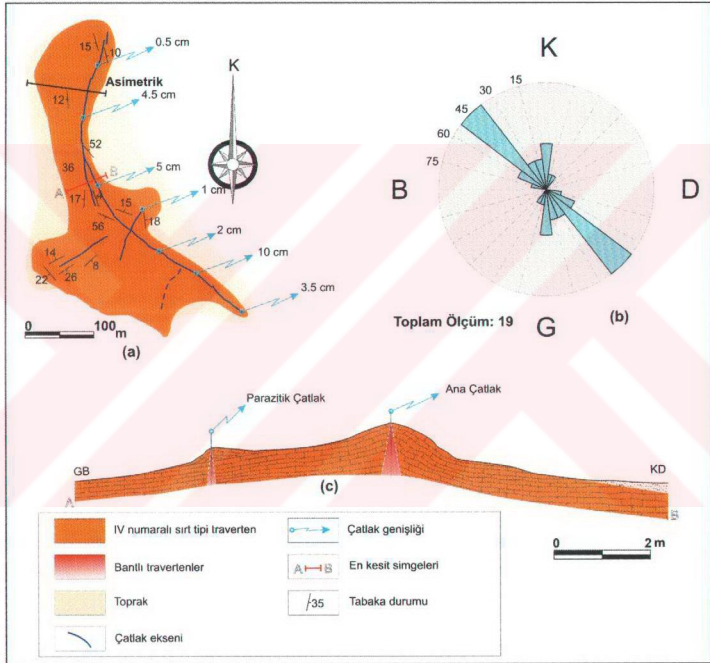
Şekil 7-16: VI numaralı sırta oluşan ötelemenin oluşum mekanizması ((a) III ve VI numaralı sırtlar arasındaki ilişkinin görünümü, (b) aynı ilişkinin yakın plan görünümü, (c) mekanizmanın gelişimi; (i) daha yaşlı VI numaralı sırt ve bu sırtı keserek oluşumuna başlayan VI numaralı sırt arasındaki iksel ilişki, (ii) KD-GB yönlü açılmaya devam eden III numaralı sırta ait çatlak ekseninin VI numaralı sırta ait çatlak eksenini ötelemesinin görünümü, (iii) VI numaralı sırta ait çatlak eksenini ile III numaralı sırta ait çatlak eksenini arasındaki ilişkinin günümüzdeki görünümü

7.2.3. IV Numaralı Sırt Tipi Traverten

III numaralı sırtın yaklaşık 100 metre güneybatısında, kuzeye doğru bükülmüş bir yay biçiminde IV Numaralı sırt yer almaktadır. Yaklaşık 430 metre uzunluğunda ana çatlığa sahip bu sırt tipi travertenin çatlak ekseninin

doğrultularından yararlanılarak hazırlanan gül diyagramı K45°B gidişli doğrultulu yoğunlaşmayı vermektedir. (Şekil 7-17).

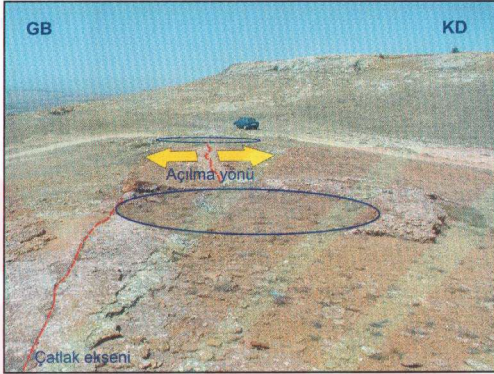
Aşınma oranları dikkate alındığı takdirde çatlak eksenini dolduran bir dolgu malzemesi gözlenmediği gibi, çatlak eksenini herhangi bir açıklık da yer almamaktadır. Bu durum, bu sırtın da I, II ve III numaralı sırtlarla aynı dönem içerisinde oluşmuş olabileceğinin bir göstergesidir.



Şekil 7-17: IV numaralı sırtın harita görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)

Bu sırt üzerinde yer alan havuzcuklar etrafında, suyu havuzlarda toplamak amacıyla yerleştirilmiş blok boyutlarında traverten parçaları bulunmaktadır. Bu gözlem IV numaralı çatlığın günümüze çok yakın bir dönemde aktif olduğunu göstermektedir. Ana çatlığın doğrultusunun I, II ve III numaralı çatlaklarla yaklaşık paralel olması da bu durumun bir başka kanıtıdır. IV numaralı ana çatlak da III numaralı çatlaklarda olduğu gibi tek bir çatlak eksenini şeklinde

gözlenmemektedir. Genellikle sola sıçrama biçiminde kademeli atlamalar yapmakta ve atlama yaptığı yerler aynı zamanda doğal ve yapay havuzların oluşturulduğu noktalar olduğu gözlenmektedir (Şekil 7-18). Aynı sırt üzerinde çatlak ekseninin sıçrama yaptığı yerler sıcak su çıkışına en uygun noktalar olarak geliştiğinden buralara yapay havuzlar inşa edilerek sıcak sulardan en fazla verimle yararlanılmaya çalışıldığı anlaşılmaktadır.



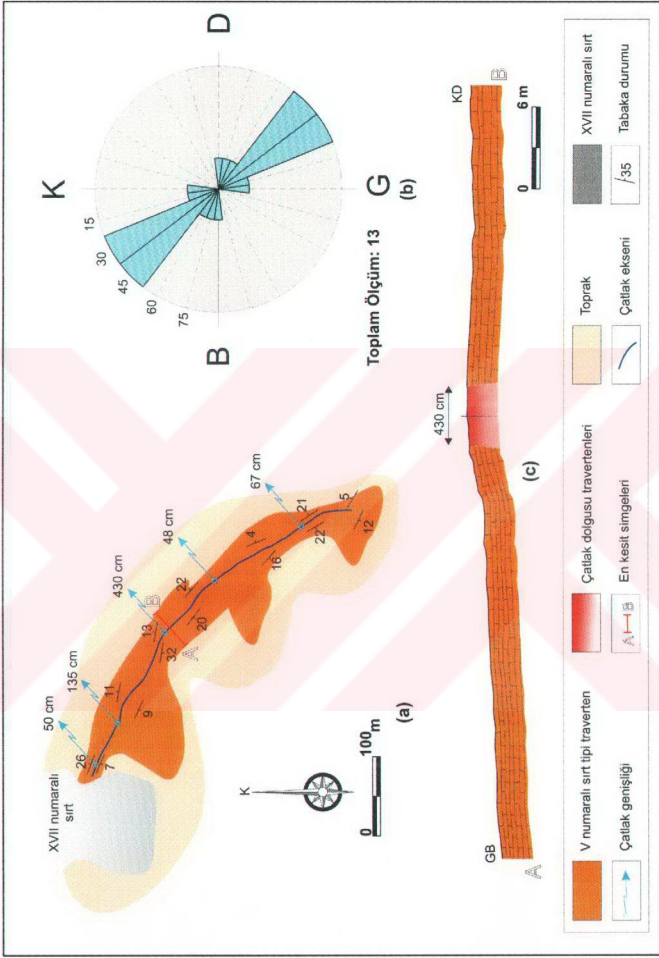
Şekil 7-18: IV numaralı sırtın KB ucunun ve ana çatlakın yaptığı atlamaların görünümü

7.2.4. V. Numaralı Sırt Tipi Traverten

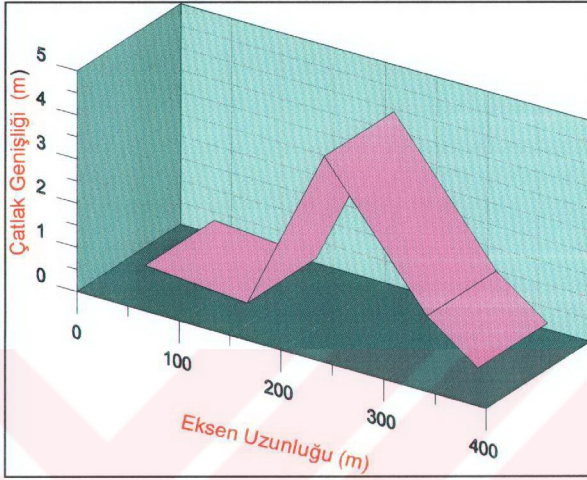
V. numaralı sırt, IV. numaralı sırtın yaklaşık 200 metre güneybatısında bulunmaktadır. V. Numaralı sırtın genel gidişinin, $K30^{\circ}$ - 45° B doğrultularında yoğunlaştığı ve çatlak uzunluğunun 378 metre olduğu gözlenmektedir (Şekil 7-19).

Bu traverten yüzleğinde I, II, III ve IV numaralı sırtlardan farklı olarak çatlak eksenini dolduran bantlı travertenin, aşınma nedeniyle 48 ile 430 cm arasında değişen daha geniş yüzleği bulunmaktadır (Şekil 7-20). Bu durum, V numaralı çatlakın kronolojik gelişim açısından I, II, III ve IV numaralı sırtlardan daha yaşlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Ayrıca XVII numaralı çatlak V numaralı çatlakla kuzeybatı ucunda örter konumda gözlenmektedir (Şekil 7-20). Bu ilişki, XVII numaralı çatlakın V numaralı çatlaktan göreceli olarak daha genç olduğunu göstermektedir.



Şekil 7-19: V numaralı sırtın plan görünümü (a), çatlak eksenlerinin güdüşlerine ilişkin gül diyagramı (b) ve jeolojik enine kesit (c)



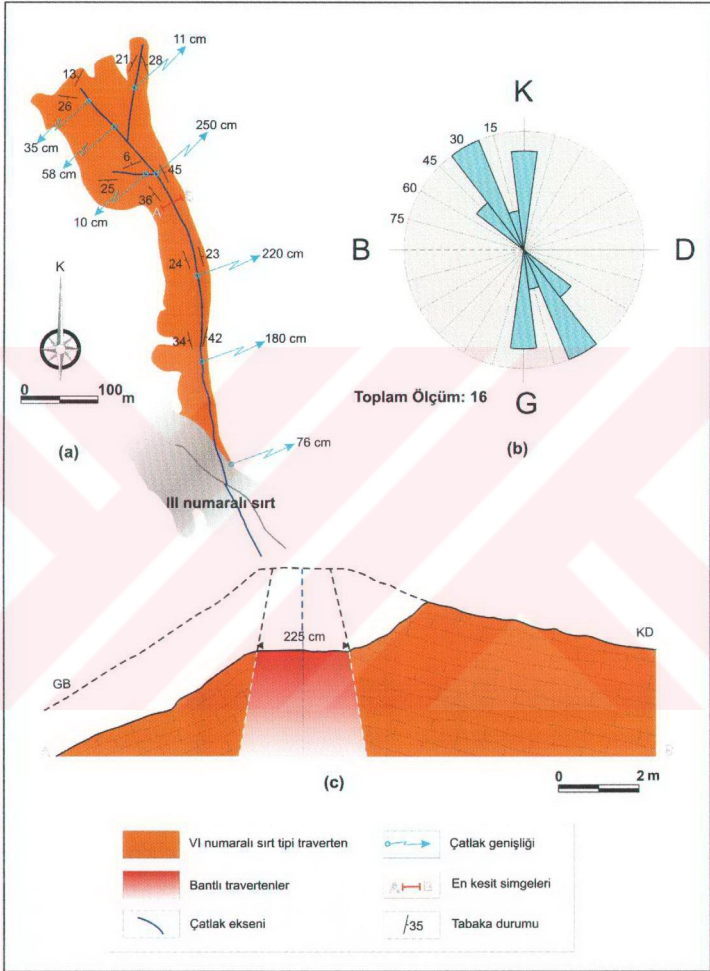
Şekil 7-20: V numaralı sırta ait çatlakın doğrultusu boyunca güneydoğudan kuzeybatıya doğru eksen uzunluğu-çatlak genişliği değişim grafiği

7.2.5. VI Numaralı Sırt Tipi Traverten

VI numaralı sırt, III numaralı sırtın yaklaşık güneydoğu ucuna yakın bir noktadan kuzeybatıya doğru uzanmakta ve yaklaşık 547 metre uzunluktadır (Şekil 7-21 ve 7-22) . Bu sırtın III numaralı sırta yer alan çatlak tarafından kesildiği ve bunun verileri daha önce Bölüm 7.2.2 de tartışılmıştır

Ana çatlakın gidişi ile ilgili hazırlanan gül diyagramı, bu çatlakın genel gidişinin K30°B doğrultusunda olduğunu göstermektedir. Sıcak Çermik'te bulunan çatlakların çoğunluğu tam doğrusal olmayıp yer yer kavisli eğriler biçimindedir. VI numaralı bu çatlaktaki K-G yönlü ikincil yoğunlaşma bu nedenle oluşmaktadır. Ancak I,II,III, IV ve V numaralı çatlaktan farklı olarak, bu çatlakın genel gidişi kuzeye daha yakındır. Çatlak üzerinde gözlenen eksen genişlikleri, bu çatlakın I, II, III, IV numaralı çatlaklardan yaşlı, ancak V numaralı çatlaktan ise genç olduğunu göstermektedir.

Bu sırt tipi traverten oluşumunun KB bölümü üzerinde yer alan taş ocağında bantlı travertenlerin kalınlıklarının derinlikle arttığını gösteren güzel bir yüzlek gözlenmektedir (Şekil 7-23).



Şekil 7-21: VI numaralı sırtın plan görünümü (a), ana çatlığa ait gül diyagramı (b) ve jeolojik en kesiti (c)



Şekil 7-22: VI numaralı sırtın görünümü (GGD'dan KKB'ya bakış)



Şekil 7-23: VI numaralı sırtın KB bölümünde bantlı travertenlerin derinlikle kalınlığının artışı gösterir yüzlek (pusula ölçektir) (GGD'dan KKB'ya bakış)

7.2.6. VII Numaralı Sırt Tipi Traverten

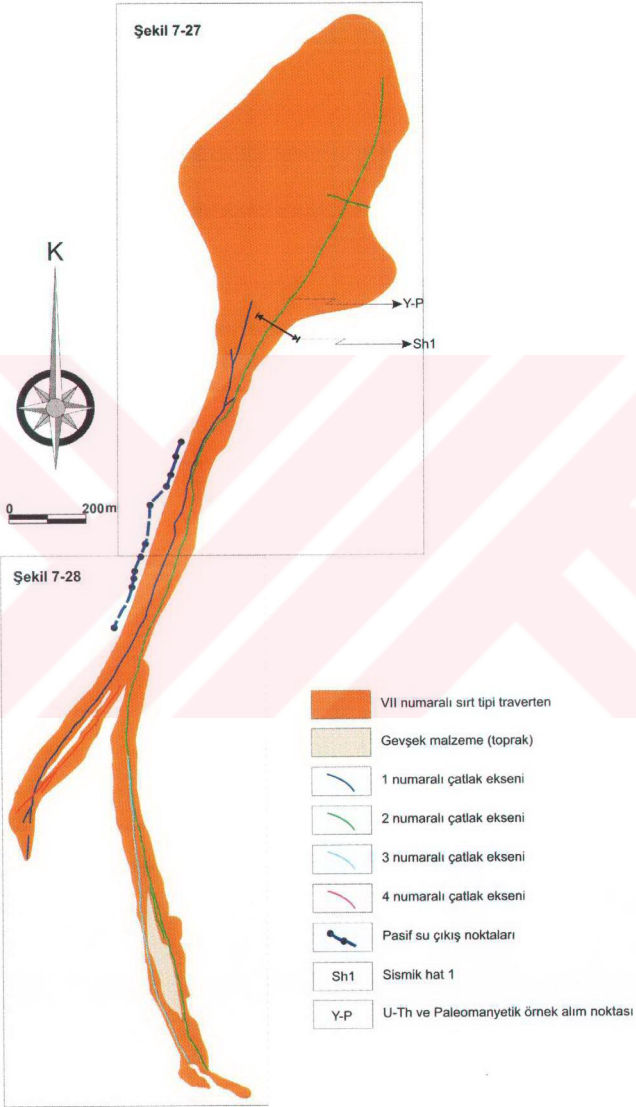
VII numaralı sırt tipi traverten oluşumu da III numaralı sırt tipi traverten gibi birbirine koşut, birden fazla çatlak eksenini içermektedir. Traverten sınırları 1/5.000 ölçekli bir jeolojik haritada ayrılabilir nitelikte olmadığından ve en önemlisi aşınma oranları gözetildiğinde birbirleri ile yaklaşık aynı yaşta olmaları nedeni ile hepsi VII numaralı sırt tipi traverten adı altında birlikte değerlendirilmiştir. VII numaralı sırt tipi traverten oluşumu, İnpınarı mevkiinin hemen güneyinde, Sıcak Çermik traverten alanının kuzeybatısında yer almaktadır (Şekil 7-24). Bu sırt eksenini üzerinde;

1. Sırt tipi travertenlerin üçüncü boyuttaki geometrilerini ortaya koymak amacıyla KB-GD doğrultulu bir hat boyunca çatlak eksenine dik şekilde 80 metrelik bir "sismik yansıma" kesiti alınmıştır (Şekil 7-24).
2. Kuzey bölümünde bulunan taş ocağında çatlak ekseninin her iki tarafında yer alan bantlı travertenlerden paleomanyetizma amaçlı örnekler alınarak, paleomanyetik analizleri yapılmıştır.
3. Aynı taş ocağından örnek alınarak U/Th yöntemi ile yaş tayini analizleri yapılarak sırt ekseninin açılma hızı araştırılmıştır (Şekil 7-24).

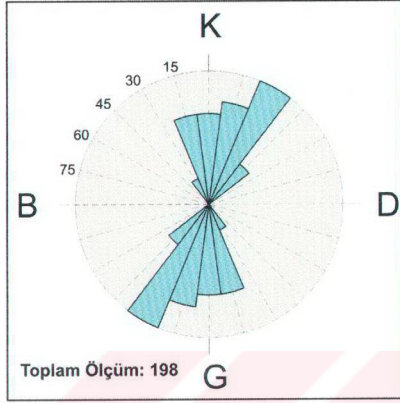
Bu sırt üzerinde yer alan ana çatlağın toplam uzunluğu yaklaşık 5 km'dir. Çatlak eksenleri düşey konumdadır. Ana çatlağın tamamından alınan toplam 198 ölçü ile yapılan gül diyagramında genel yönelimin $K15^{\circ}$ - 30° D yönünde olduğu gözlenmekte, bu durum Sıcak Çermik'teki diğer çatlak sistemlerinin durumlarına göre farklılık sunmaktadır (Şekil 7-25).

Çatlak eksenlerindeki aşınma miktarı, her ne kadar birbirine yakın görünse de, aralarında küçük kronolojik farklılıkların bulunabileceği gözetilerek her bir çatlak sisteminin uzunlukları ve gidişlerine ait ölçümler alınarak ayrı gül diyagramları oluşturulmuştur. Bu ölçümler sonucunda;

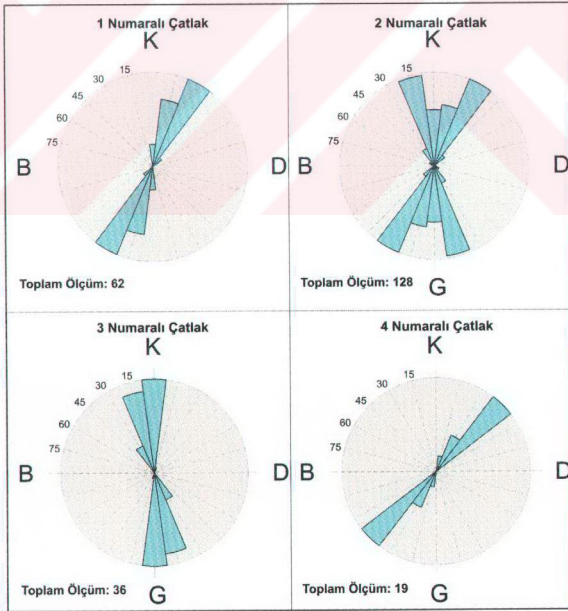
- 1 numaralı çatlağın 1220 m uzunlukta, egemen doğrultusunun $K15^{\circ}$ - 30° D,
- 2 numaralı çatlağın 2686 m uzunlukta, egemen doğrultusunun $K15^{\circ}$ B ve $K30^{\circ}$ D olmak üzere iki ayrı doğrultuda,
- 3 numaralı çatlağın 713 m uzunlukta, egemen doğrultusunun K-G ve $K15^{\circ}$ B doğrultuları arasında,
- 4 numaralı çatlağın 400 m uzunlukta, egemen doğrultusunun $K45^{\circ}$ D yönünde olduğu belirlenmiştir (Şekil 7-26).



Şekil 7-24: VI numaralı sırtın harita görünümü



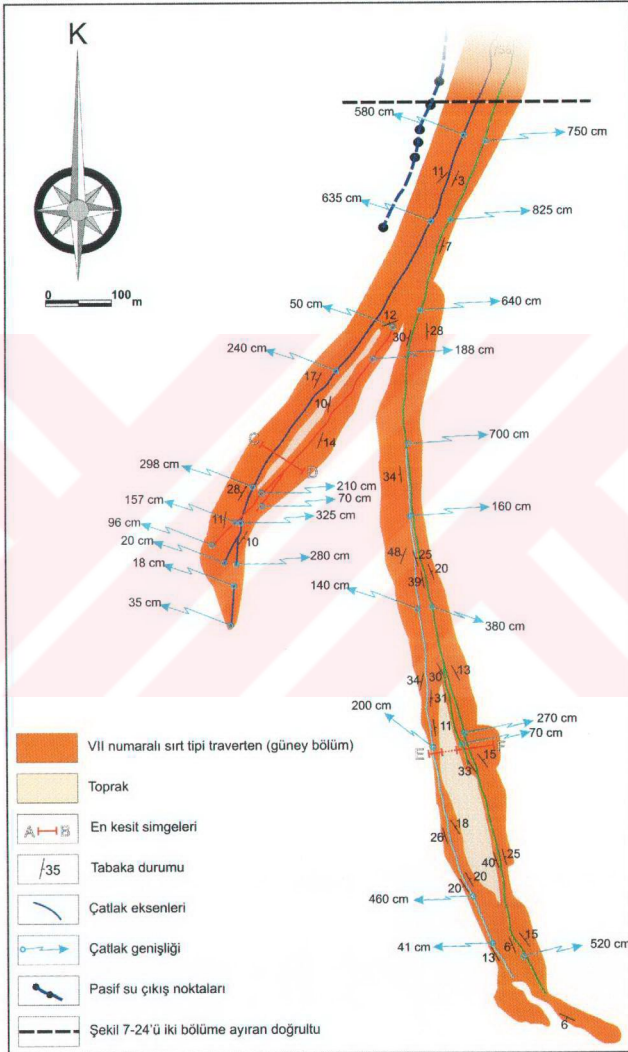
Şekil 7-25: VII numaralı sırta yer alan 4 ana çatlağa ait doğrultularla hazırlanan gül diyagramı



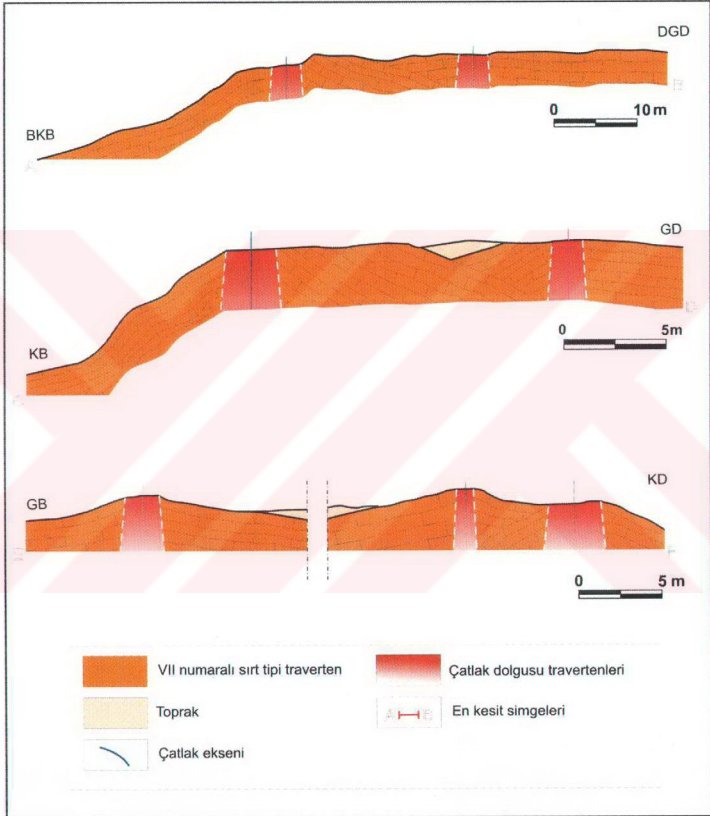
Şekil 7-26: VII numaralı sırta yer alan çatlaklara ait gül diyagramları

VII Numaralı sırtı oluşturan çatlak eksenleri oldukça uzun bir görünüm sunmaktadır. Tabakalı travertenlerin doğrultu ve eğim değerlerini ve her çatlağa ait bantlı travertenlerin genişliklerini ayrıntılı olarak verebilmek amacıyla VII numaralı sırt, kuzey bölüm (A) ve güney bölüm (B) olmak üzere iki alt bölüme ayrılarak gösterilmiştir (Şekil 7-27 ve 7-28). Bu sırta ait enine jeolojik kesitler de hazırlanarak şekil 7-29'da verilmiştir.

Bu sırt üzerinde yer alan çatlak eksenlerinin genişliklerine, diğer bir ifade ile aşınma oranlarına bakıldığı takdirde DGD' da kalan (yeşil çizgi ile gösterilen) bantlı travertenin genişliğinin daha fazla olması, ilk olarak bu çatlağın oluştuğunu göstermektedir (Şekil 7-27, 7-28 ve 7-29).



Şekil 7-28: VII Numaralı sırtın güney bölümünün harita görünümü (Enine jeoloji kesitleri için Şekil 7.29'a bakınız)



Şekil 7-29: VII Numaralı sırttan alınan enine jeoloji kesitleri

7.2.6.1. VII Numaralı Sırt Tipi Traverten Üzerinde Yapılan Sismik Yansıma Çalışmaları

Sismik yöntem; balyoz vuruşu, dinamit patlatma, ağırlık düşürülmesi gibi yollarla yüzeyde yaratılan elastik dalga titreşimlerinin yeraltı katmanlarından geçerek, ara yüzeyler üzerinde optik kurallara göre yansıma veya kırılmalara uğrayarak yüzeyde belirli ölçü düzenine göre dizilmiş birbirine eşit uzaklıkta bir kesit doğrultusu boyunca serili alıcılara (jeofon) ulaşması şeklinde toplanan sinyallerin bir kayıtçı tarafından kaydedilmesi esasına göre yapılan bir yöntemdir. Temelde sismik yansıma ve sismik kırılma olmak üzere iki farklı uygulama biçimi vardır.

Çok kanallı sismik yansıma yöntemi genellikle petrol-doğal gaz aramalarında kullanılan bir jeofizik yöntemdir. Ancak son zamanlarda yapısal süreksizlik düzlemlerin konularının araştırılmasında, zemin ve mühendislik problemlerinin çözümünde de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Sismik yöntemlerden bir diğeri olan sismik kırılma yöntemi yüksek çözünürlüklü görüntü verememesi nedeniyle özellikle fay, heyelan, ince stratigrafik tabakalar ve karstik boşluklar gibi çalışmalarda verimli olmamaktadır. Bu tip çalışmalarda kuşkusuz en etkili araştırma biçimi sismik yansıma yöntemidir.

VII numaralı sırt tipi traverten oluşumu içerisinde yer alan çatlak sistemlerinde bu yöntemi uygulayarak temel kaya ile bantlı travertenler arasındaki ilişkisiyi ve bantlı travertenlerin üçüncü boyuttaki geometrilerini daha net olarak ortaya koyabilmek amacıyla GEOMETRICS (Smartseis) marka sismik aygıt ve biri tetikleyici olmak üzere 13 adet jeofon ile sığ sismik kesit alınmıştır.

Sismik yansıma çalışmaları aşağıda belirtilen üç aşamada gerçekleştirilmiştir;

a- Öncelikle sismik hattın gerçekleştirileceği hat belirlenmiş, jeofon ve atış (shot) noktalarının saha üzerindeki yerleri saptanarak, her nokta için enlem-boyam ve yükseklik değerleri ölçülmüştür. Bu hat için jeofonlar arasındaki uzaklık 2 metre, atış noktaları ile jeofonlar arasındaki aralıklar "offset" ise 50 cm olarak belirlenmiştir. Gerek birimlerin litolojik özellikleri gerekse sismik hattın sığ olması istenildiğinden, atışlar (shot) için 75 gram jelatinit tip dinamit, patlatmalar için ise elektrikli kapsül kullanılmıştır.

Çizelge 12'de bu çalışmada kullanılan dinamitin kimyasal ve fiziksel özellikleri, çizelge 13'de ise kullanılan elektrikli kapsülün (ateşleyici) teknik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 12: Sismik çalışmalarda kullanılan jelatinit dinamitin teknik özellikleri

Ham DNT/DNT İzomeri	% 4.9 ±1
Nitroselüloz	% 2 ±0.6
Amonyum Nitrat	60 ±2
Odun Unu (Talaş)	%1.5 ±0.2
Kalsiyum Karbonat	% 0.1 ±0.001
Buğday Unu	%1.5 ±0.2
Rutubet	% 1.5
Yoğunluk	1,5 ±0.1 gr/cm ³
Kurşun Blok Testi	420 cm ³ /10 g
İntikal Testi (O 25*200 mm kartuş)	4 cm.
Patlama Hızı (O 50*450 mm Çelik tüpte)	6000 m/s

Çizelge 13: Sismik çalışmalarda kullanılan elektrikli kapsüllerin teknik özellikleri

Sismik Elektrik Detanatörü VD-S TIP
UD-S Type, 5 Amp, ile Alimünyum patlatma kapsülü No 8
Reaksiyon Süresi < 1 ms
0.6 mm elektrostatik rezistanslı su korumalı plastik kaplanmış bakır kablo

Patlatmalar, her jeofonun 50 cm uzağında ve yaklaşık 30 cm derinlikte kuyular açılarak bu kuyular içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler sırasında yöntemle ilgili parametreler gözlemci logları ile kaydedilmiştir. Çizelge 14, VII numaralı sırt üzerinde yapılan bu sismik çalışma sırasında yöntemle ilgili bilgileri içeren gözlemci logunu göstermektedir.

b- Araziden toplanan verilerin işlenmesi Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) Araştırma Merkezinde yapılmıştır.

c- Elde edilen sismik kesitler arazi gözlemleri ile birlikte değerlendirilmiştir.

Çizelge 14: Sismik çalışma ile ilgili bilgileri içeren gözlemci logu

A) ALICI PARAMETRELERİ Spread : İterek Off-End Kanal Sayısı : 12 Grup Aralığı : 2 m Yakın Ofset : 2 m Uzak Ofset : 24-48 m Jeofon Tipi : Jeofon/Istasyon: 1	B) KAYNAK PARAMETRELERİ Kaynak : Dinamit Şarj : 75 gr Kapsül Sayısı : 1 adet Atış aralığı : 2 m Örnekleme Aralığı : 0.250 msn High Cut Filtresi : Out Low Cut Filtresi : Out Sabit Kazanç : Out	C) KAYIT PARAMETRELERİ Tape Media & Format: Kayıt Uzunluğu : 512 msn AGC : Out Plot High Cut Filtresi : Out Plot Low Cut Filtresi : Out
---	--	---

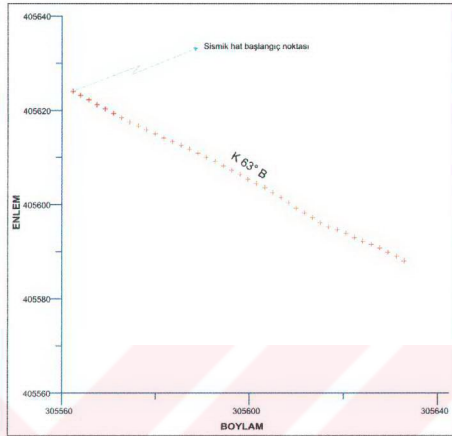
Sıra No	FFID	Atış Noktası	Jeofon İst.-1	Jeofon İst. 12	Kuyu Derinliği	Şarj Miktarı	Kapsül Sayısı	Açıklama
1	1001	100	101	112	0.3 m	75 gr	1	
2	1002	101	102	113	0.3 m	75 gr	1	
3	1005	102	103	114	0.3 m	75 gr	1	
4	1006	103	104	115	0.3 m	75 gr	1	
5	1007	104	105	116	0.3 m	75 gr	1	
6	1008	105	106	117	0.3 m	75 gr	1	
7	1009	106	107	118	0.3 m	75 gr	1	
8	1010	107	108	119	0.3 m	75 gr	1	
9	1011	108	109	120	0.3 m	75 gr	1	
10	1012	109	110	121	0.3 m	75 gr	1	
11	1013	110	111	122	0.3 m	75 gr	1	
12	1014	111	112	123	0.3 m	75 gr	1	
13	1015	112	113	124	0.3 m	75 gr	1	
14	1016	113	114	125	0.3 m	75 gr	1	
15	1017	114	115	126	0.3 m	75 gr	1	
16	1018	115	116	127	0.3 m	75 gr	1	12.Kanal ölü
17	1019	116	117	128	0.3 m	75 gr	1	8.Kanal ölü
18	1020	117	118	129	0.3 m	75 gr	1	
19	1021	118	119	130	0.3 m	75 gr	1	
20	1022	119	120	131	0.3 m	75 gr	1	10-12 Kanal gürültülü
21	1023	120	121	132	0.3 m	75 gr	1	11.Kanal ölü
22	1024	121	122	133	0.3 m	75 gr	1	
23	1025	122	123	134	0.3 m	75 gr	1	İptal
24	1026	122	123	134	0.3 m	75 gr	1	
25	1027	123	124	135	0.3 m	75 gr	1	Gecikme var
26	1028	124	125	136	0.3 m	75 gr	1	
27	1029	125	126	137	0.3 m	75 gr	1	Gecikme var

28	1030	125	126	137	0.3 m	75 gr	1	iptal
29	1031	125	126	137	0.3 m	75 gr	1	
30	1032	126	127	138	0.3 m	75 gr	1	
31	1033	127	128	139	0.3 m	75 gr	1	İptal
32	1034	127	128	139	0.3 m	75 gr	1	İptal
33	1035	127	128	139	0.3 m	75 gr	1	
34	1036	128	129	140	0.3 m	75 gr	1	İptal
35	1037	128	129	140	0.3 m	75 gr	1	
36	1038	129	130	141	0.3 m	75 gr	1	
37	1040	131	132	143	0.1 m	75 gr	1	
38	1041	133	134	145	0.25 m	75 gr	1	
39	1042	134	135	146	0.3 m	75 gr	1	
40	1043	135	136	147	0.3 m	75 gr	1	Gecikme var
41	1044	138	139	150	0.3 m	75 gr	1	
42	1045	139	140	151	0.3 m	75 gr	1	
43	1046	140	141	152	0.3 m	75 gr	1	
44	1047	142	143	154	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
45	1048	141	142	153	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
46	1049	143	144	155	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
47	1050	144	145	156	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
48	1051	145	146	157	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü, Gecikme var
49	1052	147	148	159	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
50	1053	148	149	160	0.3 m	75 gr	1	12.kanal ölü
51	1054	100	113	124	0.3 m	75 gr	1	
52	1055	101	114	125	0.3 m	75 gr	1	Gecikme var
53	1056	102	115	126	0.3 m	75 gr	1	
54	1057	103	116	127	0.3 m	75 gr	1	
55	1058	104	117	128	0.3 m	75 gr	1	
56	1059	105	118	129	0.3 m	75 gr	1	
57	1060	106	119	130	0.3 m	75 gr	1	
58	1061	107	120	131	0.3 m	75 gr	1	
59	1062	108	121	132	0.3 m	75 gr	1	
60	1063	109	122	133	0.3 m	75 gr	1	
61	1064	110	123	134	0.3 m	75 gr	1	
62	1065	111	124	135	0.3 m	75 gr	1	

63	1066	112	125	136	0.3 m	75 gr	1	
64	1067	113	126	137	0.3 m	75 gr	1	
65	1068	114	127	138	0.3 m	75 gr	1	
66	1069	115	128	139	0.3 m	75 gr	1	
67	1070	116	129	140	0.3 m	75 gr	1	
68	1071	117	130	141	0.3 m	75 gr	1	
69	1072	118	131	142	0.3 m	75 gr	1	
70	1073	129	130	141	0.3 m	75 gr	1	I.grup tekrar
71	1074	119	132	143	0.3 m	75 gr	1	
72	1075	120	133	144	0.3 m	75 gr	1	
73	1076	121	134	145	0.3 m	75 gr	1	
74	1077	122	135	146	0.3 m	75 gr	1	
75	1078	123	136	147	0.3 m	75 gr	1	
76	1079	124	137	148	0.3 m	75 gr	1	
77	1080	125	138	149	0.3 m	75 gr	1	
78	1081	126	139	150	0.3 m	75 gr	1	
79	1082	127	140	151	0.3 m	75 gr	1	
80	1083	128	141	152	0.3 m	75 gr	1	

Yaklaşık 80 metre uzunlukta ve VII numaralı sırt tipi traverten üzerinde gerçekleştirilen sismik hattın başlangıç koordinatları UTM cinsinden 305562.401 enlem ve 405624.052 boylam değerlerinde (WGS84'e göre 39°,47',59.32 Kuzey Enlemi, 36°,43',43.92 Doğu boylamı), deniz seviyesinden 1389.15 m yükseklikte, son jeofon UTM cinsinden 305631.278 enlem ve 405589.041 boylam değerinde (WGS84'e göre 39°,46',41.30 Kuzey Enlemi, 36°43',49.39 Doğu boylamı) ve deniz seviyesinden 1382.61 metre yüksekliktedir.

Bu sismik kesit, VII numaralı sırt üzerinde K63°B gidişli hat üzerinde gerçekleştirilmiştir. Şekil 7-30 sismik hat üzerindeki alıcı (receiver) noktalarının UTM cinsinden enlem ve boylam değerlerini göstermektedir.



Şekil 7-30: VII numaralı sırt ekseninde yapılan sismik kesit çalışmasının doğrultusunu ve receiver noktalarının enlem ve boylam değerlerini gösterir grafik



Şekil 7-31: Sismik çalışmalar sırasında gerçekleştirilen bir patlatmanın görünümü

Sismik çalışmaların ardından elde edilen veriler, TPAO'da bulunan Promax sisteminde işlenerek sismik yansıma kesitleri elde edilmiştir (Şekil 7-32).

Önceki çalışmalarda (Altunel ve Hancock, 1993 a ve b) ortaya konulduğu gibi, sırt tipi travertenlerin merkezlerinde gelişen bantlı travertenlerin üçüncü boyuttaki geometrileri, yüzeyden tabana doğru genişleyen bir görünüm

sunmaktadır. Bu gözlemler çoğunlukla taş ocağı olarak işletilen yarmalarda yapılmıştır. Bu sismik çalışmanın amacı ise öncelikle dolguların kalınlıklarının derinlikle artıp artmadığını ortaya koymaktır.

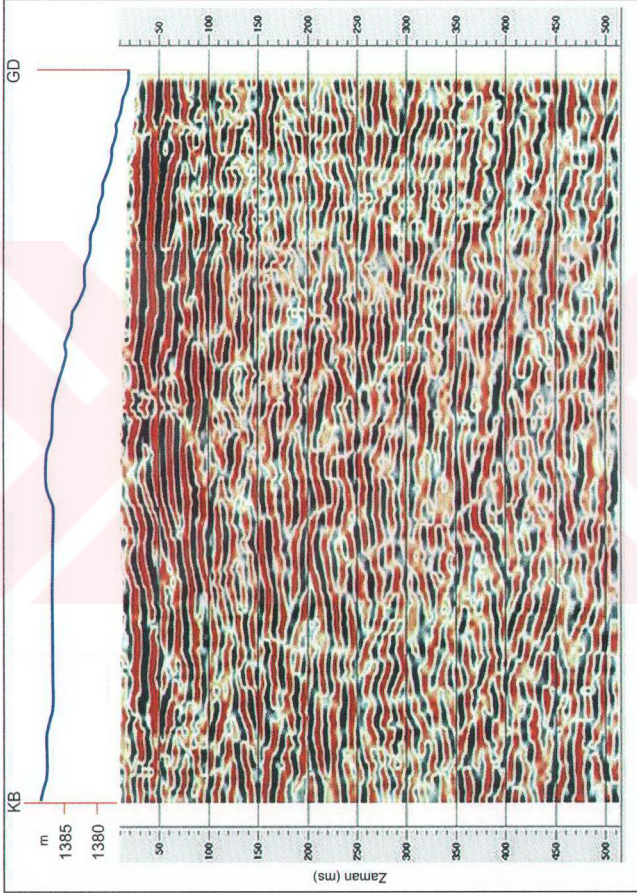
Sismik hat VII numaralı sırt içerisinde yer alan II numaralı çatlak merkezini ve bantlı travertenleri dik olarak kesmektedir. Şekil 7-33'te görülebileceği gibi II numaralı çatlak eksen ve bantlı traverten, sismik kesit üzerinde net olarak gözlenebilmektedir. Sismik kesitin işlenmesi evresinde topoğrafik olarak en düşük kot baz alınarak topoğrafik düzeltme yapıldığı için sismik kesitin üst yüzeyi gerçek topografyadan yaklaşık olarak 5 metre daha düşük kottaki yatay düzlemi göstermektedir. Bu nedenle yorumlama sırasında II numaralı çatlak, gerçek topoğrafik kesit üzerine dik olarak iz düşürülmüştür (Şekil 7-33).

II numaralı çatlak ekseninde bulunan bantlı travertenlerin sismik kesitin üzerinden geçtiği topografya yüzeyindeki genişliği 405 cm'dir. Şekil 7-33'te bantlı travertenlerin kalınlıklarının derinlikle arttığı net olarak izlenebilmektedir. Bu bantlı travertenin güneybatı çatlak duvarı $76^{\circ}\text{GD}'$ ya, kuzeybatı duvarı ise $84^{\circ}\text{KB}'$ ya eğimli olarak gözlenmektedir. Bunun dışında bantlı traverten oluşumunun her iki tarafında yer alan tabakalı travertenlerin yüzeyde gözlemlendiği gibi çatlak eksenine dik yönlerde eğimli oldukları net olarak görülebilmektedir.

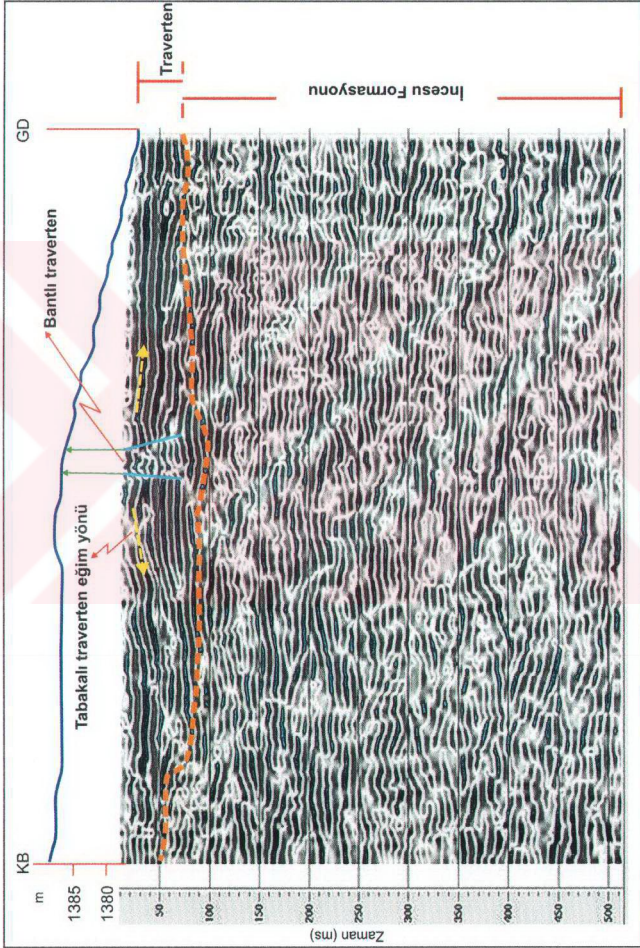
Toplam yatay açılımın 80 metre olduğu göz önüne alınır ise, toplam kesit kalınlığının 40-50 metre dolaylarında olması gerekmektedir. Tabakaların net olarak izlendiği 18-20 metrelik bir seviye gözlenmektedir. Bu seviyenin traverten olduğu, altında kalan bölümün ise İncesu Formasyonu'na ait kırıntılı kayalar olduğu görülmektedir.

II numaralı çatlak ekseninin açılmasını sağlayan fay sistemleri, İncesu Formasyonu'nun litolojik özellikleri bakımından plastik özellik gösteren kilitli-kil içeren kırıntılı düzeyler barındırması nedeniyle sismik kesitlerde belirgin olarak izlenememektedir. Buna karşın İncesu Formasyonu kayaları içerisinde sinsedimanter bazı düşey bileşeni bulunan faylar ile yoğun çatlak sistemleri gözlenmektedir (Şekil 7-34).

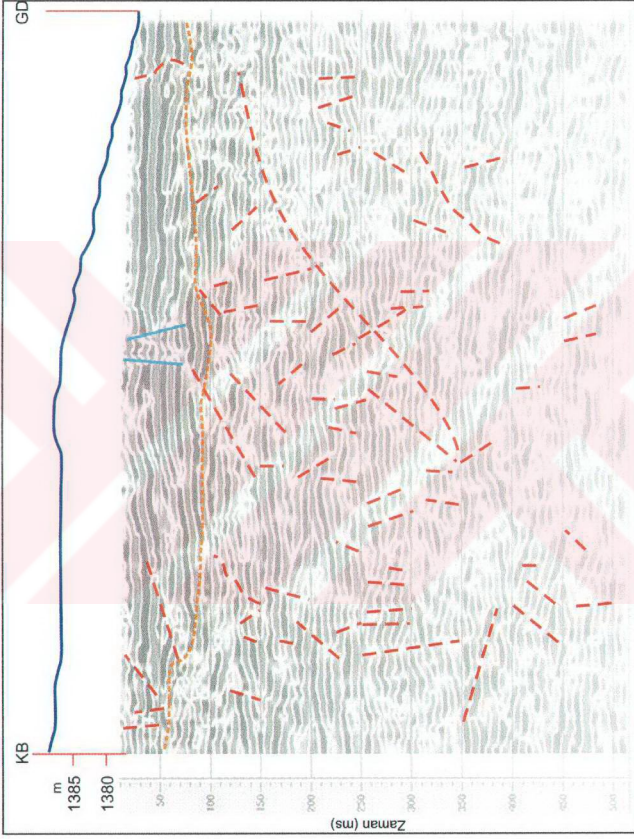
Bu işlem sonucunda sismik kesit üzerinde, VII numaralı çatlak sisteminin oluşumuna neden olabilecek ana bir fay gözlenmemekle birlikte, kuzeybatıya ve güneydoğuya eğimli küçük düşey atım bileşenli faylarla birlikte yoğun eklem sistemlerinin geliştiği gözlenmiştir. Olasılıkla buradaki sıcak sular bu küçük fay düzlemleri ve çatlak sistemleri aracılığıyla yüzeye taşınmıştır.



Şekil 7-32: VII numaralı sırttan alınan sismik yansıma kesiti ve topografik kesitin görünümü



Şekil 7-33: VII numaralı sırt üzerindeki sisimk yansıma kesitinde travertenlerin görünümü

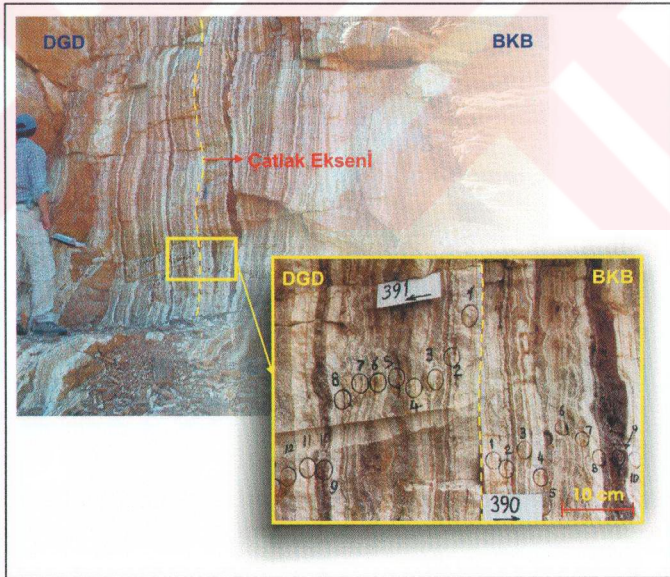


Şekil 7-34: VII Numaralı sırt üzerindeki Sismik yansıma kesitindeki fay ve Incesu Formasyonu içerisindeki eklemler sisteminin görünümü

7.2.6.2. VII Numaralı Sırt Tipi Traverten Üzerinde Gerçekleştirilen Paleomanyetik Çalışmalar

VII Numaralı sırtın kuzey bölümünde sismik kesitin alındığı lokasyonun yaklaşık 100 metre kuzeydoğusunda yer alan taş ocağından travertenlerin paleomanyetik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla çatlak ekseninin her iki tarafında simetrik olarak bulunan bantlı travertenlerden toplam 49 adet karot örnek alınmıştır (Gürsoy ve diğerleri, 2004).

Çatlak ekseninin batı ve doğu bölümünden, çatlak ekseninin her iki tarafında da bulunan aynı bantlardan alınmak üzere batı bölümde 23, doğu bölümde ise 26 adet örnekleme yapılmıştır (Şekil 7-35). Alınan örneklerin manyetik özellikleri Liverpool Üniversitesi (İngiltere) Jeomanyetizma Laboratuvarında Nitrojen SQUID manyetometre kullanılarak incelenmiştir (Çizelge 15).

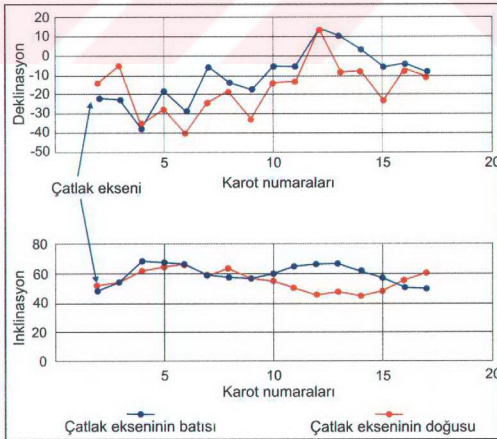


Şekil 7-35: VII numaralı sırt üzerinde bulunan taş ocağının ve paleomanyetik amaçlı karot örneklerin alındıkları konumları gösterir şekil

Çizelge 15: VII numaralı sırttan alınan karot örneklerin paleomanyetik analizler sonucu bulunan deklinasyon (D) ve inklınasyon (I) değerleri

Örnek No	Batı Kanat D/I°	Doğu Kanat D/I°	Örnek No	Batı Kanat D/I°	Doğu Kanat D/I°
2	337.4/47.8	345.6/51.1	10	354.6/59.8	345.5/55.0
3	337.6/54.1	353.9/53.4	11	354.3/65.0	346.7/50.2
4	322.2/67.9	324.8/61.8	12	12.9/67.1	11.7/45.5
5	342.0/68.0	331.6/64.2	13	10.7/67.6	351.6/47.4
6	330.9/63.8	319.9/65.6	14	3.6/62.3	351.8/44.3
7	353.9/57.8	335.5/58.9	15	354.8/57.9	336.7/48.2
8	346.1/57.2	340.7/63.5	16	356.3/51.5	352.2/56.0
9	343.0/56.6	326.5/56.9	17	351.8/50.5	349.1/61.1

İnklınasyon (manyetik eğim) ve deklinasyon (manyetik sapma açısı) eğrilerinin ikili grafik üzerindeki konumu örneklerin alındığı batı ve doğu bölüme ait eğrilerin birbirleriyle uyumlu olduklarını, diğer bir ifade ile deklinasyon ve inklınasyon değerlerinin eksenin her iki tarafında birbirlerine yakın değerlerde olduklarını göstermektedir (Şekil 7-36). Bu veriler, çatlak ekseninin belirli bir süreç içerisinde simetrik olarak açıldığıнын jeokronolojik kanıtının yanısıra paleomanyetik kanıtı niteliğindedir.



Şekil 7-36: VII numaralı sırttan alınan örneklerin deklinasyon ve inklınasyon değerlerinin karşılaştırılması (Gürsoy ve diğerleri, 2004' den alınmıştır).

7.2.7. VIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

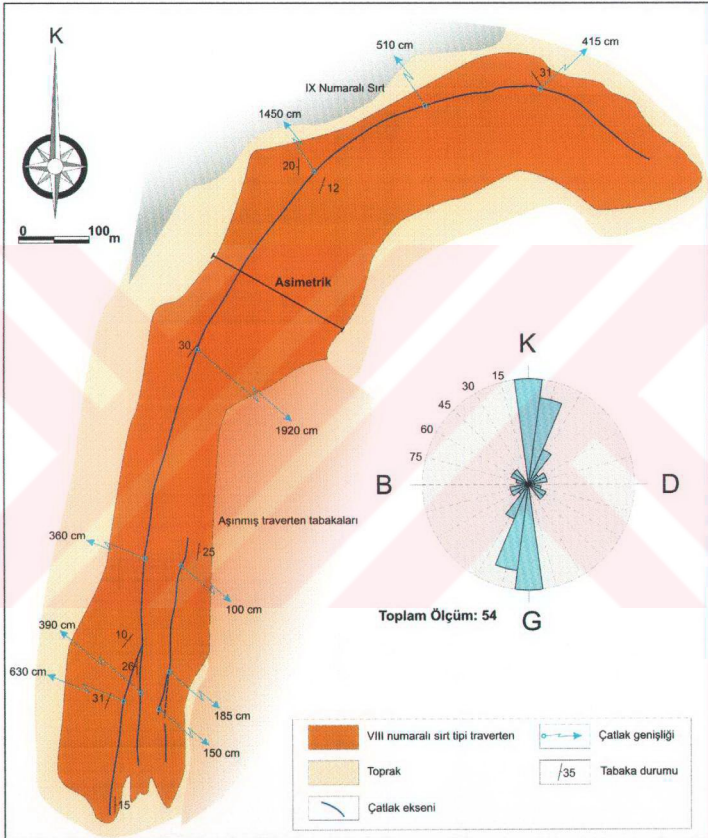
VIII numaralı sırt tipi traverten, 1/25.000 ve 1/5.000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerinde Midillininboz sırtı adı ile gösterilmektedir. Kuzeyde Sivas-Ankara karayolunun 100 metre güneyinde yaklaşık D-B doğrultuyla başlayıp, kuzeye doğru dışbükey biçim kazanmakta ve batıya doğru uzantısı K-G doğrultusunda devam etmektedir (Şekil 7-37).

VII numaralı sırt tipi traverten, aşınma oranları dikkate alındığı takdirde yüzeyde bantlı travertenin kalınlığının 20 metreye ulaşması nedeniyle bölgedeki en yaşlı sırt tipi traverten oluşumlarından birisi olarak yorumlanmaktadır.

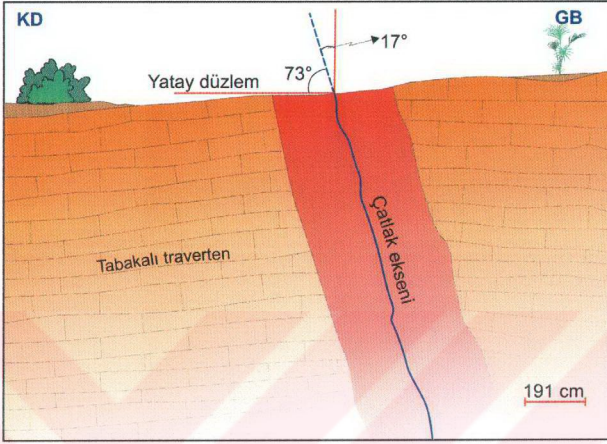
Yaklaşık 2.000 metre çatlak eksen uzunluğuna sahip bu sırt tipi traverten oluşumunun çatlak ekseninin doğrultularına göre yapılan gül diyagramı, çatlak eksenlerinin K-G ve K15°D doğrultusunda yoğunlaştığını göstermektedir (Şekil 7-37). Çatlak ekseninin doğrultusunun yaklaşık K-G doğrultuda olduğu her yerde çatlak düzlemi dik konumlu olmasına karşın, çatlak eksen doğrultusunun kuzeydoğuya doğru dönmeye başladığı kuzeydoğu uçta, işletilen taş ocağında çatlak düzleminin 73°GB eğimli olduğu gözlenmektedir (Şekil 7-38).

Çatlak eksenlerinde bulunan boşluklar olasılıkla çatlak düzlemleri boyunca süzülen yüzey sularının bu kısımlardaki kalsiti çözümlenerek uzaklaştırması sonucunda oluşmuştur. Böylece oluşan bu boşluklarda kalsit ikincil olarak yeniden kristallenmiştir (Şekil 7-39).

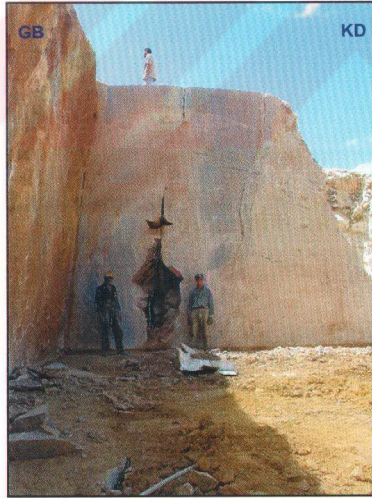
Bu taş ocağında açılan yarmalarda tabakalı travertenlerin üzerindeki gevşek, çimentolanmamış çökeller ve toprak oluşumları ile doğrultu/eğim ilişkileri, birbiri ile keskin açılı uyumsuz ilişki sunmaktadır (Şekil 7-40). Hidrotermal etkinliğin durmasının ardından gerçekleşen aşınma evresinin ürünleri olan gevşek, çimentolanmamış çökeller, moloz tipi malzeme yığılması ve toprak oluşumunun, sırtın kuzey kenarının daha fazla eğimli olduğu asimetrik kuzey kanadın paleotopoğrafyası üzerinde biriktirmiştir (Şekil 7-40).



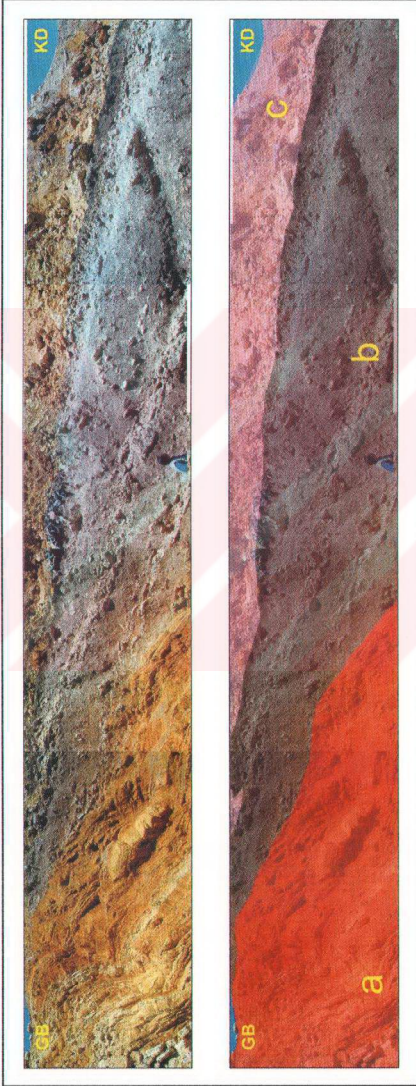
Şekil 7-38: VIII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve ana çatlaklara ait gül diyagramı



Şekil 7-38: VIII Numaralı sırt tipi travertenin kuzey ucunda taş ocağında bantlı travertenlerin ve merkezi çatlığın görünümü



Şekil 7-39: VIII numaralı sırt tipi travertenin kuzey ucundaki taş ocağında bantlı travertenlerin ve merkezi çatlığın görünümü ve çatlak eksenli içerisinde gözlenen erime boşlukları

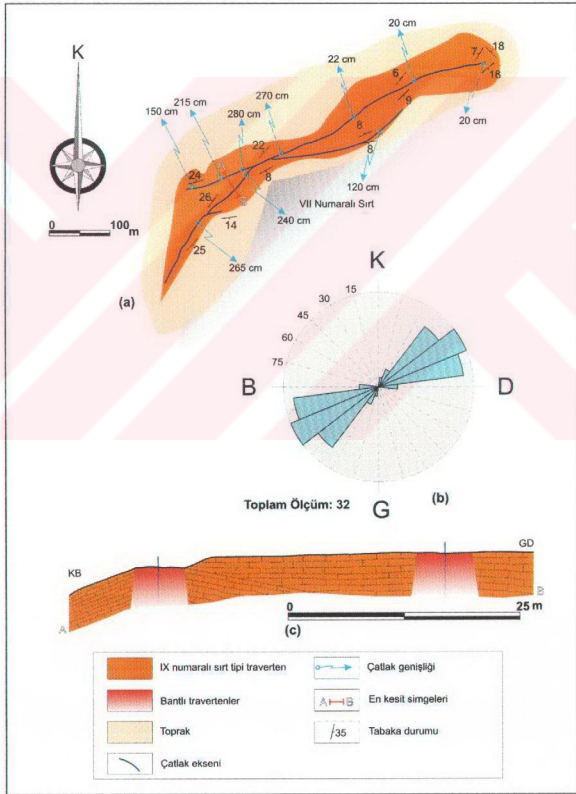


Sekil 7- 40: VIII numaralı sırt kuzey ucunda işletilen taş ocağında KD'ya eğimli tabakalı travertenlerin (a), hidrotermal etkinliğin durmasının ardından gerçekleşen aşınma evresinde biriken ürünleri olan yamaç molozu ve toprak oluşumu (b) ve taş ocağı işletmesinin atıklarının görünümü (c).

7.2.8. IX Numaralı Sırt Tipi Traverten

VIII numaralı sırt tipi travertenin hemen kuzeybatısında yer alan bu oluşumun toplam çatlak uzunluğu 876 metredir. Arazide ölçülen toplam 32 adet çatlak eksenine ait doğrultu değerlerine göre yapılan gül diyagramında genel yönelimin K60°D doğrultusunda yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7-41).

Bu sırt tipi traverten oluşumu da bantlı travertenlerde gelişen aşınma oranlarına göre yaşlı bir traverten oluşumu olarak değerlendirilmiştir (Şekil 7-42).



Şekil 7-41: IX numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a), ana çatlaklara ait gül diyagramı (b) ve jeolojik kesiti (c)



Şekil 7-41: IX numaralı sırt tipi travertenin görünümü

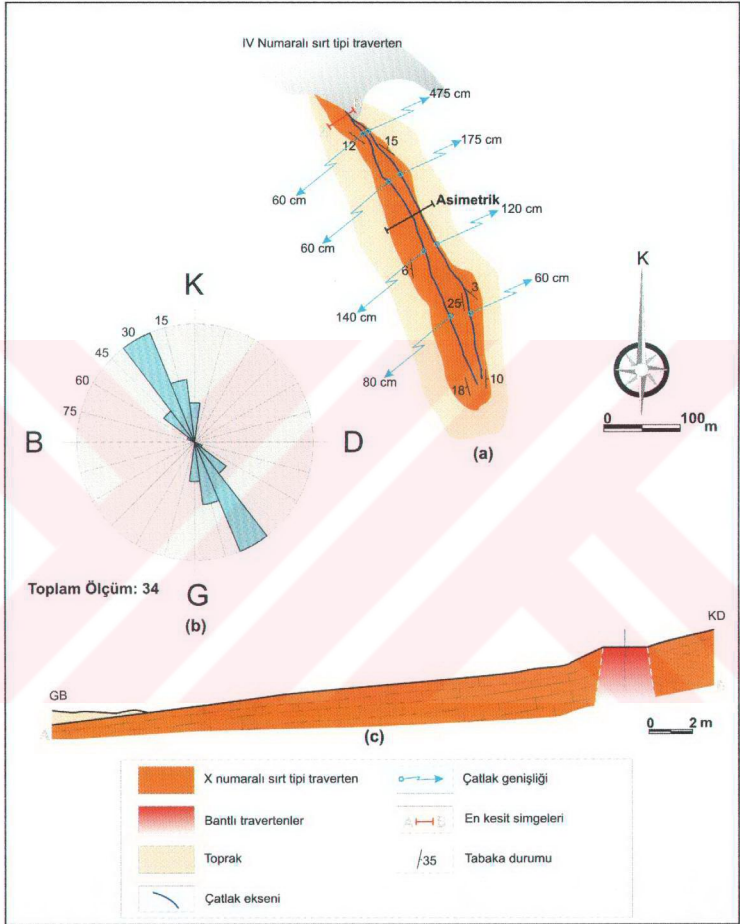
7.2.9. X Numaralı Sırt Tipi Traverten

IV numaralı sırtın GD ucundan başlayıp, yaklaşık 700 metre GGD'ya doğru uzanan ve iki merkezi çatlak eksenine sahip bu sırt, X numaralı sırt tipi traverten olarak adlandırılmıştır (Şekil 7-43).

Bu sırt tipi traverten oluşumunda dikkati çeken önemli nokta, kuzeybatı uçta IV numaralı sırt tipi traverten oluşumu tarafından örtülmesidir.

X numaralı sırttaki bantlı travertenin genişliği GD uçta 60-80 cm, KB uçta 475 cm' ye ulaşmaktadır. Bu durum, kuzey ucun aslında X numaralı sırt tipi travertenin ortalarında bir bölgeye düştüğünü ve sırtın KB'ya doğru devam ettiğini göstermektedir. IV numaralı sırta ait tabakalı travertenlerin örter durumdaki ilişkisi bunu ortaya koymaktadır. Bu veriler IV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun göreceli olarak X numaralı sırt tipi traverten oluşumundan genç olduğunu göstermektedir.

X numaralı sırt tipi traverten oluşumunda yer alan çatlak eksenlerinden alınan 34 adet çatlak düzlemi ölçümünden yararlanılarak yapılan gül diyagramında genel yöneliminin $K30^{\circ}B$ olduğu görülmektedir (Şekil 7-43). Bu gül diyagramındaki egemen doğrultunun, I, II, IV, V ve VI numaralı sırtlara ait çatlaklar için hazırlanan gül diyagramlarındaki sonuçlarla benzerlik taşıması, X numaralı sırtla I, II, IV, V ve VI numaralı sırtların aynı tektonik fazdan etkilendiklerini ve X numaralı sırtın aşınma oranı göz önüne alındığında bu sırtlardan göreceli olarak daha yaşlı olduğu sonucuna varılmaktadır.



Şekil 7-43: X numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a), ana çatlaklara ait gül diyagramı (b) ve jeolojik kesiti (c)

7.2.10. XI Numaralı Sırt Tipi Traverten

XI numaralı sırt tipi traverten, Tepe Çermik bölgesinden başlayıp, K-G uzanımlı bir hat boyunca 1335 metre uzunluktaki bir sırt üzerinde gelişmiştir (Şekil 7-44).

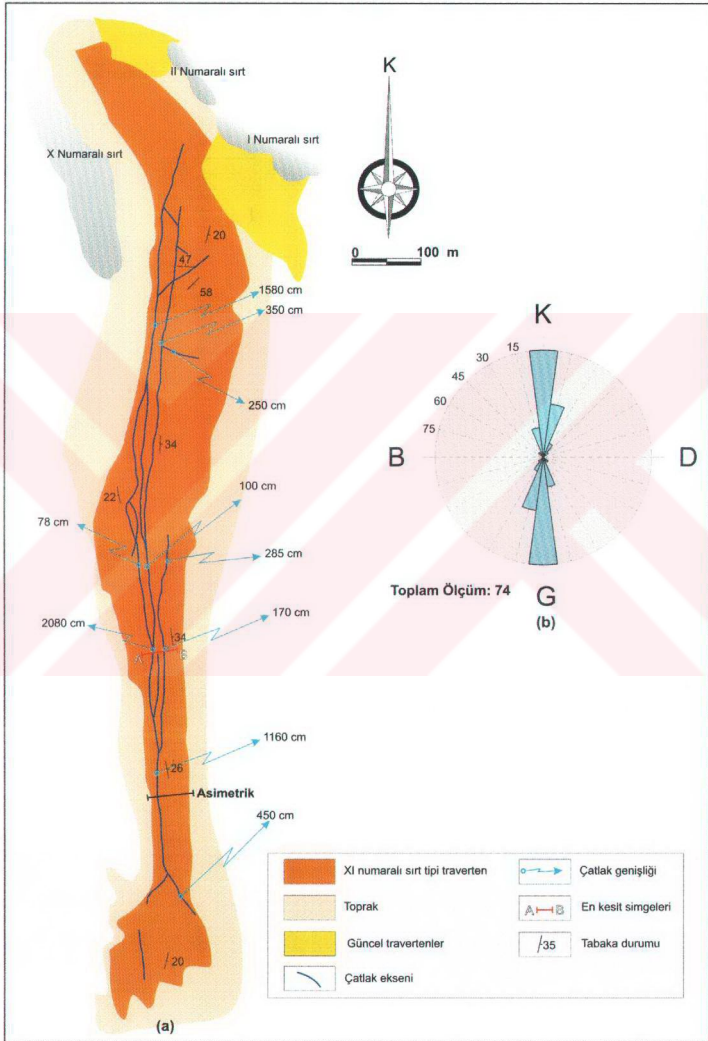
Bu sırt üzerinde hepsi birbirine paralel toplam 2053 metre uzunluğunda 3 ana çatlak ekseni ve bunlar içerisinde bantlı traverten oluşumları gözlenmektedir. Ana çatlaklardan alınan yaklaşık 74 adet doğrultu ölçümü ile yapılan gül diyagramı, egemen doğrultunun K-G olduğunu göstermektedir (Şekil 7-44).

Bu sırtın hemen kuzey ucunda işletilen bir taş ocağından U/Th yaş tayini için 4 adet karot örnek alınmıştır.

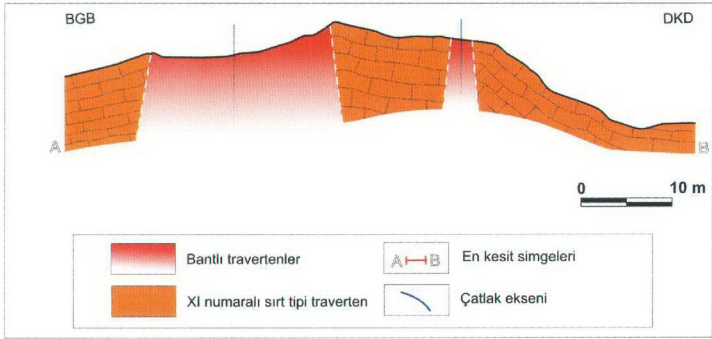
Çatlak genişlikleri dikkate alındığında XI numaralı sırt tipi travertenin de oldukça yaşlı bir oluşum olduğu gözlenmektedir. Çatlak genişlikleri güney uçta daralmaktadır. Ancak çatlak genişliğinin orta kesimde ve kuzey uçta oldukça fazla olması, bu sırtın oluşumundan sonra kuzey uçta çeşitli aralıklarla traverten çökeltecek bir hidrotermal etkinliğin bir süre daha devam ettiği ve kuzey ucunun güncel travertenler ve toprak oluşumları ile örtüldüğü anlaşılmaktadır.

Şekil 7-45' de ana çatlakların doğusunda yer alan 170 cm genişliğinde bantlı traverten gözlenen çatlağın batı kanadı üzerinde genelde sırt tipi traverten morfolojilerinde gözlenen ve eğimli olması gereken tabakalı travertenler eksenin batı kanadında gözlenmemektedir. Bu kanat üzerinde ana çatlağa ait doğuya eğimli tabakalı travertenler gözlenmektedir. Bu durum her iki çatlağın da aynı dönem içerisinde hidrotermal etkinlikte bulunduğunu ancak doğuda yer alan çatlaktaki etkinliğin ana çatlaktan önce sona erdiğini göstermektedir.

XI numaralı sırtın kuzey ucunda halen işletilmekte olan ocakta çatlak ekseninde diğer çatlak eksenlerinin hepsinde gözlenmeyen bir durum söz konusudur. Burada çatlak, ilk oluşumundan hidrotermal etkinliğin durmasına kadar geçen süreç içerisinde tüm normal evrelerini tamamlamıştır. Ancak hidrotermal etkinliğin durmasının ardından çatlak D-B yönünde genişlemeye devam etmiş, böylece çatlak ekseninde bir açıklık meydana gelmiştir.



Şekil 7-44: XI numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a) ve ana çatlaklara ait gül diyagramı (b)



Şekil 7-45: XI numaralı sırt tipi traverten boyunca alınan jeolojik enine kesit

Bu boşluk, bölgedeki kayaların aşınmaları sonucunda çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen büyüklükte kayaç (traverten) parçaları ve toprak ile dolmuştur. Bu kayaç-toprak karışımı, çok zayıf bir karbonat (traverten) çimentosu ile bağlanmıştır (Şekil 7-46). Ayrıca bu oluşum içerisinde omurgalı organizmalara kemik parçalarının yanı sıra *Hipparion* sp.'ye (Engin Ünay, sözlü görüşme) ait diş fosilleri bulunmuştur.



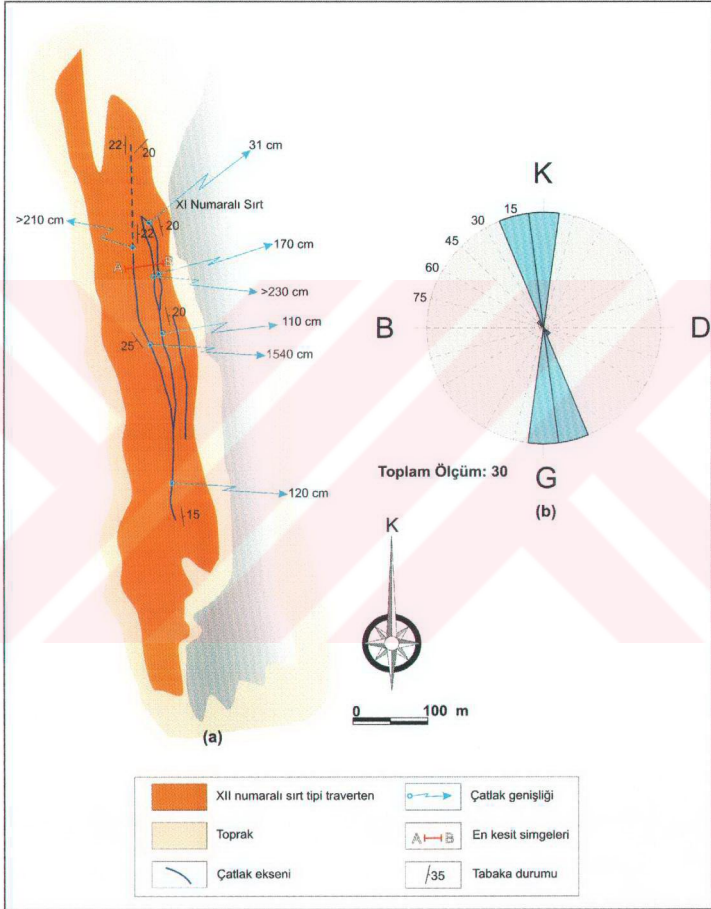
Şekil 7-46: XI Numaralı sırt tipi çatlak ekseninde oluşmuş boşluğu dolduran çökeller ve bu çökeller içerisinde gözlenen *Hipparion* sp. fosili

7.2.11. XII Numaralı Sırt Tipi Traverten

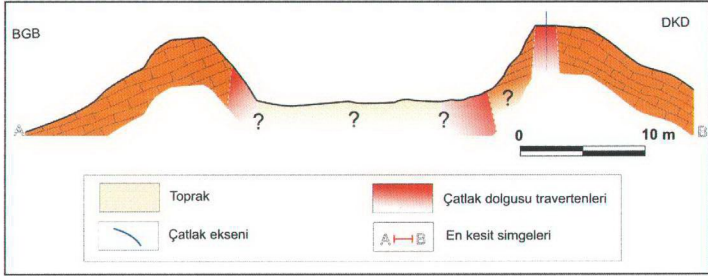
XII numaralı sırt tipi traverten oluşumu, XI numaralı sırtın hemen batısında yer almaktadır. Yaklaşık 920 metrelik toplam çatlak uzunluğuna sahiptir (Şekil 7-47). Çatlak eksenlerinden alınan 30 adet doğrultu ölçümünden yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun K15°B ile K-G yönlerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Genel geometrileri ve morfolojisinin yanı sıra, aşınma oranlarının ve egemen doğrultusunun XI numaralı sırt tipi travertene benzemesi ve bu sırtın hemen batısında yaklaşık 5 ile 25 metre arasında değişen uzaklıkta bulunması, bu sırtın aslında XI numaralı sırtın bir parçası olabileceği olasılığını düşündürmektedir.

Sırtın kuzey bölümünde, batıda kalan çatlak ekseninin net olarak izlenemediği kısımda olağandışı bir aşınma gözlenmektedir. Küçük bir vadi görünümünde olan ve iki adet çatlak eksenini içeren bu bölümdeki topoğrafik kot farklılığının ya da aşınmanın normal jeolojik süreçlerle oluşması olanaksız görünmektedir (Şekil 7-48). Bu bölümün büyük bir olasılıkla geçmişte taş ocağı olarak işletildiği düşünülmektedir. Jeolojik kesitte taş ocağı olarak işletildiği düşünülen bu bölümün, batıda ve orta kısımda yer alan çatlak eksenlerine ait duvarlar pekişmemiş sedimanlar tarafından örtüldüğü için gözlenmemektedir. Her iki çatlağın topografya üzerinde gözlenen genişlikleri 210 cm ve 230 cm'dir. Gerçek çatlağın yüzeyde izlenebilen genişliği ise bu değerlerden biraz daha büyüktür.



Şekil 7-47: XII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a) ve ana çatlaklara ait gül diyagramı (b)



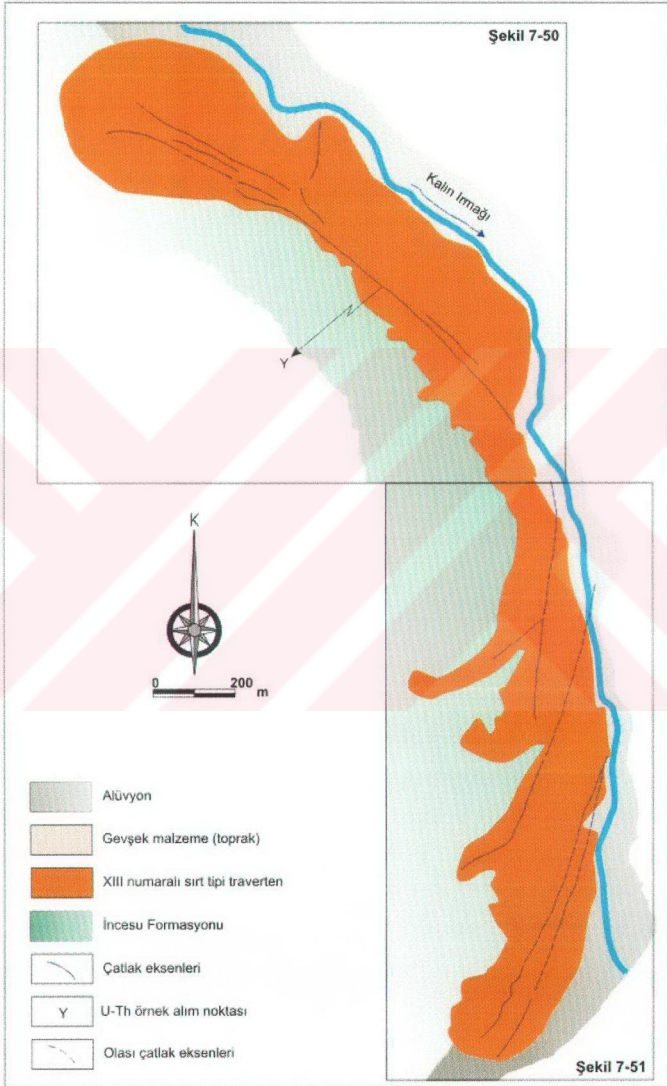
Şekil 7-48: XII Numaralı sırt tipi travertenin enine jeolojik kesiti

7.2.12. XIII Numaralı Sırt Tipi Traverten

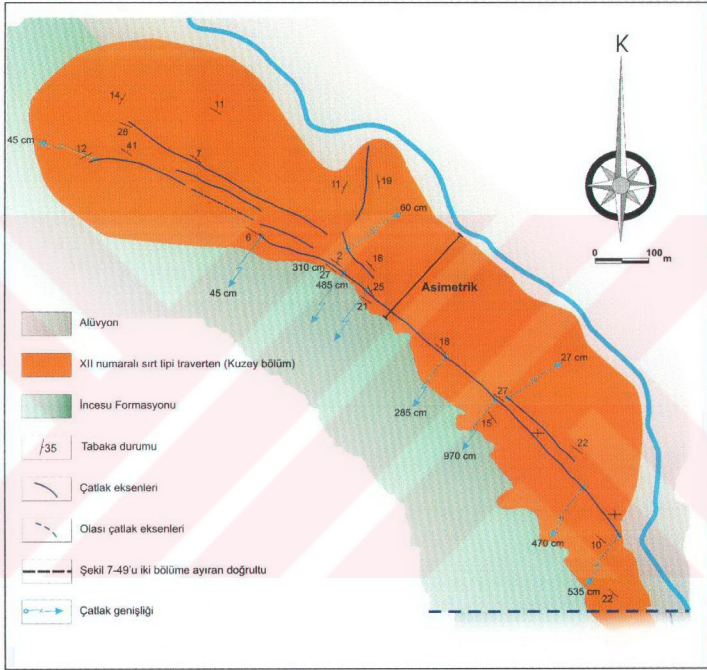
Kalın Irmağı'nın hemen batısında yer alan, Kandilsırtı olarak bilinen hat üzerindeki traverten oluşumu, XIII numaralı sırt tipi traverten olarak adlandırılmıştır. Çatlak eksenleri arazi üzerinde yaklaşık 2463 metre uzunlukta izlenebilmektedir (Şekil 7-49, 7-50 ve 7-51).

Bu sırt üzerinde yer alan çatlak eksenlerinden alınan 79 adet doğrultu ölçümüne göre yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun $K45^{\circ}-60^{\circ}B$ arasında yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7-52). Bu doğrultu Tepe Çermik bölgesinde yer alan I, II ve III nolu sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinin doğrultuları ile uyumluluk sunmaktadır. Aşınma miktarı ve oranlarına göre, güncel oluşumlar olmadığı anlaşılan bu sırt tipi travertenin güncel çatlaklardan yaşlı, ancak aşınma oranları fazla olan K-G doğrultulu XI ve XII nolu sırt tipi travertenlerden genç olduğu söylenebilir.

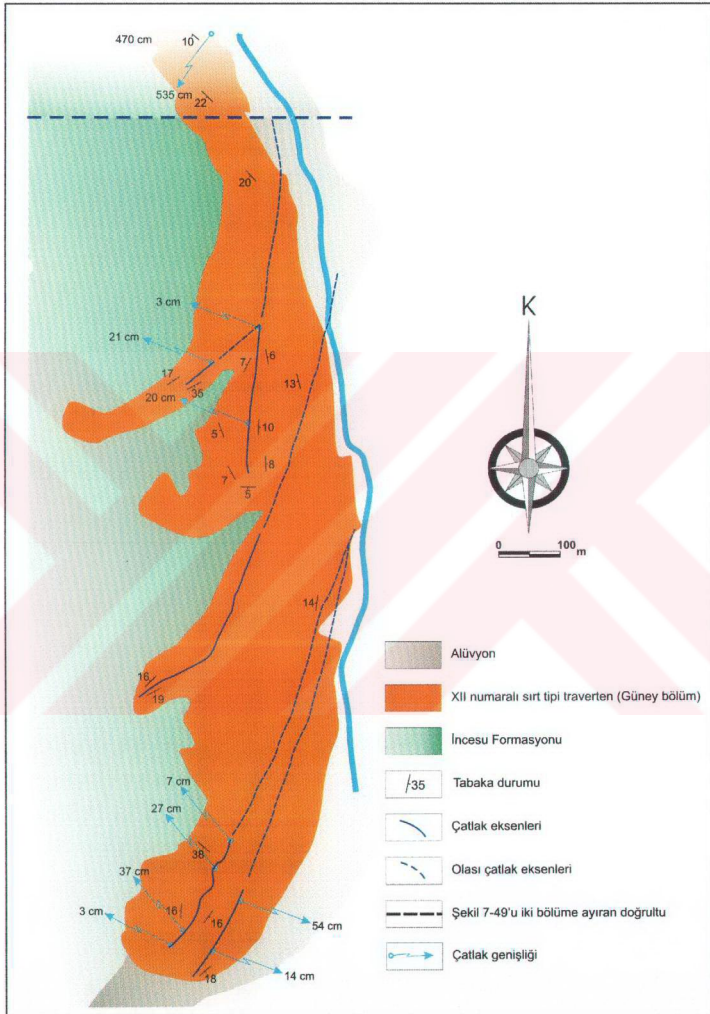
Güney bölümün ana çatlak eksenleri ve doğu kanadı morfolojik olarak Kalın Irmağı tarafından aşındırıldığı açık bir biçimde görülmektedir. Çatlak eksenleri kuzey bölümde KB-GD doğrultuda başlayıp sırt ekseninin orta bölümüne kadar bu doğrultuda devam etmekte, orta kesimde aniden Kalın Irmağı tarafından kesilmektedir (Şekil 7-53). Bu noktadan itibaren güneybatıya doğru dönen traverten yüzleğinin morfolojisi içerisinde KD-GB gidişli bazı sırt eksenini andıran uzantılar bulunmaktadır. Bu uzantılar üzerindeki çatlak eksenleri birer parazitik çatlak görünümünde olup, çatlak genişlikleri birkaç cm' yi geçmemektedir.



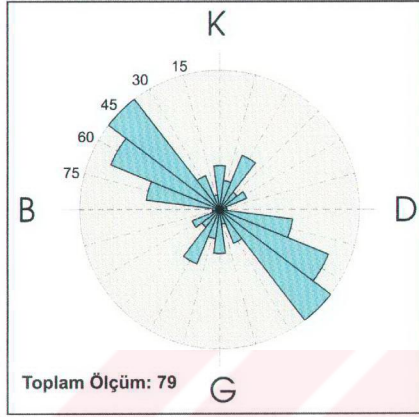
Şekil 7-49: XIII numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü



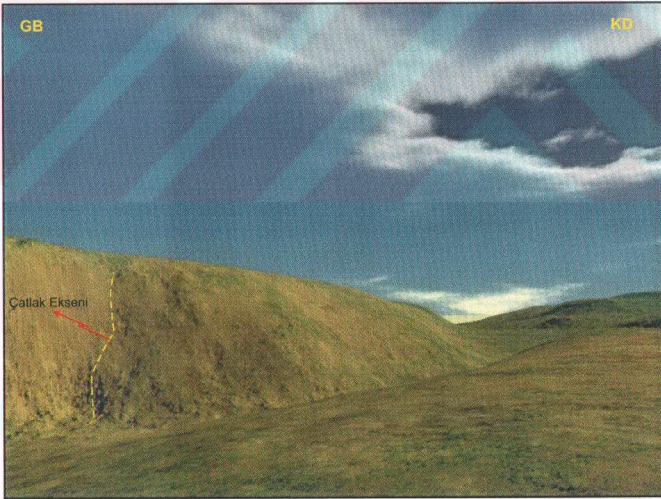
Şekil 7-50: XIII numaralı sırt tipi traverten kuzey bölümünün harita görünümü



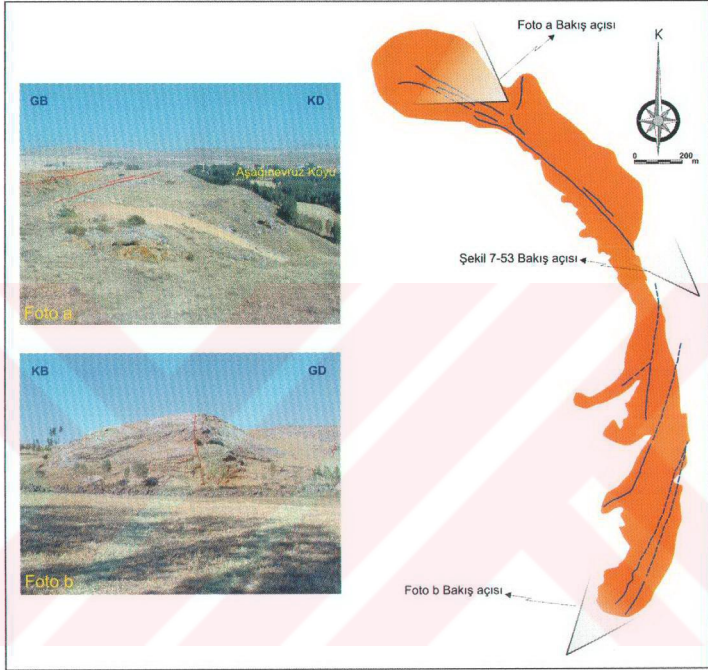
Şekil 7-51: XIII numaralı sırt tipi traverten güney bölümün harita görünümü



Şekil 7-52: XIII numaralı sırt tipi travertendeki çatlakların doğrultularına ait gül diyagramı



Şekil 7-53: XIII numaralı sırt tipi traverten oluşumunun Kalın Irmağı tarafından kesildiği ve aşındırıldığı bölümün üç boyutlu (3D Render) görünümü (Şekil konumu için Şekil 7-54'e bakınız) (GD'dan KB'ya bakış) (ölçeksiz)



Şekil 7-54: XIII numaralı sırt tipi traverten oluşumunun güney ucunun (GB'dan KD'ya bakış) ve kuzey ucunun (GD'dan KB'ya bakış) görünümü

7.2.13. XIV Numaralı Sırt Tipi Traverten

Kaşınbaşı sırtının güneyinden başlayıp güneydoğuya doğru devam eden traverten oluşumu, XIV numaralı sırt tipi traverten olarak adlandırılmıştır (Şekil 7-55). Sırt üzerinde izlenebilen toplam eksen uzunluğu yaklaşık 2086 metredir. Çatlak eksenini üzerinde ölçülen 66 adet doğrultu verisi ile hazırlanan gül diyagramında genel gidişin K30°B olduğu belirlenmiştir (Şekil 7-56).

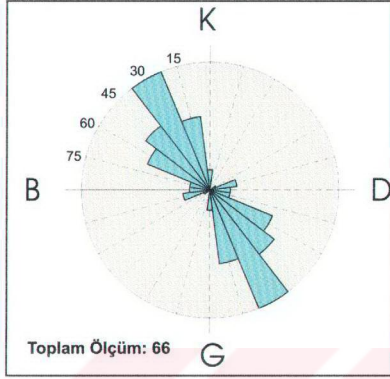
Bu sırt tipi traverten üzerinde güneyden kuzeye doğru gidildikçe bantlı travertenlerin yüzeydeki genişliklerinin arttığı gözlenmektedir (Şekil 7-57 ve 7-58). Normal bir sırt geometrisinde her iki uçta çatlak genişliklerinin azalması (birkaç cm) gerekirken kuzey uçta çatlak genişliğinin 2 ile 4 metre arasında değiştiği gözlenmektedir. Bu durum, çatlağın oluştuğu dönemde kuzeye doğru devam ettiğini göstermektedir. Günümüzde ise kuzey bölümün aşınarak ve/veya çimentolanmamış malzeme (toprak-moloz) ile örtülmesi sonucu, çatlak yüzeyde izlenememektedir. Bu sırt tipi traverten oluşumunun Kaşınbaşı sırtında yer alan aşınmış traverten tabakaları ile ilişkili olabileceği ve kuzeyden güneye doğru akan Kalın Irmağı'nın Sıcak Çermiğin batısındaki morfolojinin gelişimi üzerinde önemli rol oynadığı düşünülmektedir.

Kaşınbaşı sırtının batı bölümü üzerinde normal fay topoğrafyasına benzer morfolojik bir sarplık yer almaktadır (Şekil 7-59). İkinci sismik yansıma kesiti morfolojideki bu sarplığın önünde her hangi bir faylanmanın bulunup bulunmadığını anlamak için gerçekleştirilmiştir.

Bu sismik kesit için jeofon aralıkları 4 metre, patlatma noktalarının alıcılara uzaklığı 20 cm olarak uygulanmıştır. Toplam kesit uzunluğu 120 metredir. Sismik kesit başlangıç koordinatları UTM cinsinden 305735.56 enlem ve 402776 boylam değerlerinde (WGS84'e göre; 39°,45',9.95 Kuzey Enlemi, 36°,43',56.74 Doğu boylamı) ve deniz seviyesinden yüksekliği 1429.57 m; son jeofon UTM cinsinden 305572.1 enlem ve 402765 boylam değerinde (WGS84'e göre; 39°,45',9.46 Kuzey Enlemi, 36°,43',49.91 Doğu boylamı) ve deniz seviyesinden yüksekliği 1400.8 metredir (Şekil 7-60). II. sismik kesit alımı sırasında elde edilen bilgiler çizelge 16'da verilmiştir



Şekil 7-55: XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun harita görünümü

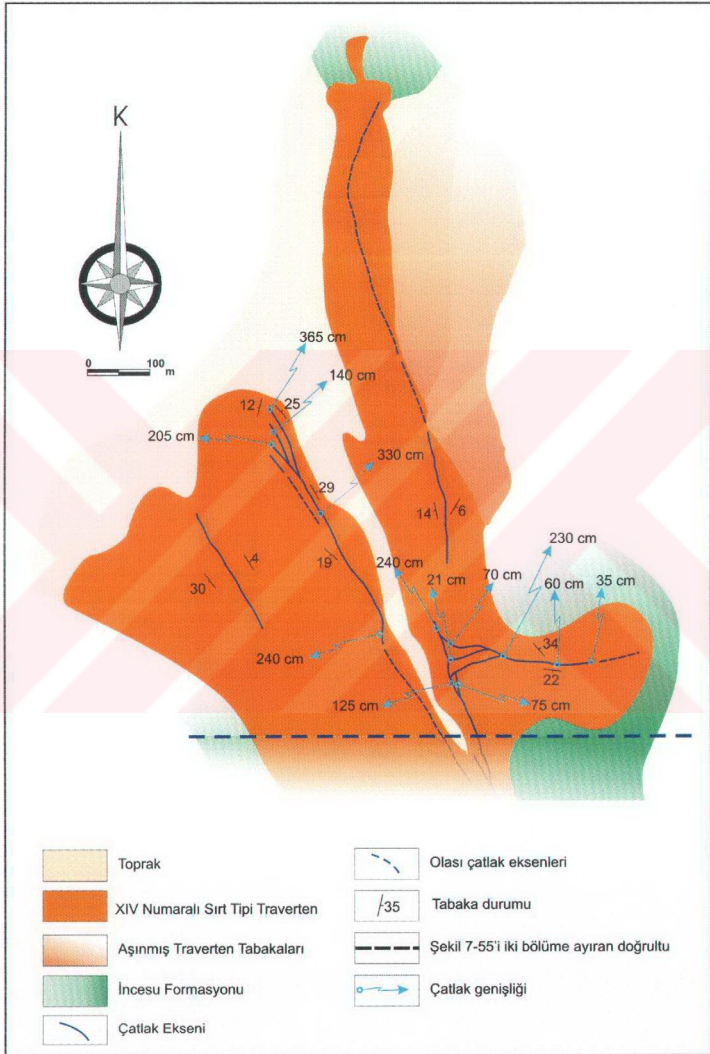


Şekil 7-56: XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunda yer alan çatlak eksenlerinin girişlerine ait gül diyagramı

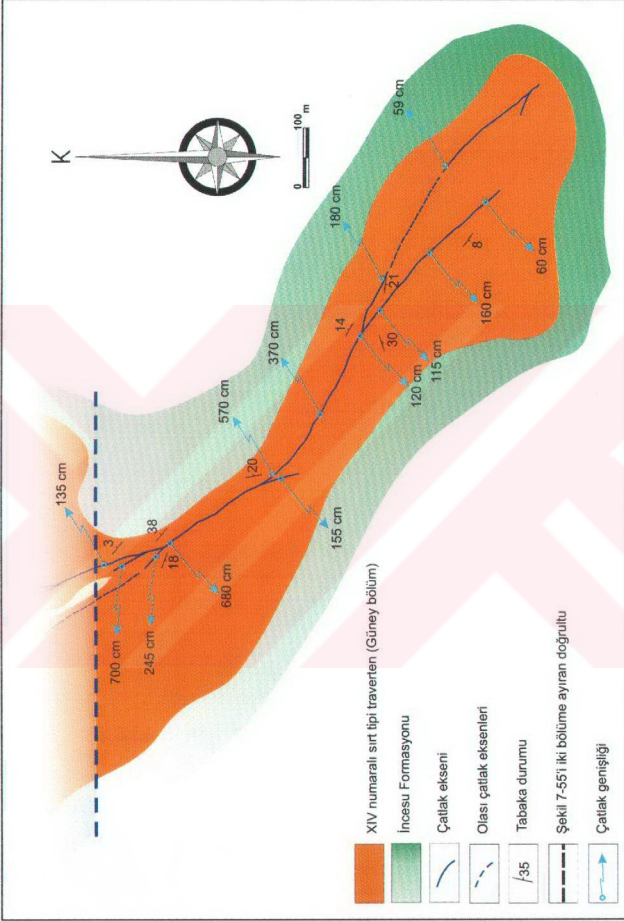
II. sismik kesit verilerinden de anlaşılacağı gibi terasın bitip topoğrafik eğimin artmaya başladığı bölümde küçük sinsedimanter düşey bileşenli faylar ile çatlak sistemlerinin yer aldığı anlaşılmaktadır (Şekil 7-61 ve 7-62).

İnceleme alanının bu kesiminde gözlenen terasın bir akarsu tarafından oluşturulduğu anlaşılmaktadır. Olasılıkla Kalın Irmağı, XIV numaralı sırt oluşurken yada oluşuktan hemen sonra bu terasın bulunduğu kottan akmaktaydı. Bu durum Kaşınbaşı sırtında yer alan aşınmış traverten tabakalarının içerisinde bulunan çok tür bileşenli çakıllı traverten düzeylerini de açıklamaktadır. XIV numaralı sırtın (Şekil 5-14 ve Şekil 5-17) kuzey ucunun gözlenememesinin bir nedeni ise Kalın Irmağı tarafından aşındırılmış olması olasılığıdır. Bu bulgulara ve gözlemlere dayanarak XIV numaralı sırtın oluşumundan günümüze kadar geçen süreç içerisinde Kalın Irmağı yatağının aşamalı olarak batıya doğru göç ettiği ve bugünkü konumunu kazandığı şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 7-63).

Bu basamaklı terasların benzerleri inceleme alanının güneyinde Kızılırmak vadisinin güney kenarında da gözlenmektedir (Şekil 7-64). Bu teraslar İncesu Formasyonu içerisinde yer yer iyi çimentolanmış ince taneli kırıntılı katman düzeylerinin aşınma karşı daha fazla direnç göstermesi sonucu oluşan morfolojik yapılarıdır.



Şekil 7-57: XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun kuzey bölümünün harita görünümü



Şekil 7-58: XIV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun güney bölümünün harita görünümü

Çizelge 16: II. sismik kesit çalışması ile ilgili bilgileri içeren gözlemci logu

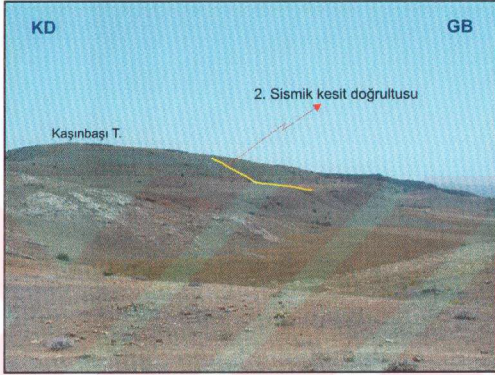
Sıra No	FFID	Atış Noktası	Jeofon İst.-1	Jeofon İst. 12	Kuyu Derinliği	Şarj Miktarı	Kapsül Sayısı	Açıklama
1	2001	200	201	212	0.2 m	75 gr	1	
2	2002	201	202	213	0.2 m	75 gr	1	
3	2003	202	203	214	0.2 m	75 gr	1	9. Kanal ölü
4	2004	203	204	215	0.2 m	75 gr	1	
5	2005	204	205	216	0.2 m	75 gr	1	12. Kanal ölü
6	2006	205	206	217	0.2 m	75 gr	1	50 msn gecikme var
7	2007	206	207	218	0.2 m	75 gr	1	
8	2008	207	208	219	0.2 m	75 gr	1	
9	2009	208	209	220	0.2 m	75 gr	1	
10	2010	209	210	221	0.2 m	75 gr	1	
		210	211	222	0	0	0	Atış yapılmadı
11	2011	211	212	223	0.2 m	75 gr	1	
12	2012	212	213	224	0.2 m	75 gr	1	
13	2013	200	213	224	0.2 m	75 gr	1	
14	2014	201	214	225	0.2 m	75 gr	1	
15	2015	213	214	225	0.2 m	75 gr	1	
16	2016	214	215	226	0.2 m	75 gr	1	
17	2017	215	216	227	0.2 m	75 gr	1	
18	2018	216	217	228	0.2 m	75 gr	1	
19	2019	217	218	229	0.2 m	75 gr	1	1. Kanal ölü
20	2020	218	219	230	0.2 m	75 gr	1	
21	2021	219	220	231	0.2 m	75 gr	1	
22	2022	220	221	232	0.2 m	75 gr	1	
23	2023	221	222	233	0.2 m	75 gr	1	1.Kanal ölü
24	2024	222	223	234	0.2 m	75 gr	1	
25	2025	223	224	235	0.2 m	75 gr	1	
26	2026	224	225	236	0.2 m	75 gr	1	
27	2027	225	226	237	0.2 m	75 gr	1	
28	2028	226	227	238	0.2 m	75 gr	1	
29	2029	227	228	239	0.2 m	75 gr	1	

A) ALICI PARAMETRELERİ
 Spread : İterek Off-End
 Kanal Sayısı : 12
 Grup Aralığı : 4 m
 Yakın Ofset : 4 m
 Uzak Ofset : 48 m
 Jeofon Tipi :
 Jeofon/İstasyon: 1

B) KAYNAK PARAMETRELERİ
 Kaynak : Dinamit
 Şarj : 75
 grKapsül Sayısı : 1 adet
 Atış aralığı : 4 m
 Örneklem Aralığı : 0.250 msn
 High Cut Filtresi : Out
 Low Cut Filtresi : Out
 Sabit Kazanç : Out

C) KAYIT PARAMETRELERİ
 Tape Media & Format:
 Kayıt Uzunluğu : 512 msn
 AGC : Out
 Plot High Cut Filtresi : Out
 Plot Low Cut Filtresi : Out

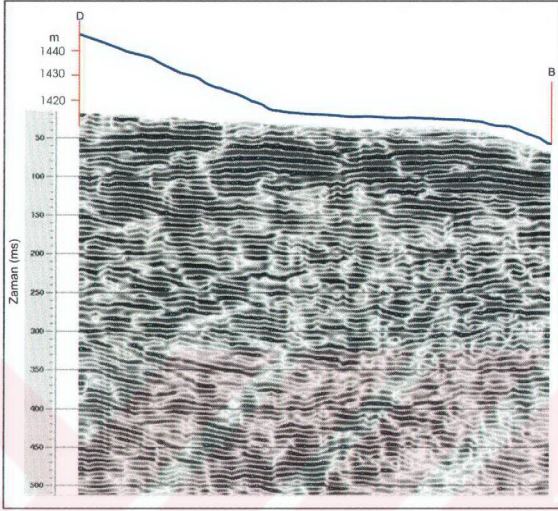
30	2030	228	229	240	0.2 m	75 gr	1	
31	2031	229	230	241	0.2 m	75 gr	1	
32	2032	230	231	242	0.2 m	75 gr	1	



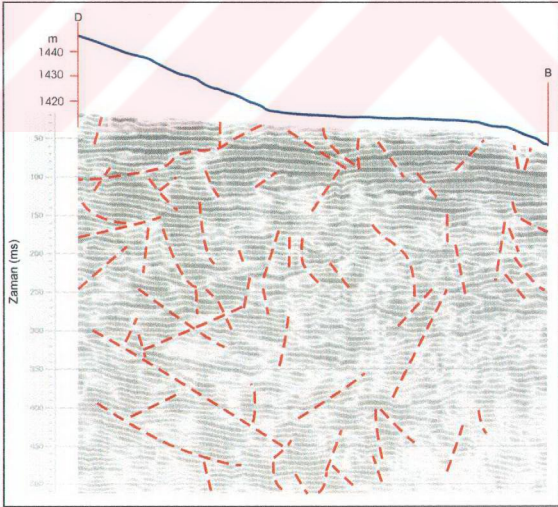
Şekil 7-59: II. sismik kesit doğrultusunun ve teraslı yapının görünümü



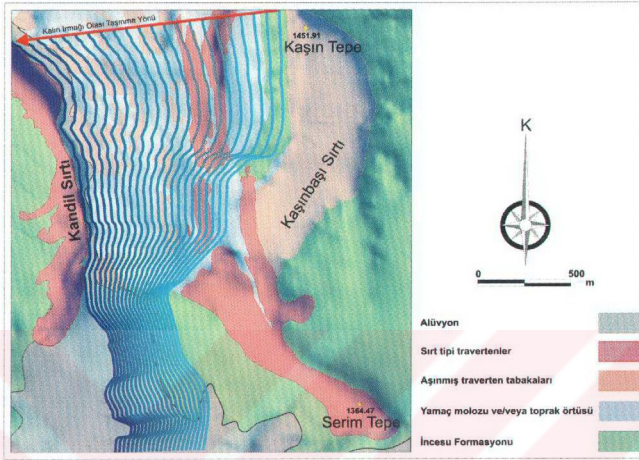
Şekil 7-60: II. sismik kesit alımı sırasında gerçekleştirilen bir patlatmanın görünümü



Şekil 7-61: II. sismik kesitin ve topografyanın görünümü



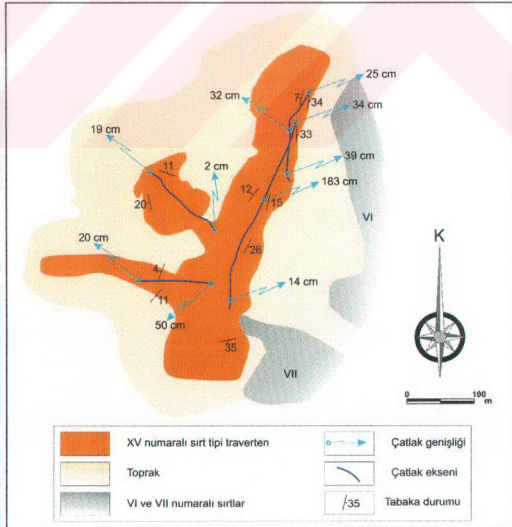
Şekil 7-62: II. sismik kesit üzerinde yer alan çizgisel yapıların görünümü



7.2.14. XV Numaralı Sırt Tipi Traverten

Tepe Çermiğin yaklaşık 750 metre kuzeybatısında, 340 metre uzunlukta çatlak eksenine sahip sırt tipi traverten oluşumu, XV numaralı sırt tipi traverten olarak adlandırılmıştır (Şekil 7-65). Saha çalışmaları sırasında ölçülen çatlak doğrultularından hazırlanan gül diyagramında egemen çatlak eksenlerinin K30°D gidişli olduğu görülmektedir (Şekil 7-66).

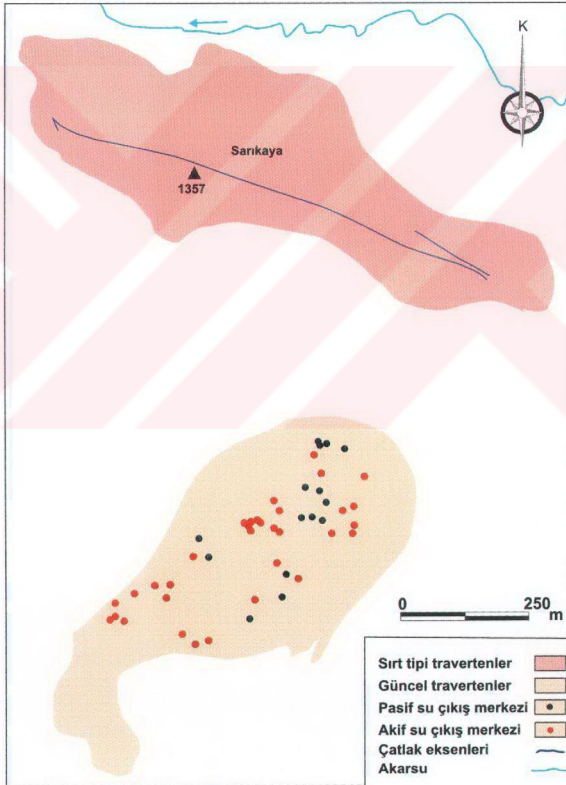
XV numaralı sırt tipi traverten oluşumu üzerinde yer alan ana çatlak içerisinde, hidrotermal etkinliğin durmasının ardından devam eden açılma nedeniyle oluşan boşluk, zamanla çakıl boyutundan blok boyutuna kadar değişen traverten parçalarıyla dolmuştur. Büyük çoğunluğu travertenden oluşan çakıl ve köşeli bloklu dolgu malzemesinin tekrar travertenlerden oluşan bir çimento ile sıkıca bağlanmış olması, ya yakın çevredeki bir başka çıkış merkezinden yüzeye ulaşan sıcak suların bu eksen içerisine akmış olduğunu ya da çatlak içerisinde hidrotermal etkinliğin kısa bir süre devam ettiğini göstermektedir (Şekil 7-67). Çatlak içerisinde gelişen bu türden bir oluşum için düşünülebilecek bir başka olasılık ise çatlak ekseninin, bölgede veya yakın çevrede gerçekleşen bir depremin neden olduğu ani bir açılma sonucu oluşmuş olabileceğidir.



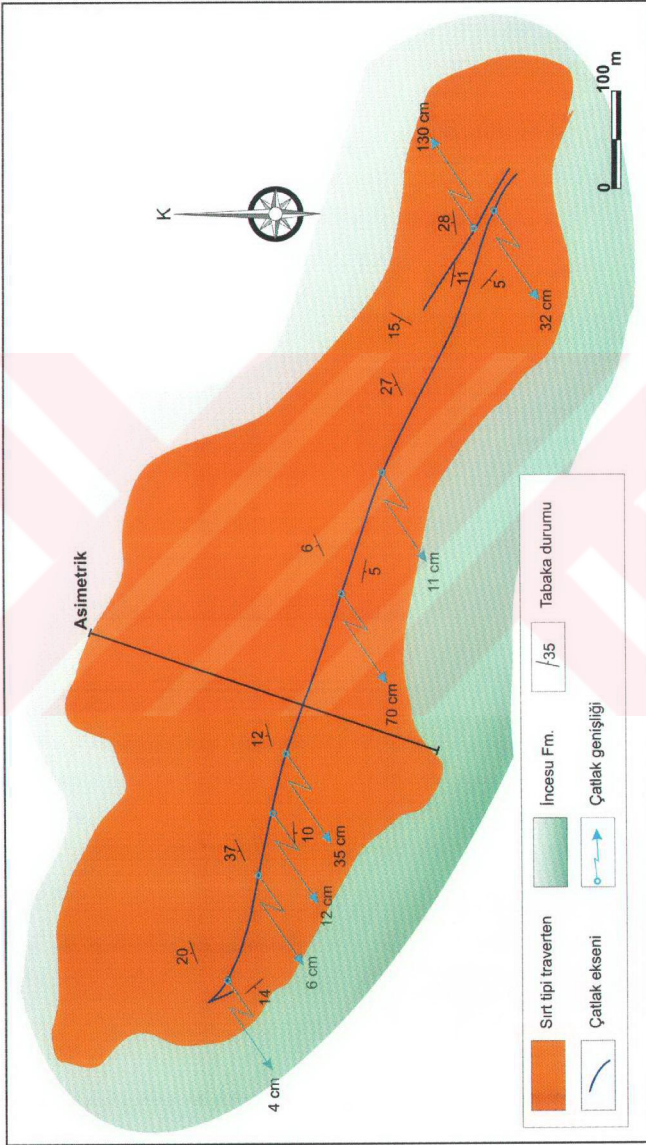
Şekil 7-65: XV numaralı sırt tipi traverten oluşumunun harita görünümü

7.3. Sarıkaya Çatlak Sırtı Tipi Travertenlerinin Yapısal ve Morfolojik Özellikleri

Sarıkaya traverten sahası, Sıcak Çermik Traverten sahasının yaklaşık 5 km kuzeydoğusunda yer alan bir diğer traverten sahasıdır. Sarıkaya bölgesinde yüzeyleyen travertenler kuzeyde ve güneyde olmak üzere birbirleriyle dokanağı olmayan iki farklı yüzlek halinde gözlenmektedir (Şekil 7-68). Birbirleriyle dokanakları olmayan bu iki traverten yüzleşti, güncel olarak üzerlerinde hidrotermal etkinliğin bulunup bulunmamasıyla da birbirlerinden ayrılabilirlerdir.



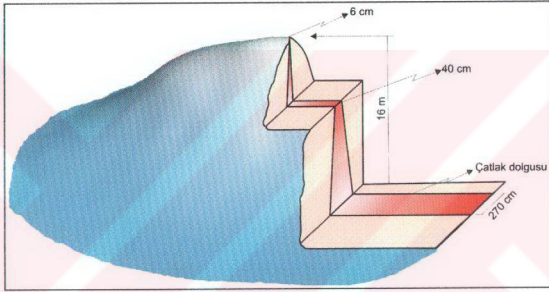
Şekil 7-68: Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi ve güncel traverten oluşum alanlarının haritası



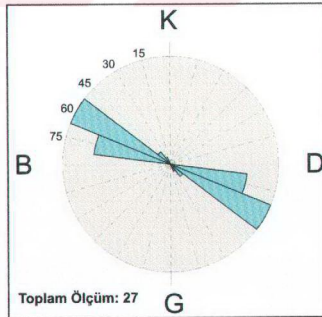
Şekil 7-69: Sarıkaya çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun harita görünümü

Kuzeyde kalan traverten yüzleği, sahip olduğu tam bir sırt morfolojisi ile klasik bir çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun özelliklerini göstermektedir (Şekil 7-69 ve 7-70). Fakat güneyde kalan bölümdeki traverten yüzleği, sırt morfolojisine benzemeyen bir görünüm sunmakta, üzerinde aktif ve pasif su çıkış merkezleri yer almakta ve traverten oluşumu halen devam etmektedir (Şekil 7-71).

Toplam 1050 metre uzunluğa sahip kuzyedeki çatlak sırtı ekseninde saha çalışmaları sırasında ölçülen 27 adet doğrultu değerine göre egemen çatlak doğrultusunun K60°B yönünde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 7-71).

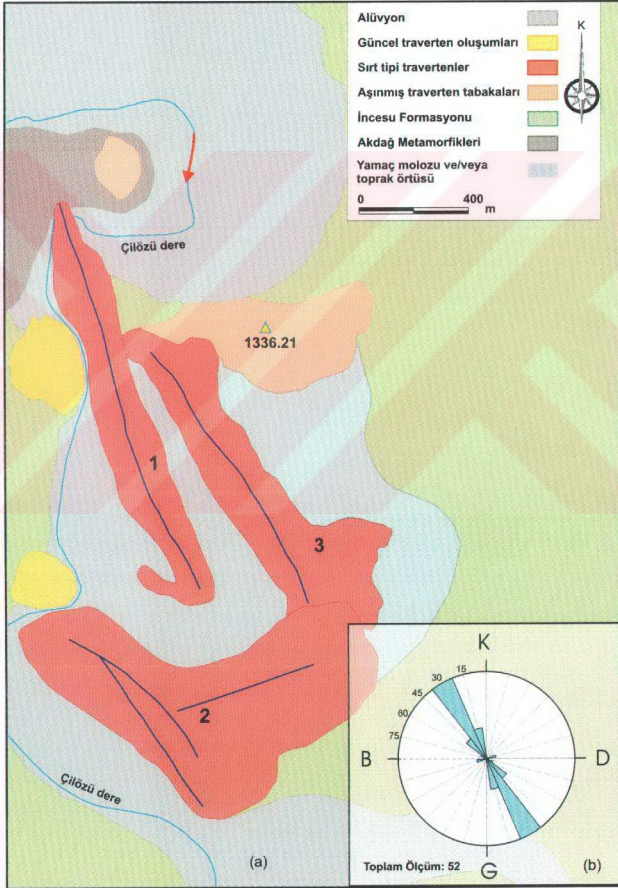


Şekil 7-70: Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi traverten üzerindeki ocakta çatlak genişliğinin derinlikle ilişkisini gösteren şematik şekil



Şekil 7-71: Sarıkaya bölgesindeki sırt tipi travertenin çatlak eksenine ait gül diyagramı

traverten oluşumları çevresinde aktif sıcak su çıkışı devam etmektedir (Şekil 7-74). Bu yöredeki sırt tipi travertenler üzerinde şu anda herhangi bir sıcak su çıkışı bulunmamaktadır. Bu bölgede de yine çatlak sırtı tipi travertenlerin tabanında da İncesu Formasyonu'na ait kırıntılı kaya birimleri yüzeylemektedir (Şekil 7-73 (a)). Çatlak eksenlerine ait gül diyagramında K30°B doğrultularda yoğunlaşma gözlenmektedir (Şekil 7-73 (b)).



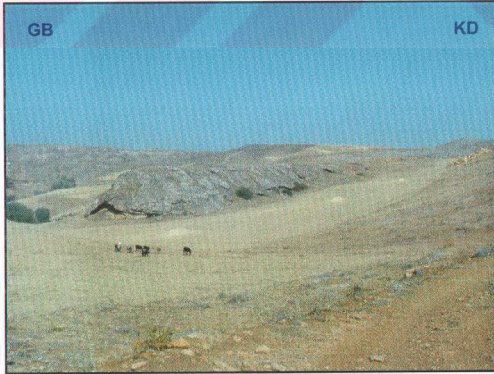
Şekil 7-73: Delikkaya traverten sahasında gözlenen traverten ve çatlak haritası (a), çatlaklara ait gül diyagramı (b)



Şekil 7-74: Delikkaya'da bulunan aktif su çıkış merkezlerinin görünümü

7.4.1 Delikkaya I Numaralı Çatlak Sırtı Tipi Travertenleri

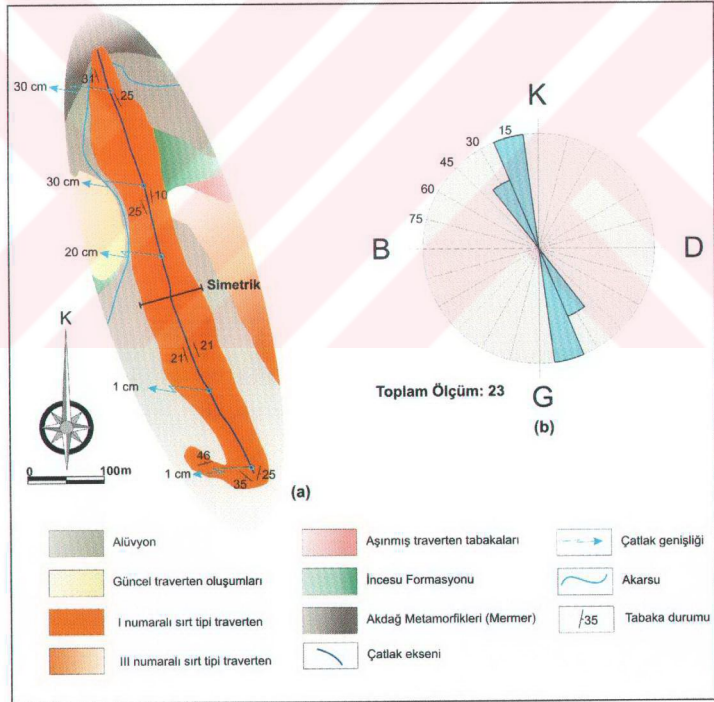
Delikkaya I numaralı sırt tipi traverten oluşumu, tüm bölgede incelenen traverten alanları içerisinde en iyi korunmuş, sırt morfolojisini en iyi yansıtan çatlak sırtı tipi traverten oluşumdur (Şekil 7-73 ve 7-75).



Şekil 7-75: Delikkaya I numaralı çatlak sırtı tipi travertenin genel görünümü

I numaralı çatlak sırtı tipi travertenin çatlak ekseninin yüzeydeki genişliği kuzeybatı ucunda 30 cm, güneydoğu ucunda ise 1 cm' dir. Kuzey uçta metamorfik kayalarla dokanağı aniden sona ermekte ve mermerler içerisinde devamı gözlenememektedir. Saha gözlemleri sırasında çatlak eksenlerinden alınan 23 adet doğrultu ölçümünden yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun K15°B gidişli olup, eksenin genel uzanımı ile uyumluluk sunmaktadır (Şekil 7-76). Çatlak ekseninin yüzeyde izlenebilen toplam uzunluğu 600 metredir.

Bu sırt tipi travertenin kuzey ucu, kuzeyden güneye doğru akan Çilözü dere tarafından aşındırılıp delinmiş ve doğal bir geçit (mağara) oluşmuştur (Şekil 5-37).

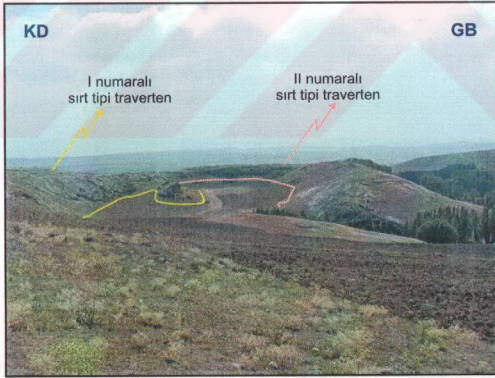


Şekil 7-76: Delikkaya I numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a) ve çatlakla ait gül diyagramı (b)

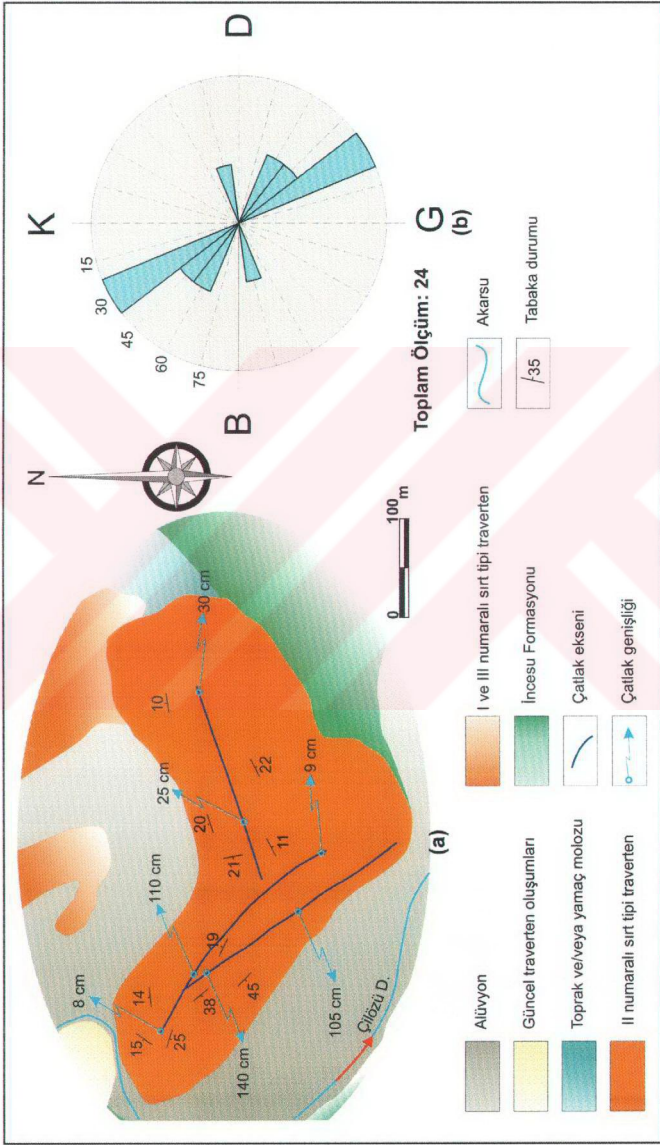
7.4.2 Delikkaya II Numaralı Çatlak Sırtı Tipi Traverten

Delikkaya traverten alanının en güneyinde yer alan çatlak sırtı tipi traverten II numaralı çatlak sırtı tipi traverten olarak adlandırılmıştır (Şekil 7-73 ve 7-77). Çatlak ekseninin yüzeyde izlenebilen toplam uzunluğu 710 metredir. Saha çalışmaları sırasında çatlak eksenlerinin doğrultularından alınan toplam 24 adet ölçüme göre yapılan gül diyagramında egemen doğrultunun $K30^{\circ}B$ olduğu görülmektedir (Şekil 7-78).

Harita ve gül diyagramı üzerinde de gözlenen $K75^{\circ}D$ gidişli ikincil bir çatlak eksenidir. Bu iki çatlak sisteminin birbirleri ile doğrudan bağlantısı yoktur. Ayrıca $K30^{\circ}B$ gidişli sırt ekseninin yüzey genişliği, $K75^{\circ}D$ gidişli diğer sırt ekseninin yüzey genişliğinden daha fazladır. Bu veriler, aslında II numaralı sırt tipi traverten oluşumunun iki farklı sırt tipi traverten oluşumunu barındırdığı anlamını taşımaktadır. Birbirleriyle iç içe durumda bulunan bu iki sırt tipi traverten oluşumunun sınırları net olarak izlenmemektedir. Bu nedenle her ikisinde II numaralı sırt adı altında değerlendirilmiştir.



Şekil 7-77: Delikkaya I ve II numaralı çatlak sırtı tipi travertenlerin genel görünümü

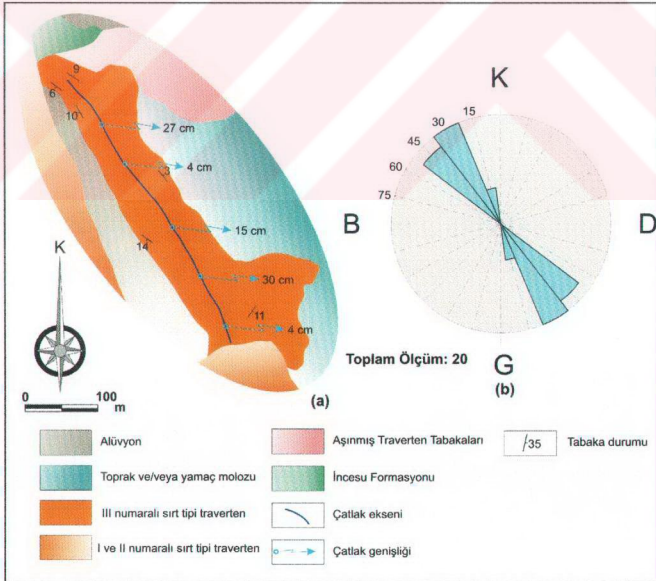


Şekil 7-78: Delikkaya II numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü (a) ve çatlakla ait gül diyagramı (b)

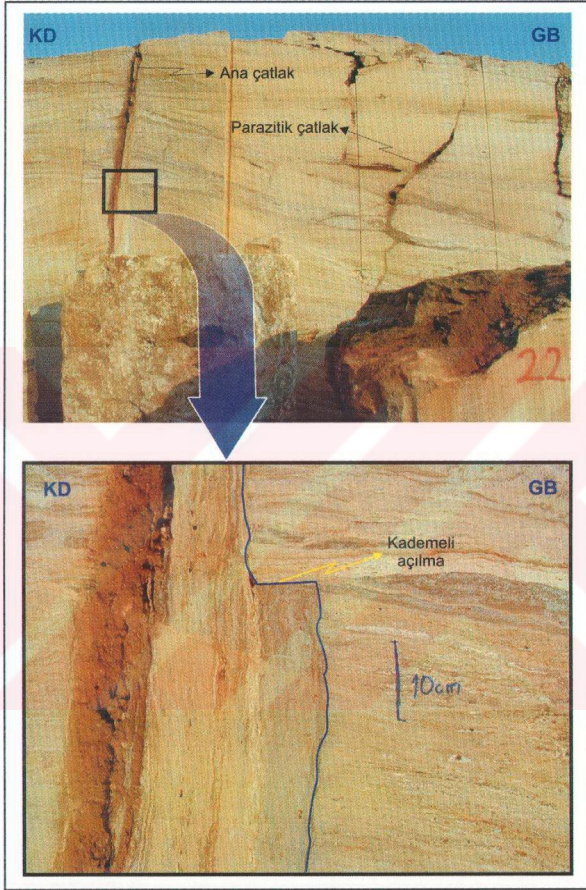
7.4.3. Delikkaya III Numaralı Çatlak Sırtı Tipi Travertenini

Bu bölgede gözlenen bir diğer çatlak sırtı tipi traverten ise, Delikkaya III numaralı çatlak sırtı tipi traverten olarak adlandırılmıştır. Çatlak eksenlerinin gidişlerine göre yapılan gül diyagramında K30°- 45°B gidişli ve yüzeyde 400 metre çatlak uzunluğuna sahip bir traverten oluşumudur. Çatlak eksen genişlikleri ve egemen doğrultu değerleri, III numaralı sırt tipi travertenin, I numaralı sırt tipi traverten ile aynı dönem içerisinde oluştuğunu kanıtlamaktadır (Şekil 7-79).

Bu sırt tipi travertenin kuzey uç bölümü taş ocağı olarak işletilmektedir. Burada topografya üzerinde gözlenemeyen ancak ocakta bulunan yarmalarda, ana çatlağa birleşen çok sayıda parazitik çatlak gözlenmektedir. Bir yarmada diğer traverten alanlarında gözlemlenemeyen ve Altunel (1996) tarafından ani bir açılmanın başka bir ifade ile bir depremin belirtisi sayılan çatlakların kademeli açılma gelişimi gözlenmektedir (Şekil 7-80). Bu yapı aşınma sonucu oluşmuş gibi algılanabilmektedir. Ancak kademelinin üzerinde kalan düzeylerde çakıl içeren herhangi bir traverten tabakasının bulunmaması bu olasılığı zayıflatmaktadır.



Şekil 7-79: Delikkaya III numaralı sırt tipi travertenin harita görünümü ve çatlağa ait gül diyagramı



Şekil 7-80: Delikkaya III numaralı sırt tipi travertende yer alan yarmada ana çatlak, parazitik çatlakların ve çatlak eksenindeki kademeli açılmanın görünümü

7.5. Fay ve Çatlak Düzlemlerinin Analizi

7.5.1. Fayların Kinematik Analizi

Yoğun tektonik deformasyonun geliştiği bir bölgede, bu deformasyonun ürünü olan eklem/çatlak, yarık ve fay gibi süreksizlik düzlemleri, kaya türü özellikleri de uygun olduğu takdirde, hareketin özelliğini taşıyan somut veriler sunabilmektedir. Saha içerisinde bir çok farklı alanlarda bu tür verilerin ölçülmesiyle, hem çatlak ve fay sistemlerinin ana özellikleri ortaya konulabilmekte, hem de bölgesel ölçekte geniş bir alanı etkileyen tektonik rejimin ana karakterlerinin daha sağlıklı belirlenmesine ve yorumlanmasına katkı sağlamaktadır. Bu veriler, ayrıca üst kırılğan kabukta tektonik fazlar sırasındaki gerilme durumu ile yapısal deformasyonun ilişkisini de ortaya koyabilmektedir (Carey-Guailhardis ve Mercier, 1987).

Farklı tektonik fazların ayırt edilmesinde, kırıkların geometrik ilişkileri (ara kesitler) ile aynı fay düzlemi üzerinde gelişen ve birbirini üzerleyen kayma çizgilerinin kullanılması olanaklıdır (Vergely ve diğerleri, 1987; Carey-Guailhardis ve Mercier, 1987).

Üzerinde hareket yönü net olarak gözlenen fay toplulukları, bir çok farklı yöntemle değerlendirilebilir. Bu tür fay toplulukları, grafik yöntemlerden Arthaud (1969) yöntemi, deprem odak çözümlerinde kullanılan ve sismik faylarda Pegoraro (1972) ve Angelier ve Mechler (1977) tarafından uygulanan standart diedron yöntemi (diédres droit) ve Carey (1979) ile aynı temel kuralları içeren Armijo ve Citernas (1979), Angelier (1984) tarafından uygulanan sayısal analiz yöntemi gibi farklı yöntemlerle değerlendirilebilmektedir.

Wallace (1958), Bott (1959) ve Price (1966)'in mekanik yaklaşımlarının kullanılmasıyla bir çok araştırmacı tarafından (Carey ve Brunier, 1974; Carey, 1979; Etchecopar, 1981) kırılmış kaya kütlelerindeki fayların kinematiğinin yorumlanması için bilgisayar destekli kantitatif yöntemler hazırlanmıştır.

7.5.1.1. İnceleme Alanı İçerisinde Elde Edilen Fay Düzlemi Ölçümlerinin Kinematik Analizi

Yöntemi uygulama konusunda ve verilerin derlenmesi açısından araştırmacılar arasında bazı uygulama farklılıkları ve farklı yazım şekilleri

bulunmaktadır. Bu çalışmada Carey (1979) tarafından geliştirilen sayısal (nümerik) analiz yöntemi uygulanmıştır.

Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya traverten alanlarının yakın çevresinde yüzeyleyen metamorfik kayalardan ve travertenler için temel kaya niteliğinde olan İncesu Formasyonu'ndan elde edilen verilerle bölgede etkin olan tektonik rejimi somut olarak belirleyebilmek ve sırt tipi travertenlerdeki çatlak eksenleri ile uyum gösterip göstermediklerini saptayabilmek amacıyla fay ölçümleri yapılmıştır. Kinematik ölçümler Carey yöntemi ile bilgisayar ortamında değerlendirilmiştir. İncesu Formasyonu'ndan toplam 23 (Çizelge 17, Şekil 7-81 ve Şekil 7-82), metamorfik kayalardan 14 (Çizelge 18, Şekil 7-83) fay düzlemine ait veriler ölçülerek kinematik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 17: Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonunda ölçülen fay düzlemleri

Fay No	Düzlemsel Konumu	Yatımı (Pitch)	Diğer Özellikleri (*)	
1	180°, 45° D	45°K	Sol Yanal	Normal
2	015°, 41° B	89° K	Sağ Yanal	Normal
3	010°, 37° B	89° K	Sağ Yanal	Normal
4	126°, 42° K	89° B	Sol Yanal	Normal
5	025°, 43° D	82° K	Sol Yanal	Normal
6	136°, 31° K	80° D	Sağ Yanal	Normal
7	056°, 45° D	87° K	Sol Yanal	Normal
8	080°, 36° G	75° E	Sol Yanal	Normal
9	162°, 42° D	87° K	Sol Yanal	Normal
10	030°, 23° D	78° K	Sol Yanal	Normal
11	010°, 20° B	88° K	Sağ Yanal	Normal
12	144°, 53° D	36° G	Sağ Yanal	Normal
13	058°, 34° B	89° G	Sol Yanal	Normal
15	060°, 41° B	64° K	Sağ Yanal	Normal
16	054°, 33° D	89° G	Sağ Yanal	Normal
19	180°, 88° D	15° G	Sağ Yanal	Normal
21	035°, 35° D	76° G	Sağ Yanal	Normal
22	022°, 10° D	88° K	Sol Yanal	Normal
23	134°, 29° D	87° G	Sağ Yanal	Normal
24	152°, 40° D	80° K	Sol Yanal	Normal
25	055°, 44° B	89° K	Sağ Yanal	Normal
26	130°, 24° K	82° D	Sağ Yanal	Normal
27	160°, 26° B	80° K	Sağ Yanal	Normal

Çizelge 18: Paleozoyik yaşlı mermerlerde ölçülen fay düzlemleri

Fay No	Düzlemsel Konumu	Yatımı (Pitch)	Diğer Özellikleri(*)	
1	145°, 73° G	56° B	Sağ Yanal	Normal
3	085°, 77° G	84° B	Sağ Yanal	Normal
4	105°, 80° G	84° B	Sağ Yanal	Normal
5	100°, 73° G	78° D	Sol Yanal	Normal
6	104°, 75° G	73° D	Sol Yanal	Normal
7	109°, 81° G	82° D	Sol Yanal	Normal
8	105°, 70° G	87° D	Sol Yanal	Normal
9	090°, 64° G	89° D	Sol Yanal	Normal
10	090°, 65° K	88° B	Sol Yanal	Normal
11	100°, 86° K	83° B	Sağ Yanal	Normal
12	105°, 84° K	83° B	Sağ Yanal	Normal
13	114°, 54° G	72° D	Sol Yanal	Normal
14	090°, 70° K	64° B	Sağ Yanal	Normal
15	180°, 75° B	80° G	Sol Yanal	Normal

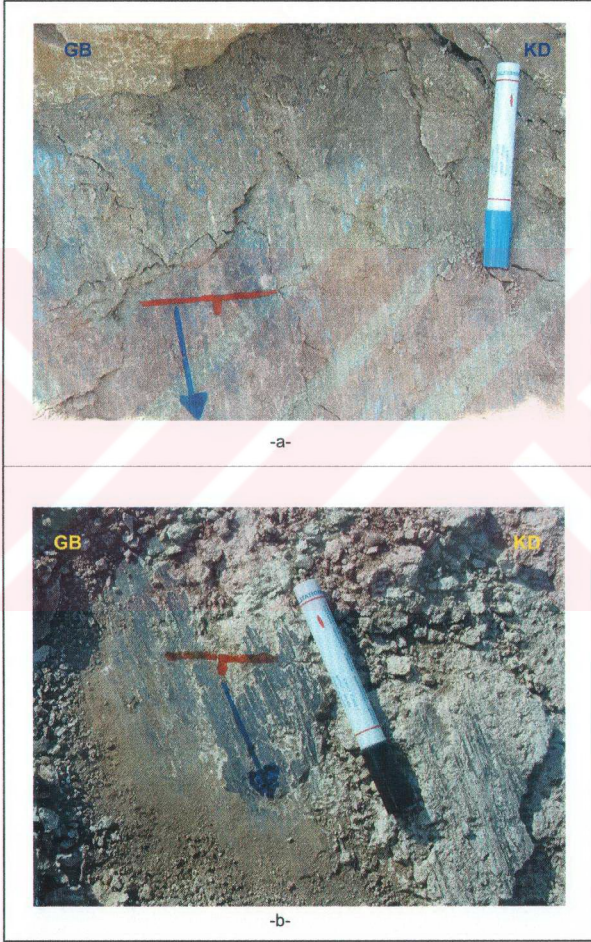
Paleozoyik yaşlı Mermerlerde ve Geç Miyosen - Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonunda ölçülen fayların kinematiğine ait bulgular, genel anlamda değerlendirildiği takdirde, elde edilen R değerlerinin 0,5 den büyük olması, bu faylanmaların sıkışmalı bir tektonik deformasyon sonucunda geliştiğini göstermektedir (Şekil 7-84 a ve b).

Sıkışmalı tektoniğin kontrolünde gelişen bu fayları oluşturan ana sıkıştırma Paleozoyik yaşlı birimlerde K17°B-G17°D yönünde etkili olmuştur. Ancak Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonundaki fayların kinematik analizinden elde edilen maksimum sıkıştırma yönü ise K52°B-G52°D olduğu gözlenmektedir (Şekil 7-84 a ve b).

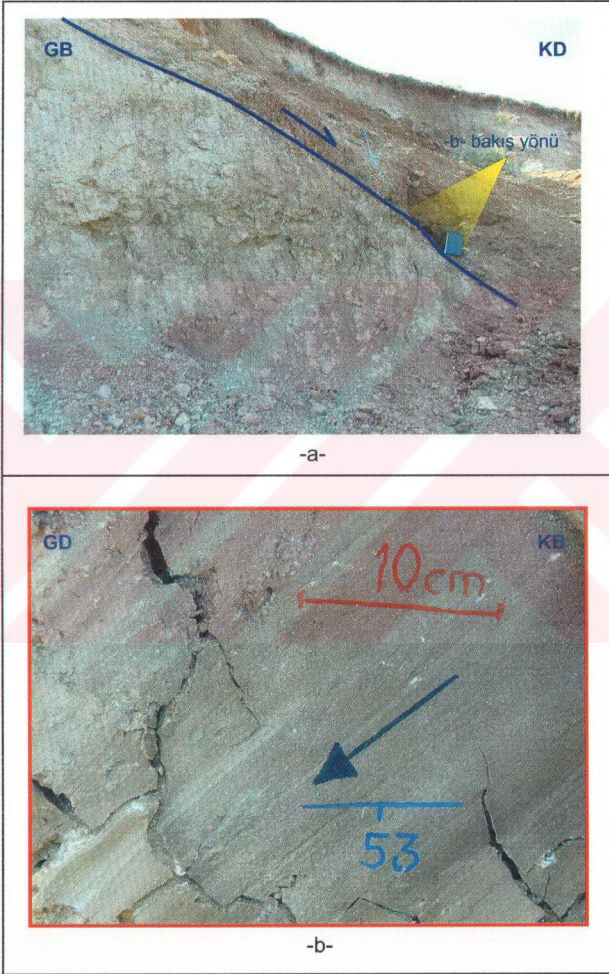
Bu bulgular, bölgedeki sıkışmalı tektoniği oluşturan kuvvet çiftinin zaman içerisinde konum değiştirdiğini göstermektedir. Her iki sıkışma yönleri arasındaki açılal farkın saatin tersi yönde yaklaşık 35° olduğu görülmektedir (Şekil 7-85 a). Sivas Havzası içerisinde Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı kayalardan elde edilen paleomanyetizma sonuçları da (Gürsoy ve diğerleri, 1997) bunu doğrular niteliktedir. Sivas Havzası içerisinde Miyosen, Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı birimlerde gözlenen rotasyon değerlerinin birbirine çok yakın olması

(*) Bu özellikler, arazi çalışmaları sırasında ölçüm yapılan düzlemlerdeki şüpheli durumlardan ortadan kaldırmak için kontrol amacı ile vurgulanmıştır.

(Şekil 8-85 b), saatin tersi yönündeki blok rotasyonların büyük oranda neotektonik evrenin son aşamasında, Kuvaterner'de gerçekleştiğini göstermektedir (Gürsoy ve diğerleri, 1997).



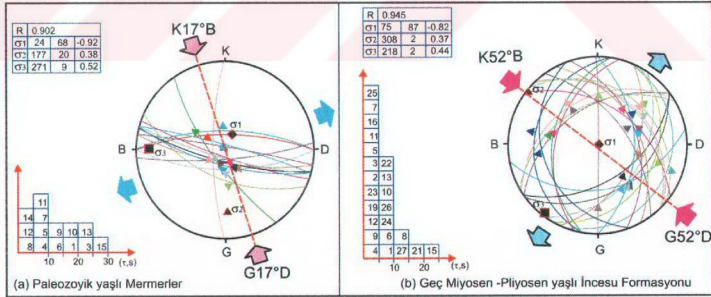
Şekil 7-81: Çizelge 17'deki 5 numaralı (a) ve 10 numaralı (b) fayın görünümü (oklar tavan bloğunun hareket yönünü göstermektedir) (Fayların coğrafik konumları: (a) 37S 0304271, 4399533; (b) 37S 0303980, 4399177 (değerler UTM cinsindedir))



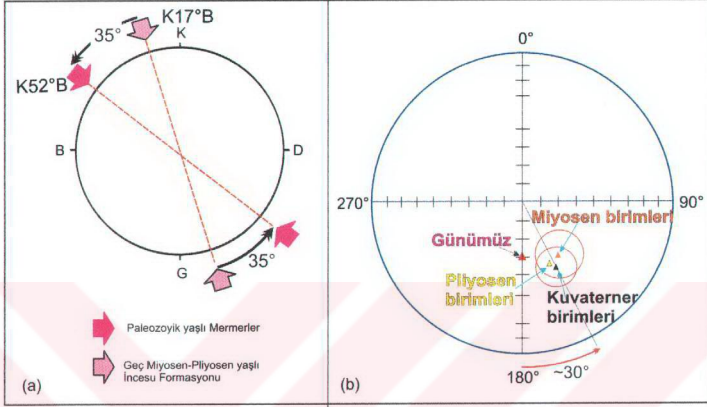
Şekil 7-82: Çizelge 17'deki 12 numaralı fayın (a) ve bu fay düzleminin (b) yakın plan görünümü. (b fotoğrafındaki düzlemin üzerindeki ok tavan bloğunun hareket yönünü göstermektedir (Fayın coğrafik konumu: 37S 0305948, 4403673 (değerler UTM cinsindedir))



Şekil 7-83: Mermerler içerisinde gelişmiş Çizelge 18'deki 5 numaralı fay düzleminin görünümü (ok tavan bloğun hareket yönünü göstermektedir) (Fayın coğrafik konumu: 37S 0303259, 4408117 (değerler UTM cinsindedir))



Şekil 7-84 : Çizelge 17 ve 18 de verilen fayların kinematik çözümü



Şekil 7-85 : Paleozoyik yaşı mermerlerden ve İncesu formasyonundan elde edilen kinematik sonuçlara göre elde edilen 35° 'lik rotasyonun (a) Paleomanyetik sonuçlarla (b) karşılaştırılması (Şekil 7-85 (b) Gürsoy ve diğ., 1997'den)

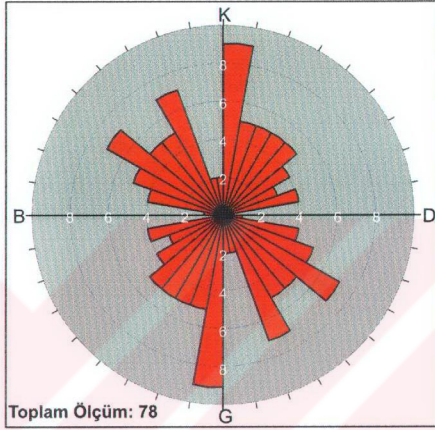
7.5.2. Çatlak Analizi

Fayların kinematik analizlerinde olduğu gibi yaklaşık yatay konumlu olan İncesu Formasyonu kayaçlarındaki traverten alanlarındaki çatlak sistemleri ile olan ilişkisini araştırmak amacıyla traverten alanlarına yakın kısımlardan sistematik olarak eklem takımları ölçülmüştür.

Arazi çalışmaları sırasında travertenler dışındaki kaya birimlerinden toplanan 78 adet eklem ölçümü ile gül diyagramı hazırlanmıştır (Şekil 7-86). Ayrıca aynı ölçümlerden kontur diyagramı hazırlanarak egemen eklem takımı belirlenmiştir. Sıcak Çermik bölgesindeki sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden elde edilen ölçümlerden yararlanılarak oluşturulan gül diyagramı ile eklem takımları karşılaştırılmıştır (Şekil 7-87).

Egemen eklem doğrultuları, kontur diyagramı üzerinde iki ayrı doğrultuda yoğunlaşmıştır. Bunlardan birinci doğrultu $K35^\circ B$, ikincisi ise $K04^\circ D$ durumudur. İncesu Formasyonu'nu oluşturan kayaçlar yatay konumlu oldukları için eklem takımlarının tabaklanma ile olan ilişkilerine göre yapılan sınıflamada hangi türe

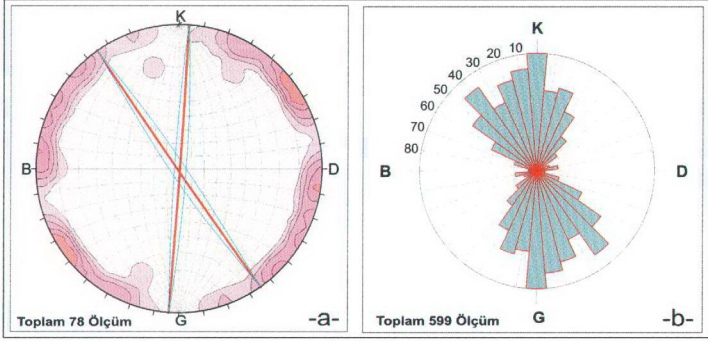
dahil oldukları konusunda kesin yargıya ulaşılamamaktadır. Ancak bu tip eklemeler, bölgedeki genel sıkışma yönü olan $K52^{\circ}B-G52^{\circ}D$ ile kökensel olarak irdelendiği takdirde birinci eklem $K35^{\circ}B$ açılma; ikinci eklem ise $K04^{\circ}D$ kesme eklemi olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 7-86 : İncesu Formasyonu'ndan alınan eklem ölçümlerine ait gül diyagramı

Eklemelerin ölçüldüğü yerler inceleme alanlarına oldukça yakın olmasına karşın jeolojik haritalarda yer almamaktadır. Bu nedenle ölçümlerin yapıldığı bölgelere ilişkin coğrafik konumlar şu şekildedir; 37S 0309080, 4408313 (8 ölçüm), 37S 0307164, 4407404 (8 ölçüm), 37S 0306947, 4407219 (4 ölçüm), 37S 0306530, 4407597 (3 ölçüm), 37S 0306681, 4408183 (7 ölçüm), 37S 0307677, 4408191 (1 ölçüm), 37S 0303905, 4399252 (14 ölçüm), 37S 0304091, 4397541 (33 ölçüm) (değerler UTM cinsindedir).

Çatlak sırtı tipi travertenlerdeki çatlak sistemleri, hem fay ölçümlerinde çıkan kinematik sonuçlarla hem de eklem sistemlerinden elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir. Buna karşın travertenlerdeki çatlak sistemlerinin İncesu Formasyonu'ndan elde edilen eklem sistemleriyle daha iyi örtüşüğü gözlenmektedir (Şekil 7-87).



Şekil 7-87 : (a) Incesu Formasyonu'ndan alınan eklem takımlarının ölçümlerine ait kontur diyagramı ve egemen eklem düzlemlerinin görünümü; (b) Sıcak Çermik'te bulunan sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerine ait gül diyagramı

7.6. Uzaktan Algılama Verileriyle Çizgisellik Analizi

Genellikle uydu görüntüleri üzerinde ana tektonik hatların ve kaya türü ayırımının net olarak belirlenebilmesinde uzaktan algılama verilerinden yararlanma yöntemi, jeolojik araştırmalarda en çok başvurulan araçlardan birisidir.

Bununla birlikte uydu görüntüleri, jeolojik ilişkilerin daha anlaşılır biçimde görülebileceği bir araç özelliği de taşıması nedeni ile "sayısal yükselti modellerinin (DEM) " hazırlanmasında da kullanılmaktadır. Çalışılan bölge, alan olarak küçük olmakla birlikte, bu çalışmada daha çok traverten sahası ve çevresinin çizgisellik analizini belirlemek için uydu görüntülerinden yararlanılmıştır.

Bu amaçla inceleme alanlarını kapsayan **Landsat Tm** (MrSid formatlı) görüntüleri internet üzerinden ve **Aster Level 1B** (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) uydu görüntüleri ise uydu görüntüleri pazarlayan bir kurumdan ücret karşılığı sağlanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan **MrSid** formatlı uydu görüntülerinin teknik özellikleri aşağıdaki gibidir;

Spektral bantlar: 3 - Landsat TM bantları

- Band 7 Kırmızı olarak (red) 10.4 - 12.5 μm
- Band 4 Yeşil olarak (green) 0.76 - 0.90 μm
- Band 2 Mavi olarak (blue) 0.52 - 0.60 μm

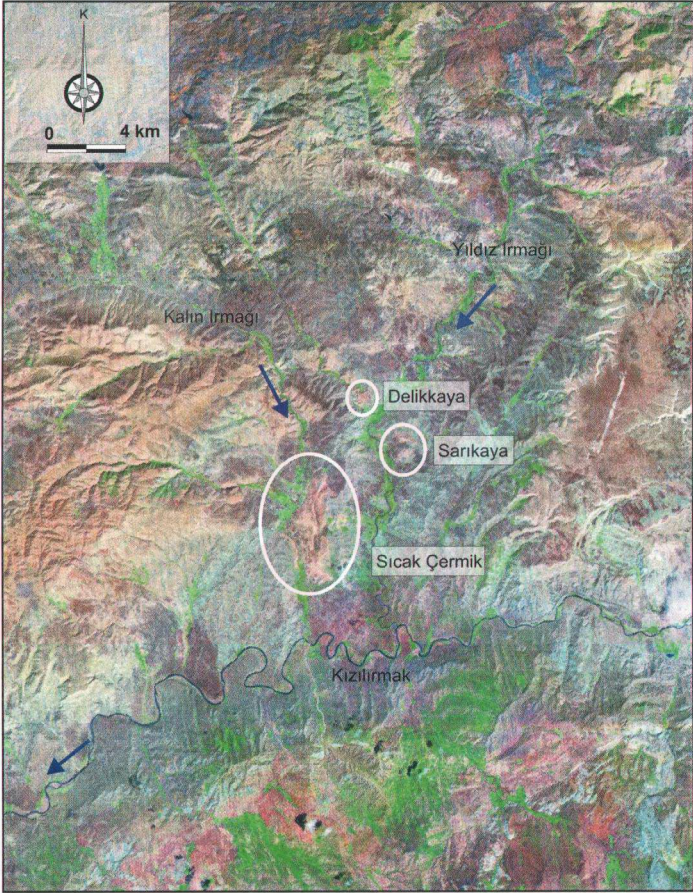
Pixel boyutu: 28.5 metre

Projeksiyon: SOM / WGS84

Yaratılış tarihi: 29 Aralık 2001

Bu görüntü üzerinden Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya traverten alanlarını kapsayacak biçimde geniş bir alan seçilmiştir (Şekil 7-88).

Aster uydusu 1999 Aralık'ta NASA Terra uydusuna monte edilmiş bir görüntüleme aygıtıdır. Dünya çevresinde dairesel olarak yer yüzeyinden 705 km yükseklikte kutuplara yakın bir yörüngede dönmektedir. Yörüngede güneşle eş zamanlı olarak ve yerel saatle sabah saat 10.30 'da yeryüzünden veri toplamaya başlamaktadır.



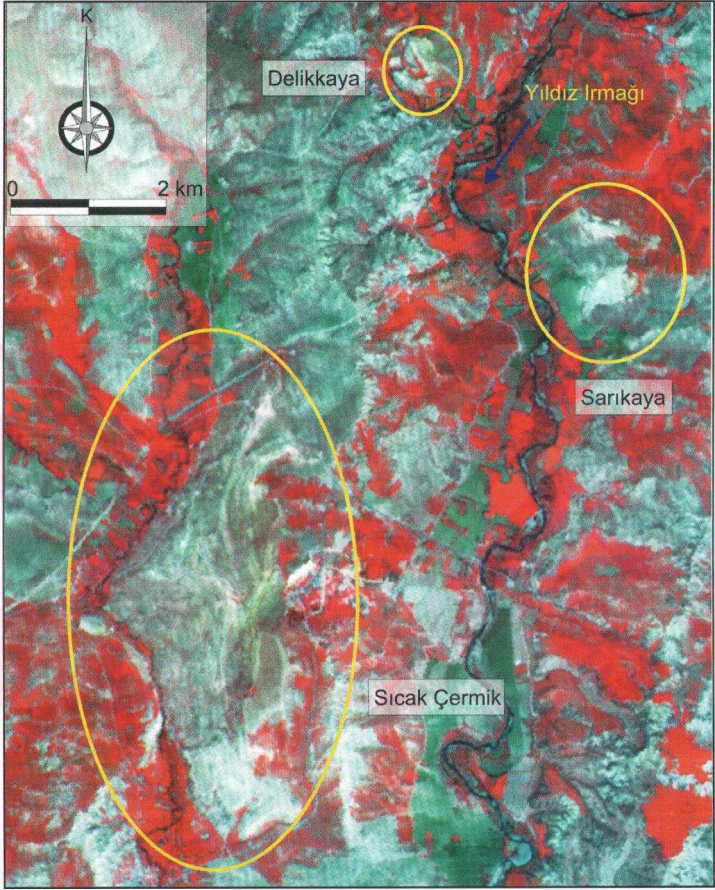
Şekil 7-88: İnceleme alanlarını kapsayan Landsat Tm uydü görüntüsü (2, 4 ve 7. bantlar, RGB olarak)

Uydu üzerinde beş ayrı modül bulunur. Yüksek alansal (spatial), tayfsal (spektral) ve radyometrik çözünürlüğe sahip toplam 14 bant spektral aralığa sahiptir. Görüntü büyüklüğü 60 x 60 km 'dir. Oldukça yüksek çözünürlüğe sahip "Aster" görüntüleri başta jeolojik çalışmalar olmak üzere bir çok bilimsel araştırma alanında kullanılmaktadır. Aster görüntülerde bulunan ilk 3 bant 15 metre, sonraki 6 bant (4,5...9) 30 metre ve son 5 bant ise termal kanallar olmak üzere 90 metre çözünürlüğe sahiptir.

Aster görüntüleri özellikle kayaç tiplerinin tanımlaması, volkanik aktivite haritalaması, çizgisel ve dairesel yapıların belirlenmesi, hidrotermal alterasyon alanlarının ve mineralojik kuşak haritalarının hazırlanması, jeotermal alanların belirlenmesi, stereoskopik üç boyutlu görüntü elde edilmesi gibi jeolojik amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlisi "Aster" görüntülerinin 14 spektral aralığına sahip olması nedeniyle, mineral ve alterasyon haritalarının daha ayrıntılı bir şekilde oluşturulabilmesidir. Bunun dışında "Aster" görüntülerinden elde edilen stereoskopik üç boyutlu görüntüler sayesinde fotojeolojik çalışmalar da yapılabilmektedir.

Bu çalışmada kullanılan uydu görüntüsü "Aster Level 1B" dir. Görüntü Terra uydusu tarafından 05.09.2003 tarihinde saat 14.14'te kaydedilmiştir.

Bu görüntüden inceleme alanlarını kapsayacak bir şekilde bir çerçeve kesilmiştir (Şekil 7-89). Bu görüntü Landsat uydusundan alınan görüntü ile aynı ölçeğe getirildiğinde (Şekil 7-88 ve 7-89) iki görüntü arasındaki çözünürlük ve kalite farkı net bir biçimde görülmektedir.



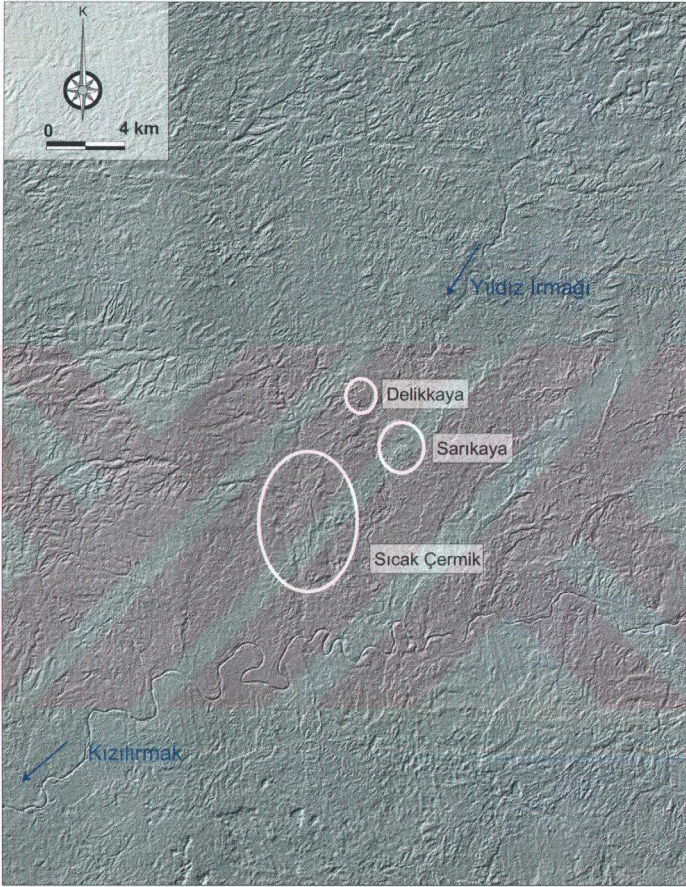
Şekil 7-89: İnceleme alanlarını kapsayan Aster Level 1B uydu görüntüsü (1,2 ve 3. bantlar)

7.6.1. Landsat TM Görüntüsü Üzerinde Çizgisellik Analizi

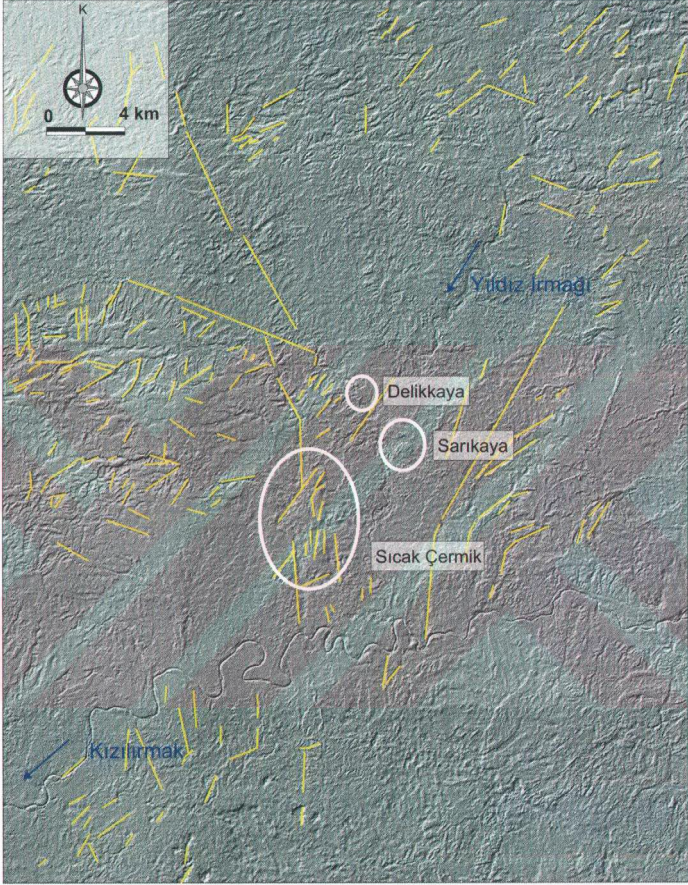
Uzaktan algılama ile elde edilen görüntüler üzerinden çizgisellik analizi (lineament analysis), çatlak, fay, eklem gibi süreksizlik düzlemlerinin nitelik ve niceliklerinin yanı sıra mağmatik sokulum ve volkanik alanların araştırılmasında oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle çizgisel yapıların durumları belirlenerek gül diyagramı üzerinde genel dağılımı ortaya çıkarılabilmektedir. Bu çalışmadaki çatlak analizleri Er-Mapper 6.4 programı ve bu programa ait Lineament Wizard kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizgisellik analizi için öncelikle Landsat Tm görüntüsü üzerinde inceleme alanı ve yakın çevresini kapsayan bir çerçeve belirlenmiştir (Şekil 7-88). Bu çerçeve üzerine "yönlü zenginleştirme" (Directional Gradient Enhancement) etkisi uygulanarak değişik yönlerdeki çizgisel yapıların belirginleşmesi sağlanmıştır. KB-GD yönlü çizgisel yapıların belirginleşmesini sağlamak amacıyla; KD-GB yönlü zenginleştirme işlemi uygulanmış (Şekil 7-90) ve belirginleştirilen çizgisel yapılar görüntü üzerine çizilmiştir (Şekil 7-91). KD-GB yönlü çizgisel yapıların belirginleşmesini sağlamak amacıyla; KB-GD yönlü zenginleştirme işlemi uygulanmış (Şekil 7-92) ve belirginleştirilen çizgisel yapılar görüntü üzerine çizilmiştir (Şekil 7-93). Çizgisel yapılar görüntü üzerine çizilirken topoğrafya üzerindeki insan eliyle yapılmış yol, su iletim kanalları, yüksek gerilim hatları gibi kültürel yapıları ayıklamak amacıyla 1/25.000 ölçekli topografik haritalar ile karşılaştırılarak görüntü üzerine çizilmiştir. Görüntü üzerinde çizilen bu çizgisel yapılar, program tarafından vektörel bir çizim dosyası olarak kaydedilmiştir. Bu aşamadan sonra KD-GB ve KB-GD yönlü zenginleştirmeden elde edilen vektörel dosyalar "Lineament Wizard" kullanılarak gül diyagramlarına dönüştürülmüştür.

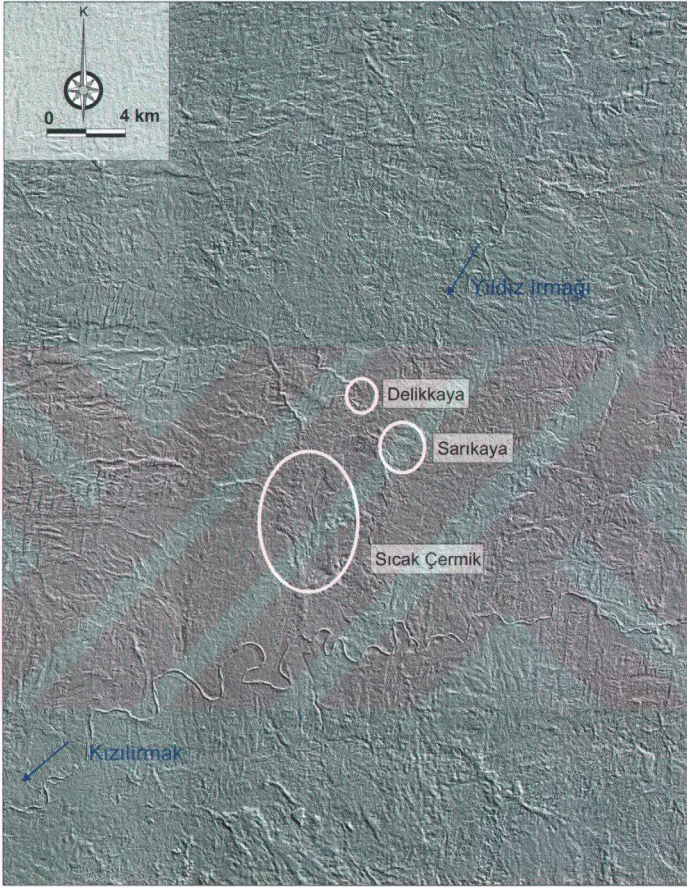
KD-GB yönlü zenginleştirme uygulanan görüntü üzerinde belirlenen 173 adet çizgisel yapının KD-GB doğrultuda (Şekil 7-94); KB-GD yönlü zenginleştirme uygulanan görüntü üzerinde belirlenen 459 adet çizgisel yapının ise KKD-GGB doğrultuda yoğunlaştıkları belirlenmiştir (Şekil 7-95). Bu sonuçlar fay sistemlerinin analizleri sonucunda çıkan Şekil 7-84'deki fayların doğrultularıyla ve Şekil 7-87'deki K04°D doğrultulu egemen eklem sistemi ile uyumaktadır.



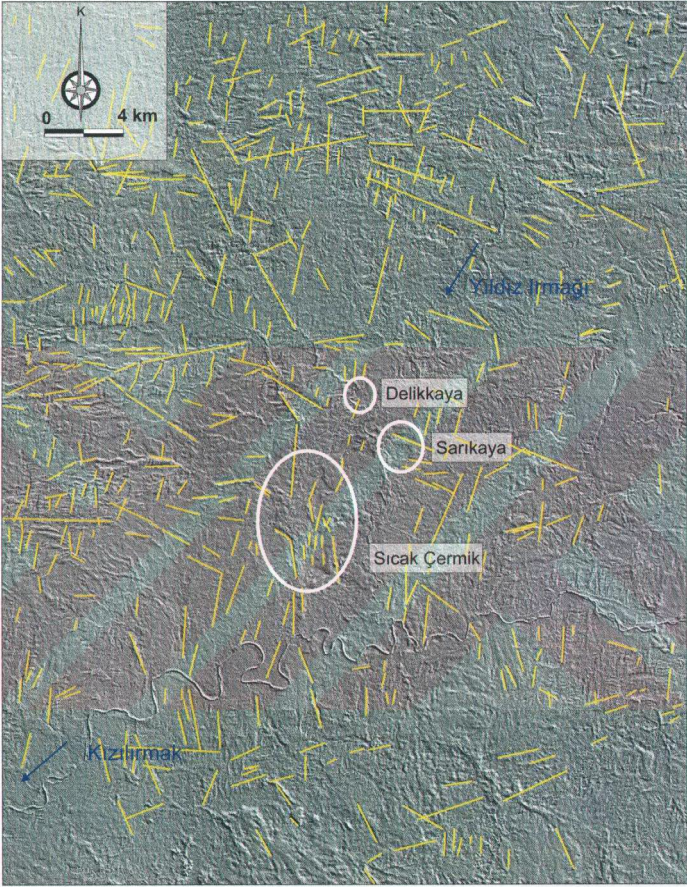
Şekil 7-90: Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü



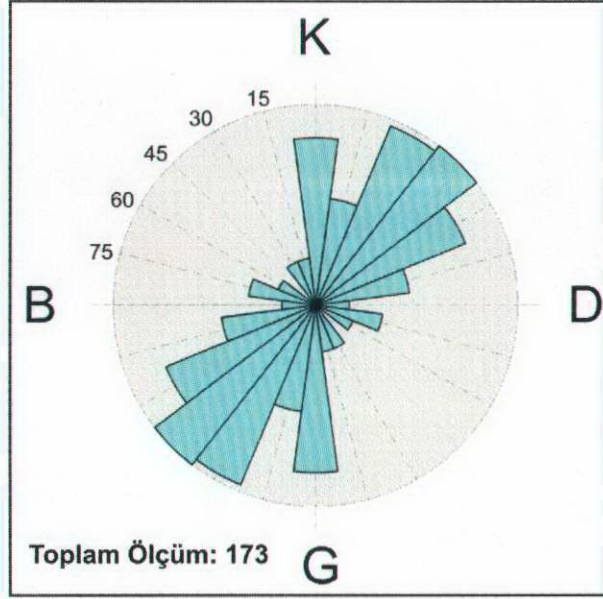
Şekil 7-91: Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların alansal dağılımı



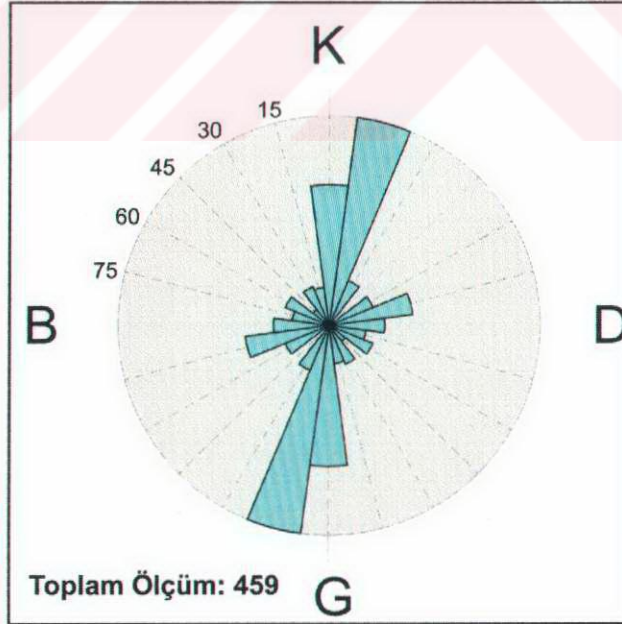
Şekil 7-92: Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü



Şekil 7-93: Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların alansal dağılımı



Şekil 7-94: Landsat uydu görüntüsüne KB-GD doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların gül diyagramı



Şekil 7-95: Landsat uydu görüntüsüne KD-GB doğrultulu yönlü zenginleştirme etkisinin uygulanması ile elde edilen görüntü üzerinde belirlenen çizgisel yapıların gül diyagramı

8. Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya Travertenlerinin U/Th Yöntemi ile Yaşlandırılması

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

8.1. 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, çözültide 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 çöker 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 çözültiden 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, onun için kırıntılı ve bol gözenekli örneklerden kaçınmak gerekir.*

- *Sistem, çökme tamamlandıktan sonraki uranyum ve toryum dolaşımına kapalıdır. Rekristalleşme, ikincil kristalleşme ve yüksek porozite belirtileri gösteren örneklerden kaçınılmalıdır. U-Th yaş metodu özellikle 400.000 yıl ile 5.000 yıl arasında uygulanabilir.*

²³⁰Th/²³⁴U 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. Bunun yanı sıra, travertenleri yaşlandırmada Elektro Spin Rezonans (ESR) yönteminin de yaygın olarak kullanılan bir yöntem olması dikkati çekmektedir (Grün, 1989; Rink ve diğerleri, 1997; Engin ve diğerleri, 1999), Yaşlandırma için Termoluminesans (TL) yönteminin de zaman zaman kullanıldığı çalışmalar (Engin, 1999) yapılmıştır.

Bu çalışmada da Sıcak Çermikte yer alan traverten örneklerinde Elektro Spin Rezonans yöntemi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu'nda denenmiş ancak kristal kafeslerdeki hatalar, içerisinde depolanan elektron sayıları yaşlandırma yapılabilecek düzeyin altında olduğu için yaş elde edilememiştir.

U/Th Yönteminin güvenilir olması, daha önce travertenlere uygulanmış olması nedeniyle bu çalışmada yaş analizleri için U/Th yöntemi tercih edilmiştir.

8.2. 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. Yüzey suları tarafından etkilenmemiş, alterasyona uğramamış örnekler alabilmek amacıyla benzinli portatif el karotiyeri kullanılmış, 2.5 cm çapında 6-8 cm uzunluğunda porozitesiz silindirik karot örnekler alınmıştır (Şekil 8-1).

U/Th yaş analizleri, Chicago Illinois Üniversitesi'nde (ABD) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8-1: Yaş analizleri için alınan tipik bir karot örneğinin görünümü

8.3. U/Th Yaş analizi için alınan örneklerin konumları ve özellikleri

Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya traverten alanlarından yaş analizleri için toplam 26 adet karot örnek U/Th kodu ile numaralandırılmıştır. Bunlardan 20 tanesinin analizleri tamamlanmıştır. Örneklerin alındığı lokasyonlar ve numaraları Çizelge 19'da verilmiştir.

Örnekler, açılmanın başlangıç ve bitiş dönemlerini ve açılma hızını saptayabilmek amacı ile birisi ekseninde diğeri kenarda olmak üzere genelde çift

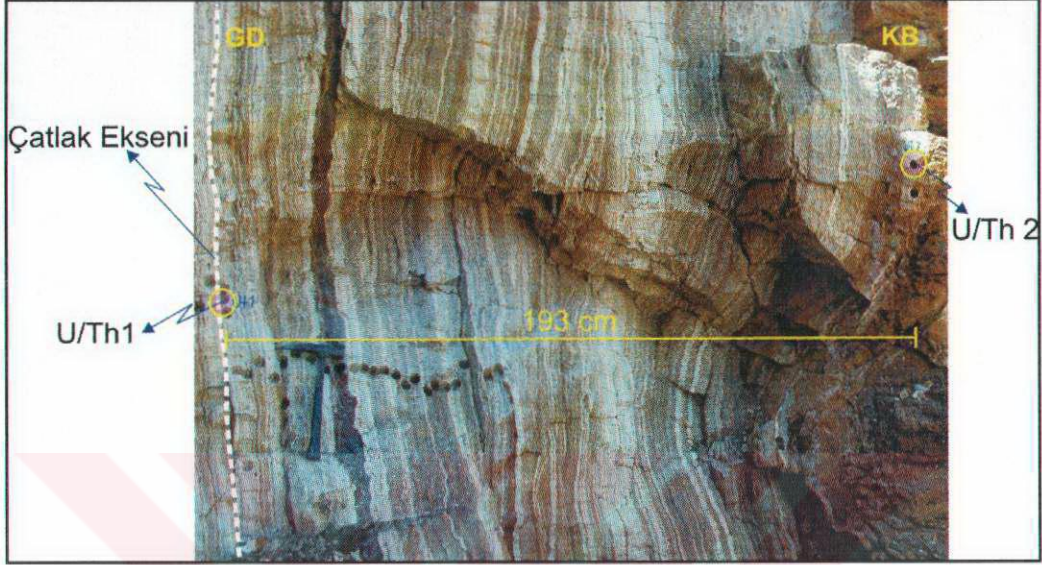
alınmıştır. Bu örneklerin alındığı yerler ve yaş sonuçları Şekil 8-14, 8-15 ve 8-16'da gösterilmiştir.

Çizelge 19: Yaş analizi için alınan traverten örneklerinin konumları

Örnek No	Alındığı Traverten Alanı	Konumu
U/Th-1 U/Th-2	Sıcak Çermik	VII numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-2)
U/Th-3 U/Th-4	Sıcak Çermik	VIII numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-3)
U/Th-5 U/Th-6	Sıcak Çermik	XV numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-4)
U/Th-8 U/Th-9	Sıcak Çermik	Kaşın Tepe batı yamacı (Şekil 8-5)
U/Th-11	Sıcak Çermik	XIV numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-6)
U/Th-13	Sıcak Çermik	XVIII numaralı çatlak sırtı tipi traverten 250 m batısı (Şekil 8-7)
U/Th-14 U/Th-15	Sıcak Çermik	U/Th-13 nolu örneğin 250 m GB'sı (Şekil 8-8)
U/Th-16 U/Th-17	Sıcak Çermik	XIII numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-9)
U/Th-19 U/Th-20	Delikkaya	I numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-10)
U/Th-21 U/Th-22	Sarıkaya	Bu bölgedeki tek çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-11)
U/Th-23 U/Th-24	Sıcak Çermik	XI numaralı çatlak sırtı tipi traverten (Şekil 8-12 (a))

U/Th -1 ve 2 Nolu Örnekler

Sıcak Çermik VII numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 341 cm'dir (Şekil 8-2).



Şekil 8-2: U/Th 1 ve 2 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 3 ve 4 Nolu Örnekler

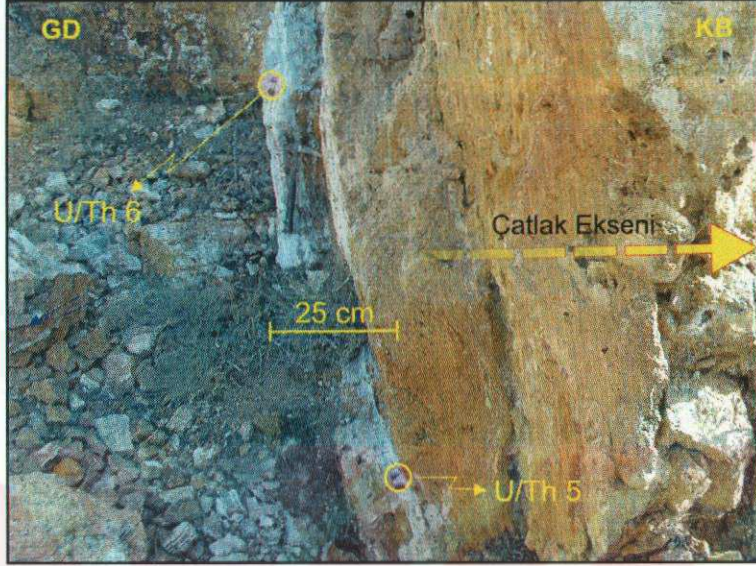
VIII numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 300 cm'dir (Şekil 8-3).



Şekil 8-3: U/Th 3 ve 4 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 5 ve 6 Nolu Örnekler

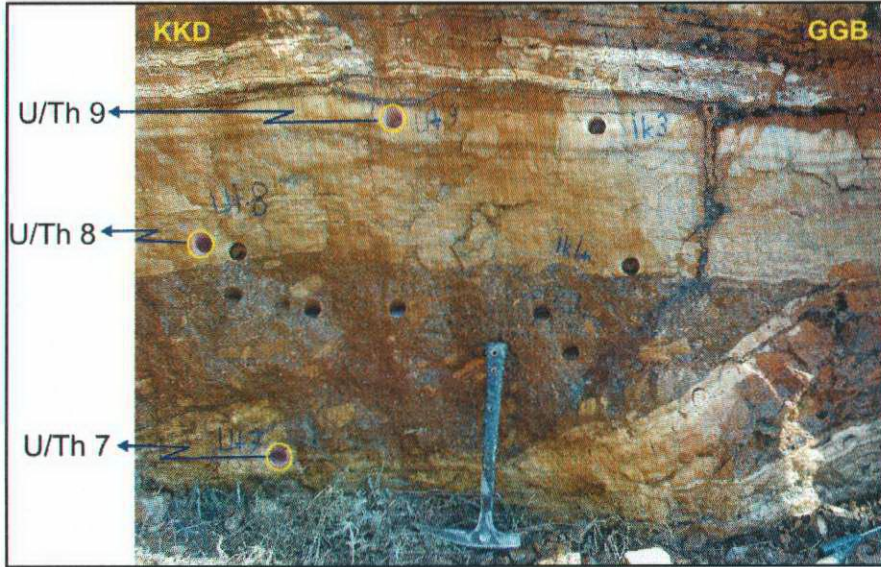
XV numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada çatlak ekseninden, çatlak duvarına kadar olan genişlik 55 cm'dir (Şekil 8-4).



Şekil 8-4: U/Th 5 ve 6 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 8 ve 9 Nolu Örnekler

Kaşınbaşı sırtı batı yamacındaki GD'ya doğru 4° eğimli, bantlı traverten düzeyinden alınmıştır (Şekil 8-5).

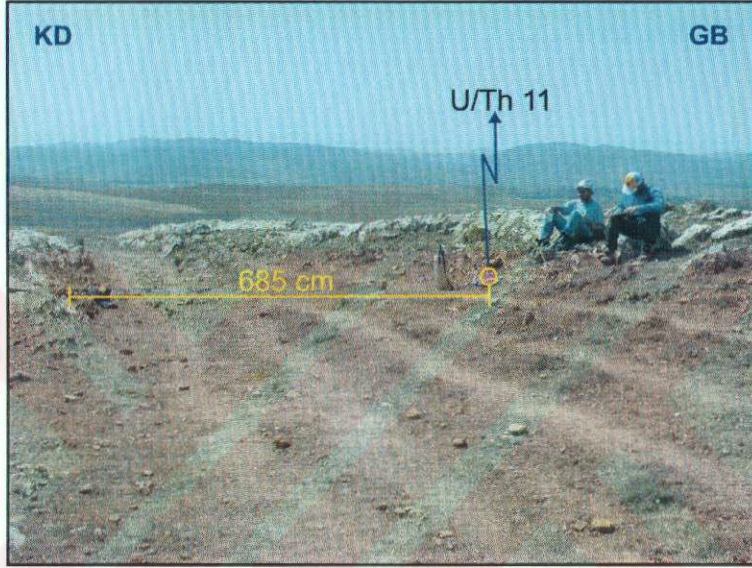


Şekil 8-5: U/Th 7, 8 ve 9 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

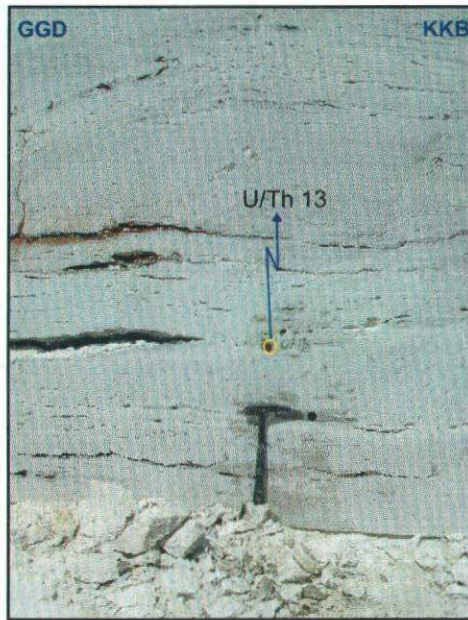
U/Th - 11 ve 13 Nolu Örnekler

U/Th 11 XIV numaralı çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada toplam çatlak genişliği 685 cm'dir (Şekil 8-6). Ancak çatlak pekişmemiş malzeme ile örtülü olduğundan çatlak eksenini net olarak gözlenmemektedir.

13 numaralı örnek ise XVIII numaralı çatlak sırtı tipi travertenin 250 m batısında bulunan beyaz renkli, yanal devamlılığı olmayan blok görünümüne traverten kütesinden alınmıştır (Şekil 8-7).



Şekil 8-6: U/Th 11 ve 12 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

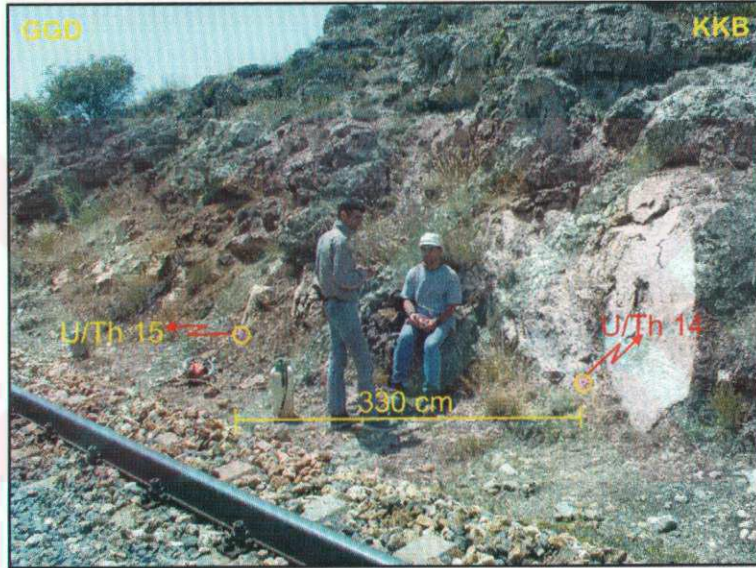


Şekil 8-7: U/Th 13 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 14 ve 15 Nolu Örnekler

U/Th-14 ve 15 numaralı örneklerin alındığı yer U/Th-13 numaralı örneğin 250 m güneybatısında Kalın Irmağı vadisinin içerisinde yer almaktadır. Burada tren yolu yarmasında gözlenen K7°D, 71°GD durumlu beyaz renkli bantlı traverten bulunmaktadır. U/Th-14 ve 15 numaralı örnekler bu beyaz renkli travertenden alınmıştır. Toplam bantlı traverten kalınlığı 750 cm' dir.

Yaşlı bir sırt tipi traverten olabileceği düşünülen bu oluşum topoğrafya üzerinde devamlılığı izlenememekte ve güncel travertenler tarafından örtülmüş durumda olup, yalnızca tren yolu yarmasında yüzlek vermektedir (Şekil 8-8).



Şekil 8-8: U/Th 14 ve 15 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 16 ve 17 Nolu Örnekler

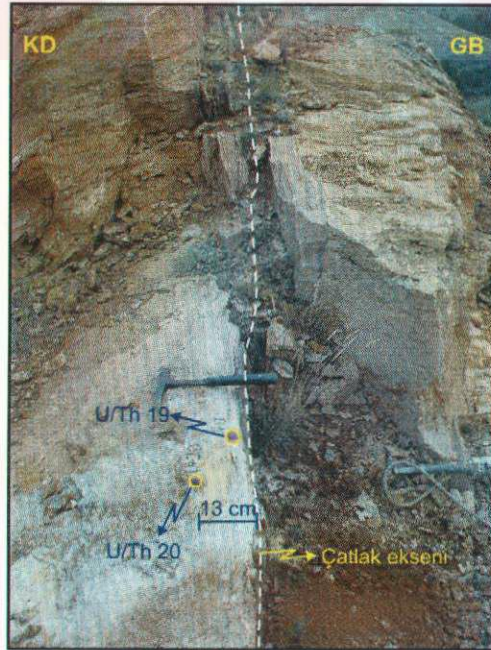
Kalın Irmağı batısında yer alan tek traverten sırtı olan XIII numaralı sırttan alınmıştır. Burada toplam bantlı traverten kalınlığı 397 cm'dir (Şekil 8-9).



Şekil 8-9: U/Th 16 ve 17 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 19 ve 20 Nolu Örnekler

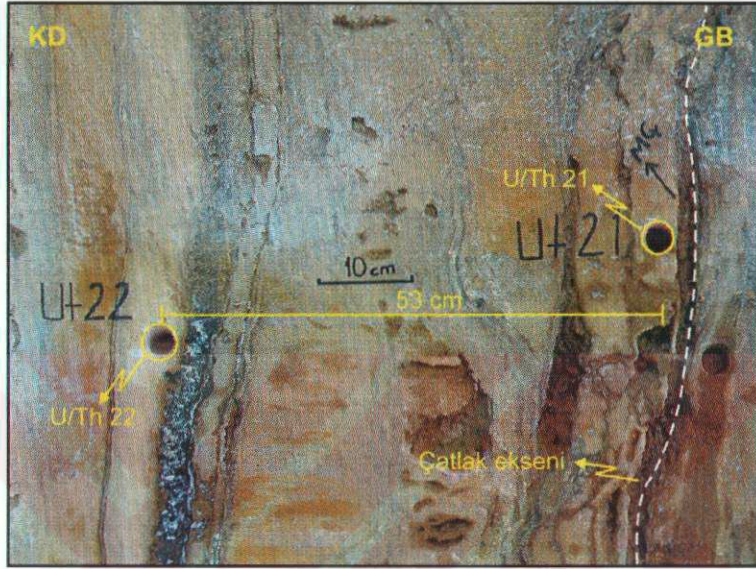
U/Th - 19 ve 20 numaralı örnekler Delikkaya traverten alanında I numaralı çatlak sırtı tipi travertenin çatlak eksenine ve çatlak duvarına yakın konumlu bantlı travertenlerden alınmıştır (Şekil 8-10). Toplam bantlı traverten kalınlığı 41 cm'dir.



Şekil 8-10: U/Th-19 ve 20 numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 21 ve 22 Nolu Örnekler

U/Th - 21 ve 22 numaralı örnekler Sarıkaya traverten alanında bulunan tek çatlak sırtı tipi travertenden alınmıştır. Burada bulunan taş ocağındaki aynada bantlı travertenin toplam kalınlığı 76 cm olarak ölçülmüştür (Şekil 8-11).



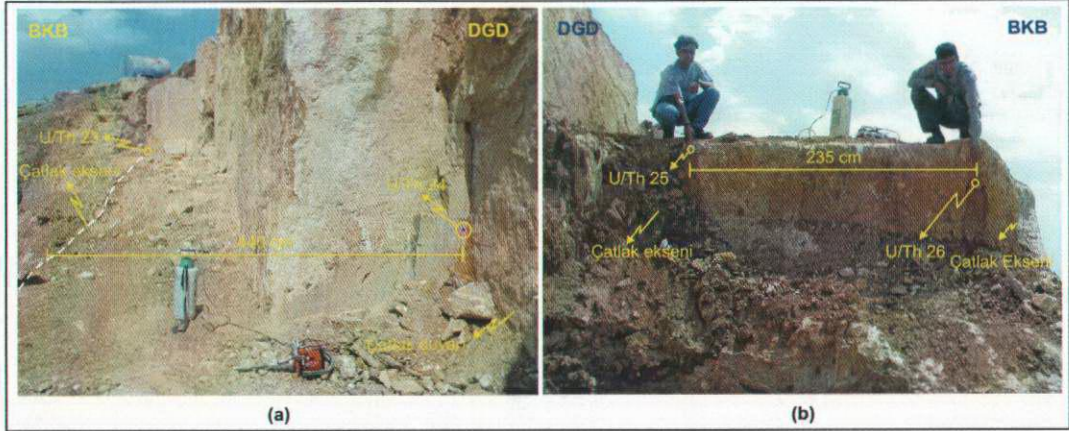
Şekil 8-11: U/Th 21 ve 22 numaralı Sarıkaya'daki örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü

U/Th - 23, 24, 25 ve 26 Nolu örnekler

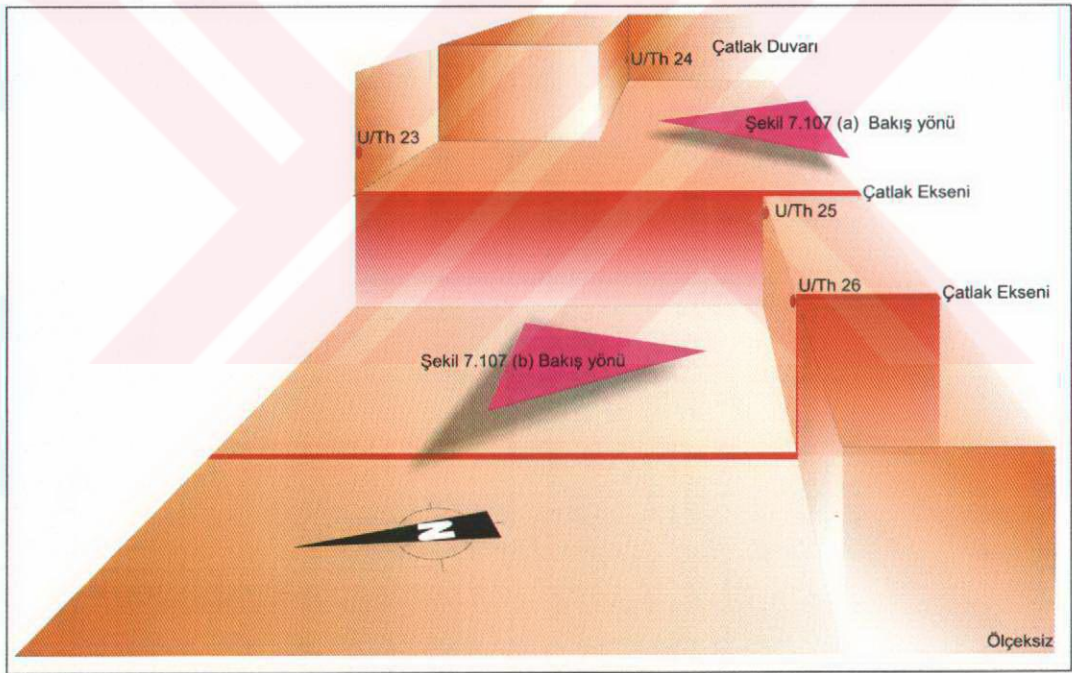
U/Th - 23, 24, 25 ve 26 numaralı örnekler Sıcak Çermik traverten alanında bulunan XI numaralı çatlak sırtı tipi traverten oluşumunun kuzey ucunda bulunan taş ocağından alınmıştır. Bu taş ocağında ana çatlakın yaklaşık 2.5 m batısında topoğrafya üzerinde gözlenemeyen ikinci bir çatlak bulunmaktadır.

U/Th - 23 ve 24 numaralı örnekler aynı zamanda içerisinde omurgalı fosiller içeren birinci çatlakın doğu bölümünde kalan bantlı travertenlerden (Şekil 7-107), U/Th - 25 ve 26 numaralı örnekler ise ikinci çatlak ile birinci çatlak arasındaki ilişkileri anlamak amacıyla bu iki çatlak arasında kalan bantlı traverten kütesinden alınmıştır. Ancak U/Th - 25 ve 26 numaralı örneklerin analizleri tamamlanamamıştır. Toplam bantlı traverten kalınlığı 675 cm'dir

Şekil 8-12 deki örneklerin konumsal ilişkisi şekil 8-13'de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 8-12: U/Th – 23 ve 24 (a) ile 25 ve 26 (b) numaralı örneklerin alındığı bantlı travertenlerin görünümü



Şekil 8-13: Şekil 8-12 de gösterilen örneklerin alındıkları taş ocağının şematik görünümü

8.4. Örneklerin U/Th Yöntemi ile Belirlenen Yaş Sonuçları

Alınan örneklerden bazılarının içerisinde uranyum oranının çok düşük olması nedeniyle, analiz işlemleri sırasında alfa değerinin okunması için çok uzun zaman harcanmıştır. Bu durum doğal olarak bazı örneklerin alfa değeri okumalarının birkaç kez tekrarlanmasını gerektirmiştir.

Çizelge 20'den de anlaşılacağı gibi inceleme alanında örneklenen 26 adet traverten örneğinden 20 adedinin yaşları saptanabilmiş ve bunların 364.000 ile 11.200 yıl arasında değişen yaşlara sahip olduğu belirlenmiştir.

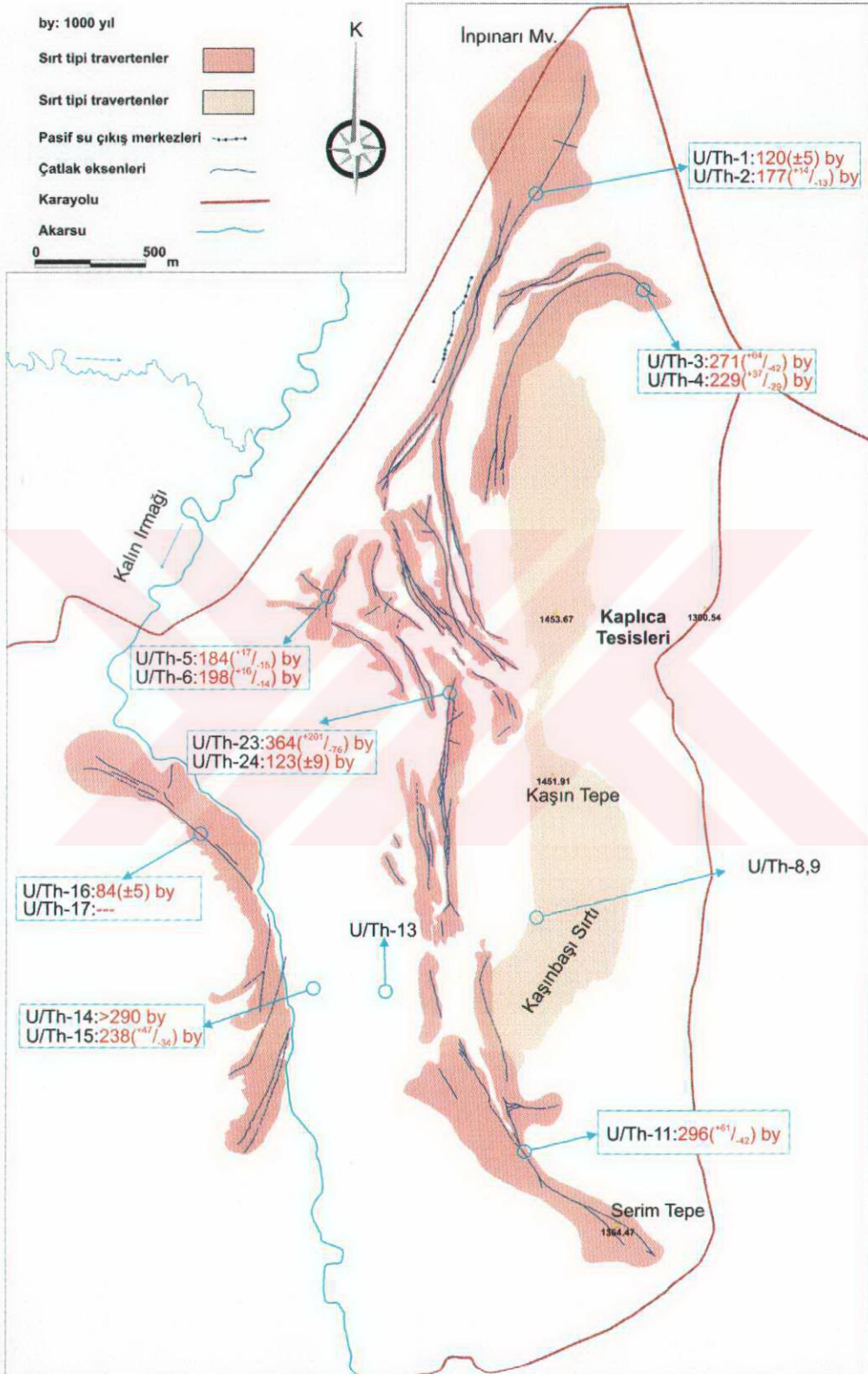
Kaşınbaşı sırtının batı yamacından alınan U/Th - 8 ve 9 numaralı örnekler ile U/Th - 13 numaralı örnek bu yöntem ile yaşlandırılmamıştır. Bu örneklerin yaşının olasılıkla U/Th yönteminin uygulanabildiği yaş aralığı olan 400.000 ile 5.000 yıl aralığının dışında kaldığı ve 400.000 yıldan daha yaşlı oldukları anlaşılmaktadır (Analizleri gerçekleştiren Dr. Neil Sturchio ile yapılan sözlü görüşme). Nitekim, U/Th - 8, 9 ve 13 nolu traverten örneklerinin 400.000 yıldan daha yaşlı olabilecekleri, diğer travertenlerle olan morfolojik ve topoğrafik ilişkisini içeren arazi gözlemleri de bunu doğrular niteliktedir. U/Th - 17 numaralı örnek içerisinde ise rekristalizasyona bağlı Uranyum kaybı nedeniyle yaş sonucu elde edilememiştir.

İnceleme alanı içerisinde en yaşlı traverten oluşumu Sıcak Çermik bölgesinde, en genç traverten oluşumu ise Delikkaya traverten bölgesinde bulunmaktadır.

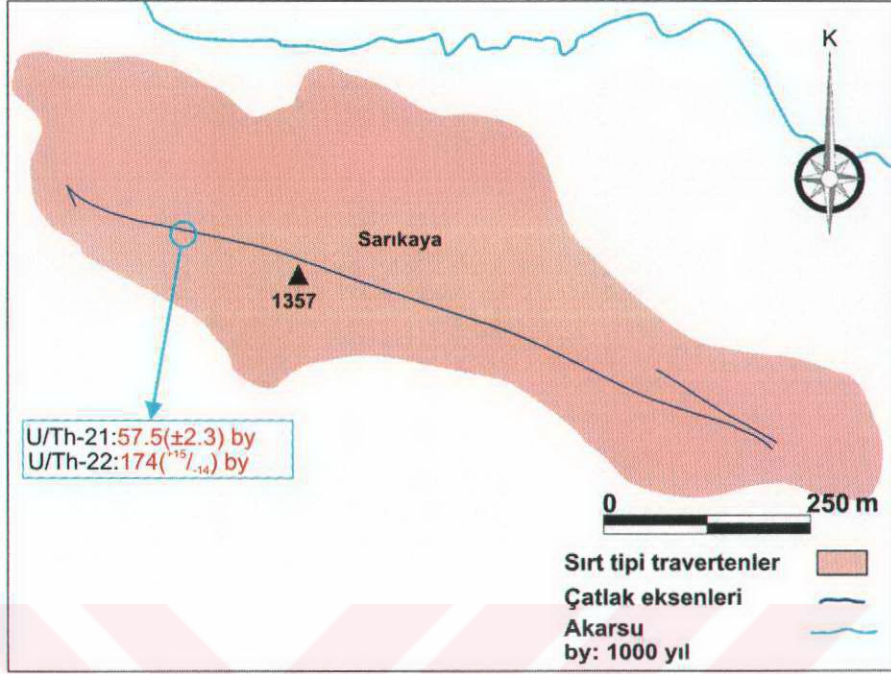
Yaş sonuçları Sıcak Çermik için Şekil 8-14, Sarıkaya için Şekil 8-15 ve Delikkaya traverten alanı için Şekil 8-16'de harita üzerinde verilmiştir.

Çizelge 20: U/Th yöntemi için alınan örneklerin yaş sonuçları (1.000 yıl)

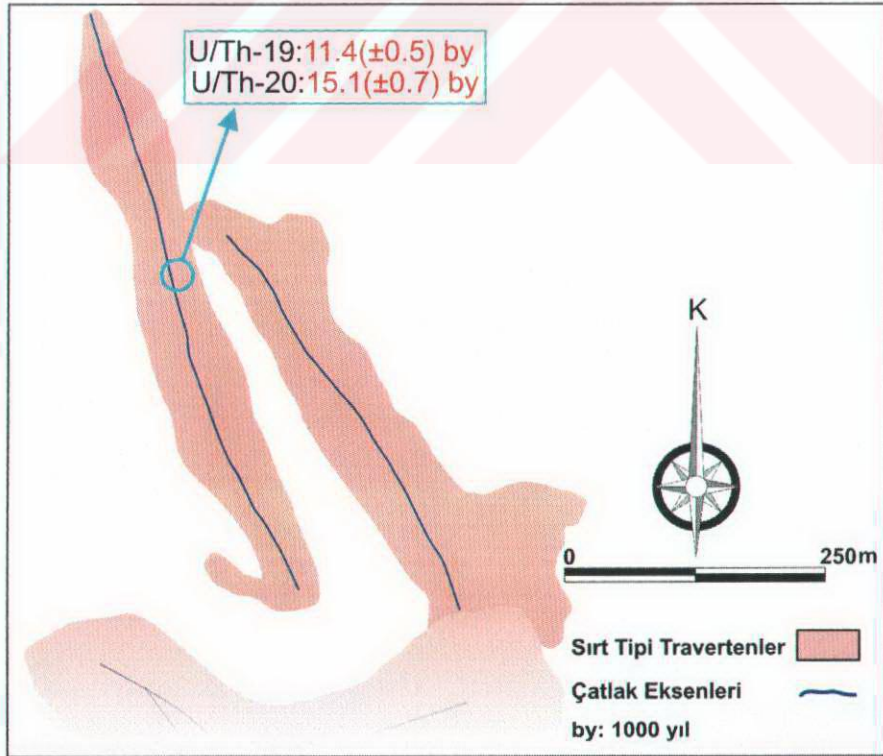
Örnek No	U (ppm)	(²³⁴ U/ ²³⁸ U)	(²³⁰ Th/ ²³⁴ U)	Yaş (1.000 yıl)	U _i
U/Th-1	0.73 (0.01)	1.98 (0.02)	0.718 (0.020)	120 (±5)	2.38 (0.03)
U/Th-2	0.21 (0.01)	2.03 (0.06)	0.891 (0.032)	177 (⁺¹⁴ / ₋₁₃)	2.70 (0.09)
U/Th-3	0.045 (0.002)	1.34 (0.06)	0.984 (0.049)	271 (⁺⁶⁴ / ₋₄₂)	1.73 (0.14)
U/Th-4	0.014 (0.001)	1.41 (0.07)	0.945 (0.046)	229 (⁺³⁷ / ₋₂₉)	1.79 (0.13)
U/Th-5	0.071 (0.002)	1.85 (0.07)	0.897 (0.036)	184 (⁺¹⁷ / ₋₁₅)	2.43 (0.11)
U/Th-6	0.294 (0.008)	1.93 (0.03)	0.930 (0.030)	198 (⁺¹⁶ / ₋₁₄)	2.62 (0.06)
U/Th-8	0.018 (0.001)	0.97 (0.06)	1.190 (0.08)	---	---
U/Th-9	0.049 (0.002)	1.04 (0.05)	1.100 (0.07)	---	---
U/Th-11	0.025 (0.001)	1.59 (0.07)	1.042 (0.044)	296 (⁺⁶¹ / ₋₄₂)	2.37 (0.17)
U/Th-13	0.027 (0.001)	0.98 (0.07)	1.140 (0.09)	---	---
U/Th-14	0.022 (0.001)	1.12 (0.10)	1.038 (0.077)	>290	1.60 (0.50)
U/Th-15	0.034 (0.001)	1.17 (0.06)	0.921 (0.046)	238 (⁺⁴⁷ / ₋₃₄)	1.33 (0.11)
U/Th-16	0.420 (0.01)	2.53 (0.05)	0.575 (0.022)	84 (±5)	2.94 (0.06)
U/Th-17	0.360 (0.01)	2.12 (0.03)	1.278 (0.037)	---	---
U/Th-19	0.138 (0.004)	4.05 (0.10)	0.101 (0.004)	11.4 (±0.5)	4.26 (0.12)
U/Th-20	0.104 (0.004)	3.90 (0.14)	0.131 (0.006)	15.1 (±0.7)	4.03 (0.14)
U/Th-21	0.600 (0.01)	1.88 (0.03)	0.424 (0.014)	57.5 (±2.3)	2.04 (0.03)
U/Th-22	0.269 (0.007)	1.60 (0.04)	0.859 (0.033)	174 (⁺¹⁵ / ₋₁₄)	1.98 (0.06)
U/Th-23	0.083 (0.004)	1.37 (0.06)	1.056 (0.050)	364 (⁺²⁰¹ / ₋₇₆)	2.05 (0.17)
U/Th-24	0.085 (0.002)	1.45 (0.42)	0.709 (0.030)	123 (±9)	1.64 (0.06)



Şekil 8-14: Sıcak Çermik'ten yaş analizi için örnek alınan lokasyonları ve yaş sonuçlarını gösterir harita



Şekil 8-15: Sarıkaya'dan yaş analizi için örnek alınan lokasyonlar ve yaş sonuçlarını gösterir harita



Şekil 8-16: Delikkaya'dan yaş analizi için örnek alınan lokasyonlar ve yaş sonuçlarını gösterir harita

8.5. 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 sıcaksu 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 Sivas Tersiyer Havzası içindeki en büyük hidrotermal etkinlik ve traverten oluşumu alanı için de çatlak eksenlerinin bölgesel açılma hızı belirlenmiştir (Çizelge 21).

Çizelge 21 incelendiğinde Sıcak Çermik traverten alanında elde edilen açılma hızı 0.144 mm/yıl ile 0.0280 mm/yıl arasında değişirken, ortalama açılma hızı 0.0684 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Sarıkaya'dan elde edilen ortalama açılma hızı 0.0065 mm/yıl, Delikkaya'da elde edilen açılma hızı ise 0.110 mm/yıl olarak belirlenmiştir. Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya'dan elde edilen açılma hızlarının ortalaması ise 0.0633 mm/yıl değerini vermektedir.

Çatlak sırtlarının morfolojik olarak çok belirgin ve sayısal olarak çok fazla olduğu Sıcak Çermik bölgesindeki traverten yüzlekleri, daha geniş bir alan kaplamaktadır. Delikkaya bölgesindeki sırt tipi travertenlerin morfolojik olarak gelişimi, korunmuşluğu ve alansal büyüklüğü de benzer bulguyu doğrulamaktadır. Buna karşın Sarıkaya bölgesinde birbirinden bağımsız iki farklı yüzlekten sadece birisinde sırt tipi traverten oluşumu gözlenmektedir.

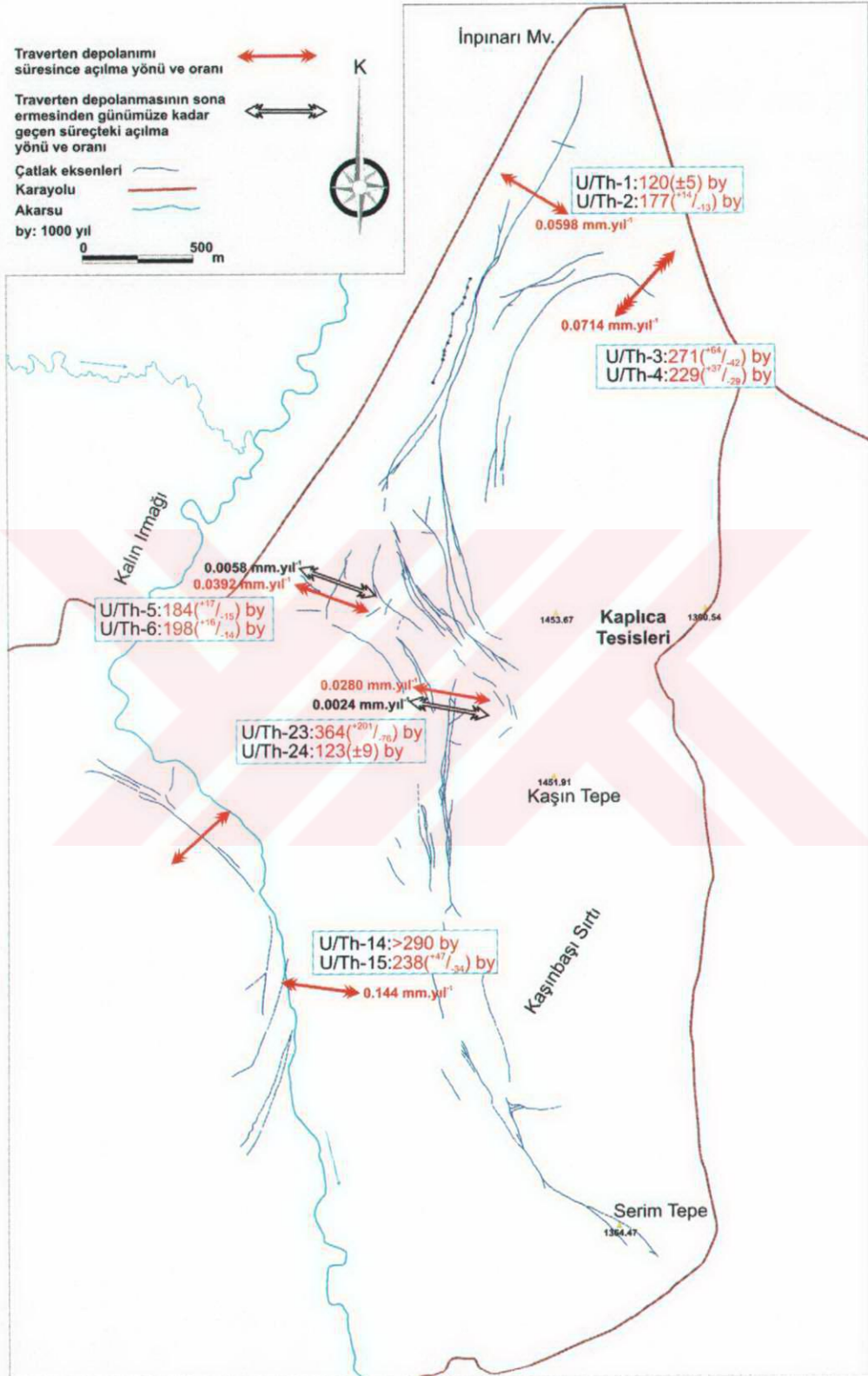
Sivas Tersiyer Havzası için ortalama açılma hızı değerini 0,0633 mm/yıl kabul ederek, XIII numaralı sırt tipi travertenin kenarındaki U/Th yöntemi ile kesin bir yaş elde edilemeyen U/Th - 17 örneği için, ortalama açılma hızını sabit kabul eden bir yaklaşımla yaş hesaplaması yapılmıştır. Bantlı traverten kalınlığı 397 cm olan bu sırt ekseninin yapılan hesaplamaya göre U/Th-17 örneği için 62.700 yıllık bir yaş hesaplanmıştır. Burada çatlak merkezindeki traverten örneğinin

(U/Th-16) 84.000 yıl yaşında olduğu hesaba katılırsa çatlak dış duvarına karşılık gelen bantlı travertenin 146.700 yıl önce oluştuğu sonucuna varılmaktadır.

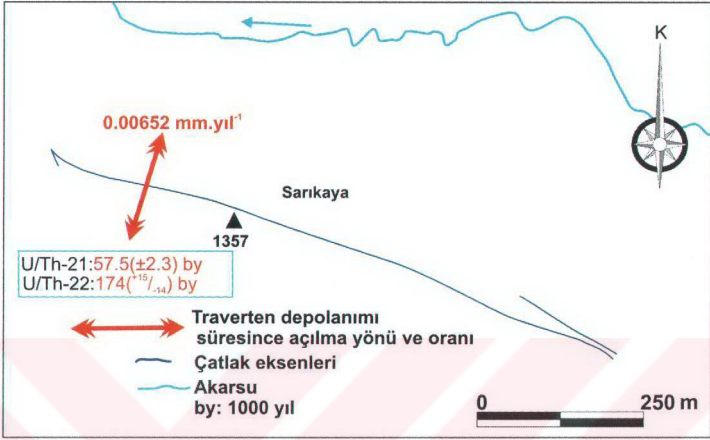
Sırt tipi travertenlerden elde edilen yaşlarla bulunan açılma oranları Şekil 8-17, 8-18 ve Şekil 8-19'da çatlak eksenleri üzerinde gösterilmiştir.

Çizelge 21: Yaş sonuçları ve çatlak genişliklerinden elde edilen açılma hızları

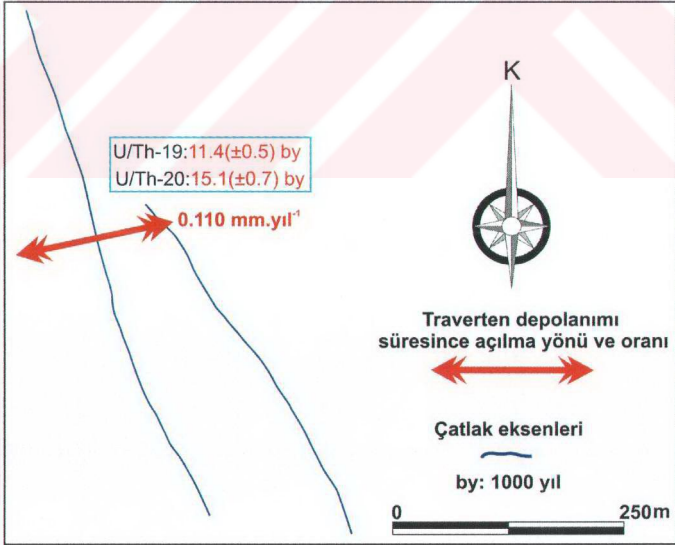
Örnek No	Yaş (1.000 yıl)	Oluşum Aralığı (1.000 yıl)	Çatlak Merkezinden Çatlak Duvarına Kadar Olan Mesafe (cm)	Açılma Hızı mm.y ⁻¹
U/Th-1	120(±5)	57	341	0.0598
U/Th-2	177(⁺¹⁴ / ₋₁₃)			
U/Th-3	271(⁺⁶⁴ / ₋₄₂)	42	300	0.0714
U/Th-4	229(⁺³⁷ / ₋₂₉)			
U/Th-5	184(⁺¹⁷ / ₋₁₅)	14	55	0.0392
U/Th-6	198(⁺¹⁶ / ₋₁₄)			
U/Th-14	>290	52	750	0.144
U/Th-15	238(⁺⁴⁷ / ₋₃₄)			
U/Th-16	84(±5)	---	397	---
U/Th-17	---			
U/Th-19	11.4(±0.5)	3.7	41	0.110
U/Th-20	15.1(±0.7)			
U/Th-21	57.5(±2.3)	116.5	76	0.00652
U/Th-22	174(⁺¹⁵ / ₋₁₄)			
U/Th-23	364(⁺²⁰¹ / ₋₇₆)	241	675	0.0280
U/Th-24	123(±9)			



Şekil 8-17: Sıcak Çermik bölgesinde çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri



Şekil 8-18: Sarıkaya bölgesindeki çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri



Şekil 8-19: Delikkaya bölgesindeki çatlak sırtlarındaki yaş verilerine göre elde edilen açılma oranları ve yönleri

9. SIRT TİPİ TRAVERTENLERDEN ELDE EDİLEN YAŞLARIN AKTİF TEKTONİK İLE İLİŞKİSİ VE TRAVERTENLERİ OLUŞTURAN OLASI TEKTONİK MODELLER

Keller ve Pinter (1996), insan toplulukları için bir önemi olan zaman ölçeği içerisinde yer kabuğunda deformasyon meydana getiren tektonik süreçleri "*Aktif Tektonik*" olarak adlandırmaktadır. Aktif tektonik, insan yapılarında hasara neden olabilen, kabuğun yavaş yavaş parçalanmasını da kapsayan, fakat daha çok eşyaların, halkın ve toplumun çok ciddi zarar görmesine yol açabilen depremler gibi büyük felaketleri kapsayan bir olgudur.

Amerika'da aktif tektonik ile ilgili çalışmalarda, son birkaç on yıl ile birkaç yüz yıllık bir zaman periyodu içerisinde toplumun olasılıkla zarar görmesine neden olabilecek bir doğal tehlike olgusu karşısında, baraj ve nükleer santral gibi önemli yapı ve araçların ömürlerinin saptanması hedeflenmektedir. Ancak geçmiş zaman periyodu içerisindeki böyle jeolojik/tektonik olayları saptayarak, gelecekte olabilecek benzer olayları önceden tahmin edebilmeye yönelik olarak yapılacak araştırmalarda günümüzden geriye doğru birkaç bin ile birkaç onbin yıllık bir aralığı kapsayan daha geniş bir zaman dilimi içerisinde meydana gelmiş olan tüm olayların araştırılması gereklidir. Özellikle "aktif tektonik" araştırmalarında üzerinde deprem meydana gelen fayların ne kadar uzunluktaki bir zaman periyodu içerisinde tekrar hareket ettiğini, en son depremin ne zaman oluştuğunu ve gelecek on veya birkaç bin yıl içerisindeki deprem üretebilecek fayların varlığının saptanması son derece önem taşımaktadır.

Bir başka bakış açısı ise "aktif tektonik" çalışmalarının benzer şekilde geriye doğru incelenmesi için gereken zaman diliminin son birkaç milyon yıllık dönemini kapsamaması gerektiği yönündedir (Davis, 1993). Bu görüşün temel dayanağı ise şu anda varolan tektonik etkinliğin ve onunla birlikte oluşan deformasyonun kısmen veya ağırlıklı olarak önceki 500.000 yıllık tektonik çatı içerisindeki kıvrımların ve fayların geometrisi ve bu jeolojik yapıların çalışma durumunun kontrol edilmesidir. Bu bakış açısına göre, deprem gibi doğal jeolojik tehlikelerin zararlarını azaltabilmek ve aktif tektoniği tamamen anlayabilmek için geçen birkaç milyon yıllık zaman içerisindeki tektonik olayların anlaşılması gereklidir.

Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya Travertenlerinin oluşumlarını sağlayan hidrotermal etkinliğin ve buna neden olan yapıların son 500.000 yıllık süreçte oluştuğu düşünüldüğünde, bu yapıların oluşumuna neden olan tektonik etkinlik, Keller ve Pinter (1996)'ın aktif tektonik tanımının sınırları içerisinde kalmaktadır. Ancak Davis (1993) tarafından değerlendirilen "aktif tektonik" tanımı ile daha iyi örtüştüğü görülmektedir.

Bu çalışmada bölgedeki travertenlerin aktif tektonik dönem içerisinde oluştuğu ve bu birimlerden elde edilen bulguların da aktif tektonik döneme ait bulgular olduğu kabul edilmiştir.

9.1. Sırt tipi travertenlerden elde edilen yaşların aktif tektonik ile ilişkisi

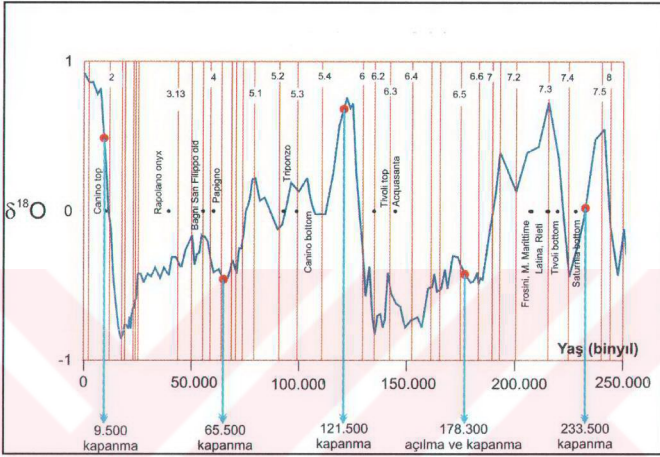
Sırt tipi travertenlerden elde edilen yaş sonuçları her bir sırt için şekil 9-1'de verilen grafiğe dönüştürüldüğünde bazı sırt tipi travertenlerin ilk oluşum yaşları ile kapanma, pasif duruma geçme yaşlarının bir kaç bölgede yoğunlaştığı dikkati çekmektedir.

U/Th-2, 5 ve 22 bir grupta, U/Th-4 ve 15 başka grupta, U/Th-1 ve 24 ise başka bir grupta yoğunlaşmaktadır. U/Th-4 ve 15'den elde edilen ortalama yaş 233.500 yıl; U/Th-2, 5 ve 22' den elde edilen ortalama yaş 178.300 yıl; U/Th-1 ve 24'den elde edilen ortalama yaş ise 121.500 yıldır. Bu gruplar arasındaki farklar ise 55.200 ve 56.800 yıldır. Bu durum, ortalama 56.000 yıllık periyotlarla bazı yeni sırt sistemlerinin oluştuğunu, bazı sırt sistemlerinde ise hidrotermal etkinliğin, dolayısıyla bantlı traverten oluşumunun durduğunu göstermektedir.

Şekil 9-1'de bu yoğunlaşmaların rastlantısal olup olmadığını anlamak amacıyla 233.500 yıla 56.000 yıl eklendiğinde elde edilen 289.500 yılın U/Th-14'ün pasif duruma dönüşmesi yaşı ile çakıştığı, bir 56.000 yıl daha eklendiğinde U/Th-23 ile çakıştığı gözlenmektedir. Aynı mantıkla 121.500 yıllık gruplaşmadan günümüze doğru 56.000 yıllık periyotlarla geldiğinde 65.500 yılın U/Th 21 ve U/Th-16'nın ortalamasına, 9.500 yılın da yaklaşık U/Th-19 ile çakıştığı gözlenmektedir.

Ortalama 56.000 yıllık aralıklarla bazı sırt eksenlerinin içerisinde traverten oluşumunun durması ve bazı yeni sırt eksenlerinin oluşmaya başlaması, bu tekrarlanmaların deprem gibi büyük önemli bir tektonik etkinliğin yoğunlaştığı dönemlerde gelişmiş olduğu varsayımında bulunulabilir. En son tektonik hare-

travertenlerin açılma yada kapanma dönemlerinin iklimsel değişimlerle ilgili olmadığını kanıtlamaktadır.

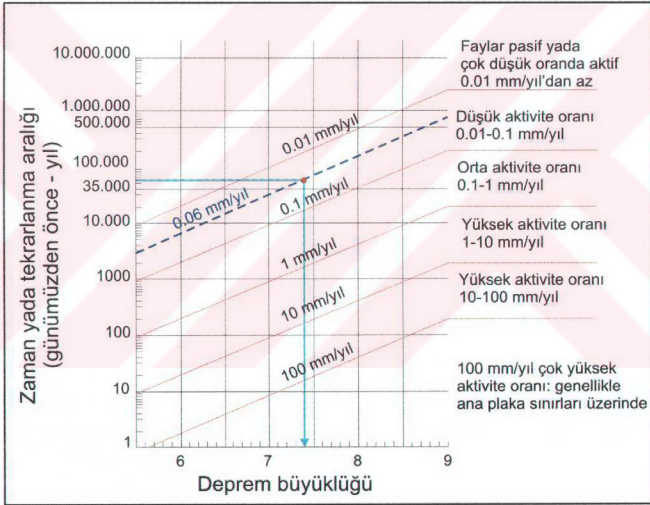


Şekil 9-2: Sırt tipi travertenlerin açılma yada kapanma dönemlerine karşılık gelen gruplaşmaların iklimsel değişimleri gösteren grafik üzerindeki görünüşleri (Orijinal grafik Martinson ve diğerleri (1987)'den alınmıştır).

Bir fay kuşağı üzerinde, yaklaşık olarak aynı zaman aralıklarında, aynı büyüklükte ve aynı karakteristik özellikleri taşıyarak tekrarlayan depremler "karakteristik depremler" olarak tanımlanmaktadır. Bu tür özelliklere sahip depremlerde fayın kayma hızı, depremin büyüklüğü ve her olayda yer değiştirmenin sabit olduğu kabul edilmektedir. Bu koşullar altında ortalama tekrarlanma aralığı her olayda kayma hızı değerinin yer değiştirmeye oranı eşittir. Çeşitli fay parçalarından meydana gelen bir fay kuşağı üzerinde deprem sıklığının tekdüzelikinde genel bir eksikliğin var olması, deprem hakkında daha çok bilgi edinmeyi gerektirmektedir. Buna rağmen, tekrarlanma aralığı ve ortalama kayma hızı ile gelecekte olabilecek bir depremin ve buna bağlı oluşabilecek bir kırılmanın zamanı ve büyüklüğü hata sınırları içerisinde tahmin edilebilmektedir.

Slemmons ve DePolo (1986), depremlerin tekrarlanma aralığı, kayma hızı ve büyüklüğü arasında bir ilişki olduğunu öne sürmüştü ve bu ilişkiyi grafiksel olarak göstermiştir. Bu bölge için hesaplanan açılma oranları ve elde edilen yaş

bulguları ve çatlak eksenleri üzerindeki hidrotermal etkinliğin başlaması ve kesilmesi arasındaki zamansal aralık değerleri Slemmons ve DePolo (1986) nın grafiği üzerinde uygulanmıştır (Şekil 9-3). Yaş ve açılma hızı gibi parametreleri oluşturan verilerin hatalarının da olabileceği ön kabulünü baştan belirterek, Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya'da elde edilen 56.000 yıllık tekrarlanma zaman aralığı, ortalama 0.0633 mm/yıllık açılma hızı değerlerine göre, inceleme alanı ve yakın çevresinde meydana gelmiş ve gelecek olan deprem(ler)in 7.4 büyüklüğünde olduğu ve bölgenin deprem etkinliği açısından grafikte düşük aktiviteli alana düştüğü varsayımında bulunulabilir (Şekil 9-3).



Şekil 9-3: 56.000 yıllık deprem tekrarlanmalarının zaman-büyüklük ve hareket miktarı arasındaki ilişkinin grafik üzerindeki görünümü (orijinal grafik Keller ve Pinter, 1996'daki Slemmons ve DePolo, 1986'dan alınmıştır)

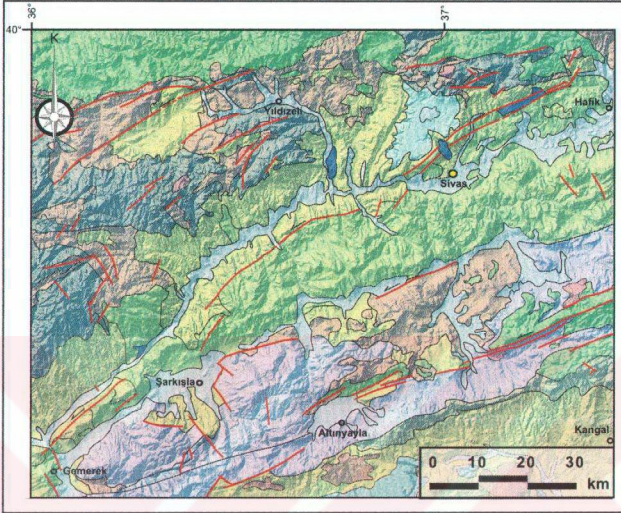
Sivas ili ve yakın çevresinde aletsel dönemde magnitüdü 6 veya daha büyük bir deprem bilinmemektedir. Ancak tarihsel dönemde (1900 öncesi) 1754, 1891 ve 1893 yıllarında meydana gelmiş 3 adet deprem kayıtlarında mevcuttur (Ergin ve diğerleri, 1967). Bunlardan 1754 depreminin (maksimum şiddet $I_0 = VII$, Ergin ve diğerleri, 1967) merkez üssü hemen il merkezi yakınlarına düşerken,

1891 ve 1893 depremlerinin merkez üsleri ise Hafik ve Zara yakınlarında olduğunu işaret etmektedir. Buna karşın Kuzey Anadolu Fay Kuşağı üzerinde çeşitli dönemlerde meydana gelen orta ve büyük ölçekli depremlerin birçoğu Sivas ve çevresinde yoğun olarak hissedilmiş ve merkez üssüne yakın olan yerleşim birimlerinde (Örneğin Suşehri ve Koyulhisar'da) can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Kuzey ve Doğu Anadolu Fay Kuşaklarından daha uzakta, jeolojik anlamda Anadolu bloğu olarak adlandırılan İç Anadolu bölgesinde, aletsel dönemde (1900 ve sonrası) 29.04.1923 Çamlıbel (M=5.9), 17.04.1938 Kırşehir-Akpınar (M=6.6) ve 30.07.1940 Yozgat-Sarıkaya (M=6.2) da 3 önemli deprem meydana gelmiştir.

9.2. I. Model: Sıkışmalı Tektonik Etkinlikle Açılma

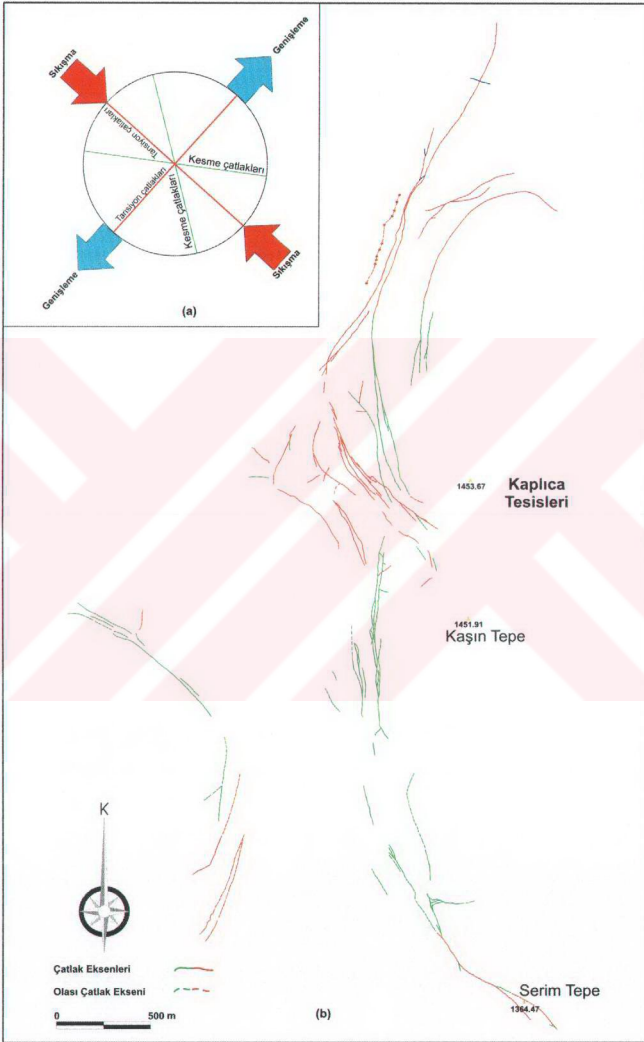
Kuzeyde Neo-tetis'in kuzey kolunun kapanımına ait ofiyolitli karışık ile, güneyde Kırşehir Masifi'ne ait metamorfik kayaların oluşturduğu yükselimler arasında kalan Sivas Tersiyer Havzası, Paleosen'den Kuvaterner'e kadar değişen yaş aralığındaki farklı türde kaya birimleri içermektedir (Şekil 9-4).

Havza, kuzeyde Orta Anadolu Bindirme Kuşağı tarafından tektonik olarak, güneyde ise Uzunayla platosunu oluşturan Kangal Neojen alt havzası tarafından uyumsuz olarak sınırlanmaktadır. Sivas Geri Bindirmesi havza içinde gelişmiş bir bindirme fayı olup, Şarkışla'nın güneybatısında sol yanal Orta Anadolu Fay Kuşağına doğru uzanmaktadır (Şekil 9-4 ve 9-5).

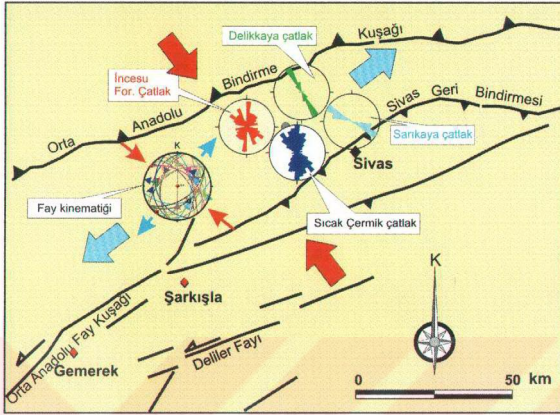


Şekil 9-4: Sivas ve yakın çevresinin sayısal arazi modeli ile Şekil 2-3'te verilen jeolojik haritanın birleştirilmesi ile elde edilmiş görüntüsü

Bölgede aletsel dönem deprem kayıtlarından saptanan deprem odaklarının Şarkışla'dan sonra kuzeydoğuya doğru bir çizgisellik oluşturdıkları gözlenmektedir (Şekil 9-5). Bu çizgiselliğin Orta Anadolu Fay Kuşağı'nın kuzeydoğuya doğru uzantısı olmadığı, ancak Sivas Geri Bindirmesinin güneyinde daha çok küçük depremler üreten bir çizgisel hat olduğu düşünülmektedir. Bu depremlere ilişkin henüz herhangi bir odak mekanizması çözümünün olmaması, bu çizgisel yapının niteliği hakkında kesin bir yargıya varılmasını güçleştirmektedir. Bununla birlikte topoğrafya üzerinde gözlenen çizgisel uzanımın nasıl olduğu ve deprem odaklarının niçin bu çizgisel hat boyunca dizildiği araştırılıp sorgulanması gereken önemli bir ayrıntıdır. Ancak KD-GB uzanımlı bu hatlar üzerindeki değişik boyuttaki çöküntü alanları Koçyiğit ve Beyhan (1998) tarafından çek-ayır havzalar olarak yorumlanmaktadır.

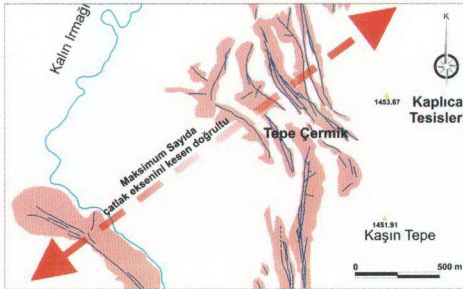


Şekil 9-6: Price (1966)'ya göre (a) ve Sıcak Çermik'te gözlenen çatlakların sınıflandırılma'sındaki (b) benzerlik ilişkisi



Şekil 9-7: Sivas Tersiyer Havzası içerisinde ana tektonik yapılarla, traverten alanlarındaki sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden ve İncesu Formasyonu'ndaki eklem sistemlerinden elde edilen gül diyagramları ve İncesu Formasyonu'ndan elde edilen fay kinematik analiz sonuçlarına göre belirlenen bölgesel sıkışma ve açılma yönlerinin topluca görünümü

Bölgesel açılma yönünün KD-GB yönlü olduğunun bir başka kanıtı ise, Sıcak Çermik sırt tipi travertenlerinin çatlak eksenlerinin yoğunlaştığı Tepe Çermik dolayında 1980' li yıllara kadar sıcak su çıkışının devam etmiş olduğu ve bu çıkış merkezleri etrafında insan yapımı küçük kaynama havuzcuklarının gözlenmesidir. Çatlak eksenlerini dik olarak kesecek şekilde bir doğru çizildiğinde en fazla çatlak eksenini bu bölgede KD-GB doğrultusunda kesilmektedir (Şekil 9-8).



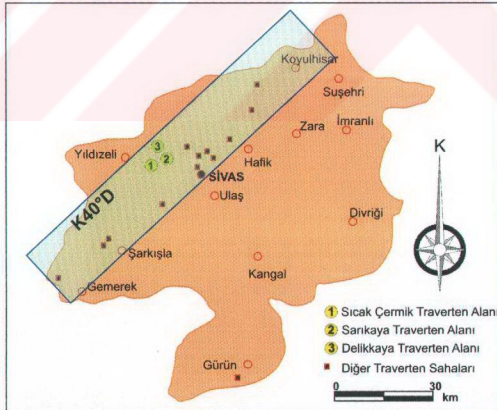
Şekil 9-8: Sıcak Çermik bölgesinde en fazla çatlak eksenini kesen doğrultunun görünümü

9.3. II. Model: Makaslama Kuşaklarında Oluşan Açılma ve Geometrik Biçim Değişirme

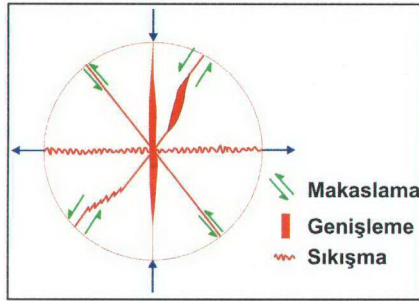
Sivas il sınırları içerisinde yer alan traverten ve/veya sıcak su çıkış merkezlerinin Gemerek kuzeybatısından başlayıp Şarkışla ve Sivas kuzeybatısında devam eden ve yaklaşık K40°D gidişli bir çizgisellik boyunca uzandığı dikkati çekmektedir (Şekil 9-9). Bu görünüm böyle bir çizgisel dizilimin rastlantısal olamayacağını, tektonik bir yapının denetiminde oluşmuş olması gerektiğini akla getirmektedir.

Sıcak Çermik'te travertenler üzerinde yer alan ana çatlak eksenleri bir bütün olarak dikkatli incelendiği takdirde bunların sol yanal nitelikli makaslama kuşaklarında gelişen açılma yapılarına çok benzedikleri görülmektedir (Şekil 9-10).

Bu çalışmada kinematik analizlerde kullanılan faylar küçük ölçekli ve genellikle yol yarmalarında ölçülmüş faylardır. Saha çalışmaları sırasında topografya üzerinde bu çizgisel uzanıma uyan büyük ölçekli herhangi bir fay veya bunu işaret edebilecek bir morfoloji gözlenememiştir.



Şekil 9-9: Sivas il sınırları içerisindeki sıcak su çıkış yerleri ve traverten alanlarının oluşturduğu kuşak



Şekil 9-10: Bir sıkışma alanı içerisinde gelişebilecek açılma ve sıkışma yapılarının görünümü (Bles ve Feuga, 1986)

Sıcak Çermik'te bulunan sırt tipi travertenlerde oluşan bu çatlakları oluşturabilecek olası makaslama yönünün çatlak geometrisiyle uyusabilmesi için sol yanal olması gerekmektedir (Şekil 9-11). Aynı zamanda şekil 9-11'de görülen makaslama zonunun gidişinin, Sivas il sınırları içerisinde yer alan sıcak su çıkış merkezleri ile traverten oluşum alanlarının dizilimleri sonucu gözlenen şekil 9-9'daki çizgisel gidiş ile de uyumlu olması bu varsayımın önemini artırmaktadır.

Çatlak eksenlerindeki bu deformasyonu doğrular nitelikteki bir görüntü, uydu görüntüleri üzerinde de görülmektedir. Yıldız Irmağı'nın Delikkaya ve Sarıkaya traverten alanlarının arasında kalan bölgede KD-GB olan doğrultusu, aniden KB-GD gidiş kazanmakta, ayrıca Kalın Irmağının Sıcak Çermik traverten alanının batı sınırı üzerinde önce K-G olan doğrultusu KD-GB'ya daha güneyde de KB-GD'ya dönmektedir (Şekil 9-12). Bu dirsekler bölgede bir sol yanal makaslama zonunun var olabileceği savını destekler bulgulardan birisidir.

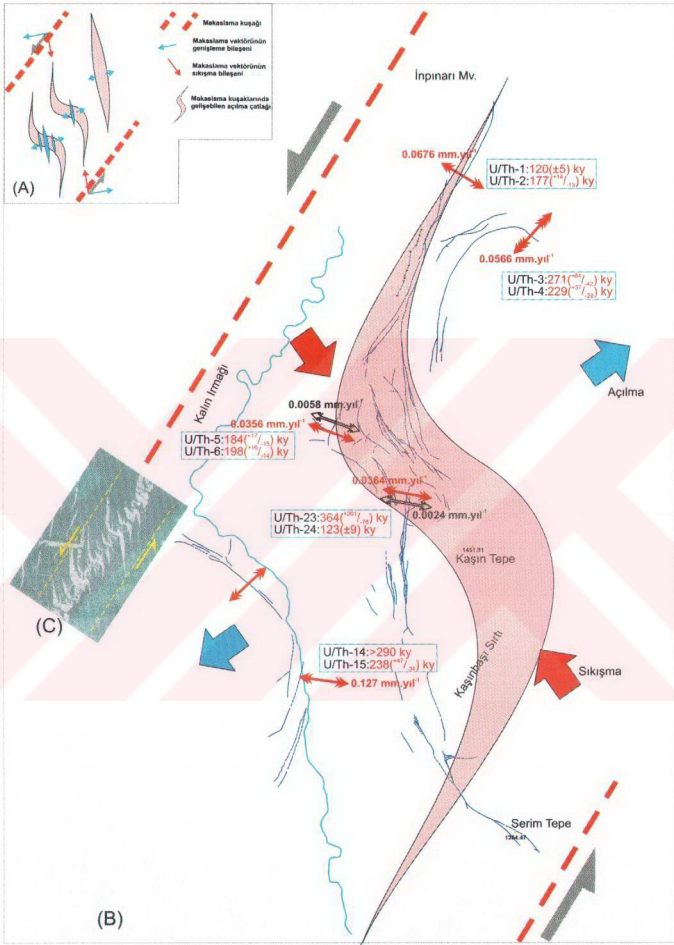
U/Th yaş elde edilen bu çatlak eksenlerinden en yaşlı ikisi (364.000 ve 290.000 yıl) yaklaşık K-G uzanımlıdır (Şekil 9-11 B). Bu iki eksenin bu model içerisinde bölgede gelişen ilk açılma çatlağı olduğu ve ilk çatlak dolgusu şeklinde gelişen en yaşlı bantlı travertenleri oluşturduğu anlaşılmaktadır (Şekil 9 – 11 A ve B). Çatlak dolgusu gelişmeden açılmanın halen devam ettiği sırt eksenlerinden her ikisinin de yaklaşık K-G uzanımlı olması, sıkışmanın devam ettiğini ve buna uygun olarak açılmanın da sürdüğünü göstermektedir.

Bir sol yanal makaslama kuşağı içerisindeki bu S biçimli deformasyon geometrisi içerisinde, yaklaşık K-G uzanımlı olması beklenen en genç çatlak

sırtlarının, bu bölgede bu doğrultudan biraz farklı olarak, KB-GD uzanımlı olduğu gözlenmektedir. Arazi gözlemleri ile içerisinde gelişen çatlak dolgularının ince oluşu ve aşınma göstermemesi ve halen çatlak ekseninde havuzcukların bulunması ve 1980 li yıllara kadar sıcak su çıkışlarının gözlenmiş olması, bunların en genç oluşumlar olduğunun somut kanıtıdır. Ancak genel uzanımlarındaki bu farklılık, teorik olarak düşünülen ile homojen ve izotrop malzemelerle yapılan deneylerden elde edilen sonuçların, her zaman doğadaki koşullarla birebir uyuşmadığı, uyuşmazlığın temelinde yatan esas nedenlerden birisinin, bir deformasyon kuvveti altında farklı kayaçların farklı davranış sergileyebilmesidir.

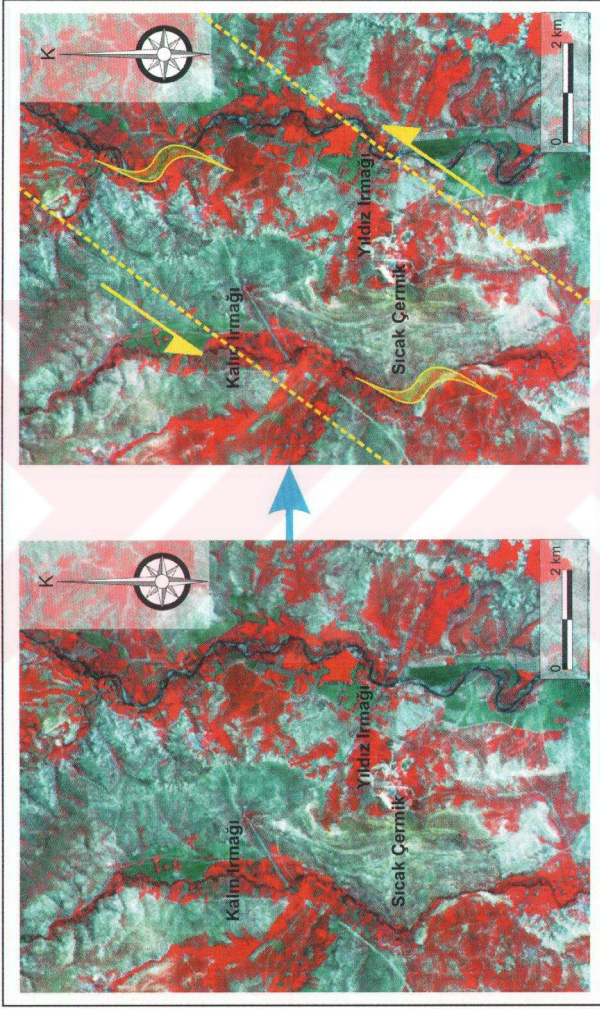
Yukarıda ayrıntılı olarak verilen bilgilerin yanı sıra, bu tür bir gelişim modeline uymayacak veriler de söz konusudur. Bunlardan en önemlisi, bölgede sol yanal doğrultu atımlı bir deformasyonu gösterecek somut bir jeolojik ve sismolojik (deprem odak çözümü gibi) verinin eksik olmasıdır. Ayrıca bölgesel ölçekte, kuzeyden güneye doğru gelişmiş Orta Anadolu Bindirme Kuşağı ve güneyden kuzeye doğru gelişmiş Sivas Geri Bindirmesi gibi büyük yapılar arasında, sol yanal bir makaslama kuşağından daha çok, sıkışma ile ilintili açılma türü yapıların gelişmesinin mekanik açıdan kolay olduğu izlenimini vermektedir. Nitekim bölgede Geç Miyosen – Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu'nda ve Paleozoyik yaşlı mermerlerdeki fayların kinematik analizlerinden saptanan en büyük asal gerilme ekseninin (σ_1) düşey konumda olması, doğrultu atımlı bir makaslama kuşağının varlığını iyice zayıflatmaktadır.

Yukarıda tartışılan her iki model de birlikte değerlendirildiğinde, bölgedeki bu yapıların gelişiminin Model I ile daha kolay açıklanabileceği görülmektedir.



Şekil 9-11:

(A) Bir makaslama kuşağındaki açılma ve sıkışma bileşenlerinin görünümü (Dunne ve Hancock, 1994'ten değiştirilerek), (B) Sıcak Çermik traverten alanındaki çatlakların bir makaslama kuşağı geometrisi içerisindeki genel konumu, (C) sol yanal makaslama zonu içerisinde açılma çatlaklarının (kademeli (en-echelon) çatlakların S şekilli rotasyonlarının görünümü (Park, 1989 daki şekil 4.2 den alınmış ve görüntü ters çevrilmiştir)



Şekil 9-12 Aster uydu görüntüsü üzerinde Kalın Irmağı ve Yıldız Irmağı üzerindeki dirseklerin, ve makaslama kuşağı içerisindeki "S" yapılarının görünümü

10. TARTIŞMA ve SONUÇLAR

Bu çalışma ile Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya bölgelerinde yer alan travertenler morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılmış, çatlak sırtı tipi, aşınmış traverten tabakaları, kanal ve teras tipi travertenlerin varlığı belirlenmiştir. Bu traverten tipleri ve sırt tipi travertenlerin çatlak eksenleri bu bölgeler için, ilk kez ayrıntılı olarak 1/5.000 ölçeğe haritalanmıştır (EK 1). Bu bölgedeki üç traverten sahasında yüzeyleyen toplam travertenlerin alansal olarak %54'nü çatlak sırtı tipi traverten, % 24'nü aşınmış traverten tabakaları ve % 22'ni halen oluşan güncel travertenler oluşturmaktadır.

Çalışma alanındaki travertenlerin oluşumlarına neden olan sıcak suların kimyasal analizleri yapılmış, Sıcak Çermik'teki suyun 46°C ile bölgenin en sıcak suyudur. Delikkaya'daki suların 30°C ve Sarıkaya'daki suların ise 11°C lik bir sıcaklıkta olduğu belirlenmiştir. Kimyasal analizler sonucunda da travertenleri oluşturan suların Hem (1985) sınıflamasına göre kalsiyum magnezyum bikarbonatlı (karışık) tip su olduğu saptanmıştır. Bu 3 bölgede travertenlerin alansal büyüklükleri ile halen devam eden sıcak su çıkışlarının ve özellikle su sıcaklığının yüksekliği arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu anlaşılmaktadır.

İncelenen alanlarda yüzeyleyen travertenlerin mineralojik-petrografik analizlerinden, travertenlerde bulunan karbonat mineralinin kalsit olduğu, bunun yanı sıra böhmüt (AlO(OH)), götit (FeO(OH)) ve hematit (Fe₂O₃) minerallerini de içerdiği saptanmıştır. XRD analizlerinde ve örneklerin yakılması ile yapılan gaz ölçümlerinde kükürt içeren herhangi bir mineral yada bileşik saptanamamıştır. Sanılanın aksine travertenlere kırmızımsı sarı rengi veren elementin kükürt değil, bunun yerine demir içeren minerallerin olasılıkla bozunması sonucu ikincil olarak oluşan limonitten kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sırt tipi travertenlerin çatlak dolgusunu oluşturan bantlı travertenlerin çatlak eksenini merkezinden her iki kenara doğru alınan örneklerin paleomanyetik analizleri sonucunda, çatlak merkezinden çatlak duvarlarına kadar her iki yönde de deklinasyon ve inklinasyon açılarının birbirleri ile simetrik ve uyumlu oldukları gözlenmiştir. Bu paleomanyetik bulgular, çatlakların belirli bir süreç içerisinde simetrik olarak açıldığını ve çatlak ekseninin her iki bölümünde bulunan bantlı travertenlerin aynı yaşta olduklarını kanıtlamaktadır. İlk kez bu çalışmanın ilk aşamalarında travertenlere uygulanan bu yöntemin, özellikle bantlı travertenlerde daha sonra yapılacak çalışmalara da önemli katkı sağlayacağı anlaşılmıştır.

İncelenen traverten alanlarında en yaygın traverten tipinin sırt tipi travertenler olduğu belirlenmiştir. Sırt tipi travertenler tektonikle ilgili birçok bilgiyi 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. Sıcak Çermik'te 19, Delikkaya'da 3 ve Sarıkayada 1 adet çatlak sırtı tipi traverten oluşumu haritalanmıştır. Sırt tipi travertenlerin çatlak dolgusu niteliğinde bulunan bantlı travertenlerin genişlikleri 0.5 cm ile 20,8 m arasında değişmektedir.

Travertenler aracılığıyla bölgenin neotektonik özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla traverten alanlarının temel kayacı niteliğindeki Geç Miyosen–Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonu'nda saptanan küçük ölçekli fayların kinematik analizlerinin yanı sıra, bu birimden alınan eklem ölçümlerinden gül ve kontur diyagramları hazırlanmıştır. Sıcak Çermik'teki sırt tipi travertenlerin çatlak eksenlerinden elde edilen gül diyagramları ile İncesu Formasyonundaki eklem sistemleri birebir örtüşmekte ve yaklaşık K20°B doğrultulu sıkışma yönünü vermektedir. İncesu Formasyonu'nda gelişmiş olan ve tansiyon eklemleri olarak tanımlanan eklemlerin, travertenler üzerinde bulunan çatlak sistemleriyle uyumlu olması, hidrotermal çözeltilerin İncesu Formasyonu içerisinde bulunan bu çatlak sistemleri ve küçük faylar aracılığıyla yüzeye taşındığını göstermektedir.

Paleozoyik yaşlı Akdağmadeni Litodemine ait metamorfik kayalarda ve Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu Formasyonunda saptanan fayların kinematik analizleri sonucunda en büyük asal gerilme ekseninin (σ_1) düşey veya düşeye yakın; ortaç (σ_2) ve en küçük asal gerilme ekseninin (σ_3) yatay ve/veya yataya yakın konumlu olması, KD-GB yönlü açılma tektoniğinin etkin olduğunu kanıtlamaktadır. Paleozoyik yaşlı birimlerden elde edilen kinematik sonuçlarla Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı birimlerden elde edilen kinematik sonuçlar arasında doğrultular arasında saatin tersi yönünde 35°'lik bir fark bulunduğunu gözlenmekte, bu farkın Sivas Havzası içerisinde Gürsoy ve diğerleri (1997) tarafından bir düşey eksen etrafında saatin tersi yönünde gerçekleşen blok rotasyonun saptandığı paleomanyetik sonuçlarla uyumlu olduğu ve bu deformasyonun daha çok Kuvaterner'de oluştuğunu göstermektedir.

Bu yöntemlerden farklı olarak uydu görüntüleri üzerinde uzaktan algılama çalışmaları ile çizgisellik analizi gerçekleştirilmiş ve uydu görüntüleri üzerinde

gözlenen çizgiselliklerin KD-GB ve KKD-GGB yönlerde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu yöntemle çizgisel yapıların nitelikleri hakkında bilgi edinilemediği için, büyük ölçekli fayların ya da kıvrımlanmaların bulunmadığı alanlarda istatistiksel bir yöntem olarak kabul edilerek kinematik yorumlarda kullanılmaması gereklidir.

Travertenler ile İncesu Formasyonu arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla biri Sıcak Çermik'te kuzey bölümde kalan çatlak sırtı tipi (XII nolu sırt) travertenin çatlak eksenini dik kesecek şekilde, diğeri de yine Sıcak Çermikte Kaşınbaşı Tepenin batı yamacında morfolojik verilere göre fay olabileceğinden kuşkuyla bölgeden sismik yansıma kesitleri alınmıştır. Sismik yansıma kesitlerinde travertenlerin oluşumuna neden olan hidrotermal etkinliğin, belirgin faylarla yüzeye taşınmadığı, yüzeye çıkmak için çatlak sistemlerini kullandığı ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra sismik yansıma kesitlerinden, çatlakları dolduran düşey bantlı travertenlerin kalınlıklarının derinliğe bağlı olarak arttığı bir başka kanıt olarak dikkati çekmektedir.

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, Sıcak Çermik, Delikkaya ve Sarıkaya traverten alanlarından alınan toplam 20 adet karot örnek için tamamlanmıştır. Bu amaçla Sıcak Çermik'ten 21, Delikkayadan 3, Sarıkayadan 2 olmak üzere toplam 26 örnek analize gönderilmiştir. Bunlardan 20 örneğin analizleri tamamlanmıştır. Sıcak Çermik'te Kaşın Tepe'de yüzeyleyen ve morfolojik sınıflamaya göre aşınmış traverten tabakaları grubuna giren tabakalı travertenlerden alınan örneklerden yaş elde edilememiştir. Bunların, U/Th yöntemi ile saptanabilecek en büyük yaş olan 400.000 yıldan daha yaşlı olabilecekleri düşünülmektedir. Kaşın Tepe ve kuzeyindeki tepede yüzeyleyen aşınmış traverten tabakaları, çevresindeki diğer travertenlerden renk, tııklık, alterasyon ve aşınma oranları vb özelliklerinin farklı olması gibi arazi gözlemleri de bu travertenlerin inceleme alanı içerisindeki en yaşlı travertenler olduğu görüşünü desteklemektedir.

Sıcak Çermik'teki 6 adet sırt tipi travertenin çatlak dolgusu niteliğinde düşey bantlı travertenlerinden biri çatlak merkezinde diğeri ise çatlak dış duvarına yakın banttan olmak üzere 12 adet örneğin analiz sonucuna göre, bu bölgedeki en genç travertenin 84.000 (± 5.000) yıl, en yaşlı travertenin ise

364.000 (^{+201.000}/_{-76.000}) yıl yaşında olduğu saptanmıştır. Sarıkaya'daki tek sırt tipi travertenden iki örnek alınmış **57.500 (± 2.300)** yıl ve **174.000** (^{+15.000}/_{-14.000}) yıl yaş elde edilmiştir. İncelenen bu traverten alanları içerisinde U/Th yaş yöntemine göre belirlenebilen en genç sırt tipi traverten oluşumu ise **11.400(±500) - 15.100 (±700)** yıl yaş aralığına sahip olan Delikkaya'da bulunmaktadır.

Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya traverten alanlarında yer alan sırt tipi travertenlerden elde edilen yaş sonuçlarına göre, bölgesel ölçekte ortalama **0.0633** mm/yıllık bir açılma hızı belirlenmiştir. Sırt tipi travertenlerden elde edilen yaş sonuçlarından 56.000 yıllık periyotlarla bir gruplaşma gözlenmektedir. Ancak yaşlandırılmamış bazı sırtların da yaşlandırılması halinde, bu aralığın değişebilmesi söz konusudur. Slemmons ve DePolo (1986) tarafından verilen grafiğe göre, bu açılma hızı ve tekrarlanma periyoduna verilerine dayanarak bölge, aktivite açısından, düşük aktiviteli bölge değerleri arasına düşmektedir. Bazı önyargıları da baştan belirterek, bu açılma hızı ve tekrarlanma periyodu arasındaki ilişkiye dayanarak Sivas ve yakın çevresinde yaklaşık 56.000 yılda 7.4 büyüklüğünde önemli deprem(ler)in oluşmuş olabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular günümüze en yakın büyük bir tektonik etkinliğin 9.500 yıl önce oluşmuş olabileceğini göstermektedir. Ancak Sivas ve hemen yakın çevresinde bugüne kadar saptanabilmiş herhangi büyük ve yıkıcı bir tarihsel deprem kaydı henüz bilinmemektedir.

Ayrıca bu travertenlerden elde edilen yaşlardaki gruplaşmanın iklimsel etmenlerden kaynaklanıp kaynaklanmadığı, dünya ölçeğinde standartlaşmış iklimsel değişim grafiği (Martinson ve diğerleri, 1987) üzerinde değerlendirilmiş ve hidrotermal etkinliğin belirgin bir biçimde başlaması ve kesilmesi ile iklimsel değişimler arasında bir ilinti olmadığı anlaşılmaktadır.

İnceleme alanlarında bulunan travertenlerin ve açılma çatlaklarının oluşum mekanizmaları için iki farklı model ortaya konulmuştur.

Bu modellerden birincisinde; Sivas Tersiyer Havzası ve yakın çevresinde aletsel dönemde oluşan depremler, tektonik hatlarla karşılaştırılarak incelendiğinde Orta Anadolu Fay Kuşağının Kayseriden Şarkışla'ya kadar uzandığı ve düşük aktiviteli bir fay olduğu gözlenmektedir. Şarkışla'dan kuzeydoğuya doğru Sivas Geri Bindirmesi başlamakta ve fay çizgisi üzerine herhangi bir deprem odağı düşmemektedir. Deprem odakları Şarkışla'dan kuzeydoğuya doğru Sivas Geri Bindirmesinin güneyinde çizgisel bir hat

oluşturmaktadır. Aynı çizgisellik SRTM biçimli Sayısal Arazi Modeli üzerinde de gözlenebilmektedir. Bu bulgunun bindirme faylarının geometrisinin üçüncü boyutta listrik bir fay olabileceği ve bu geometri sonucun da deprem odaklarının bindirme yönünün tersi yönde fay çizgisinden uzakta yüzeye izdüşümleriyle ilgili olabileceği düşünülmektedir. Sivas il merkezi ve yakın çevresinde Çimento Fabrikası doğusundaki Geç Kuvaterner yaşlı teras çökellerindeki kum ocakları içerisinde gelişen faylanmaların varlığı (Gürsoy ve diğerleri, 1992), Sivas Geri Bindirmesi'nin aktif bir fay olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar İncesu Formasyonu içerisinde elde edilen küçük fayların kinematik çözümlerinden, eklem sistemlerinden ve Sıcak Çermik, Sarıkaya ve Delikkaya traverten alanlarında bulunan çatlak sistemlerinden elde edilen sonuçlarla uyumluluk göstermektedir. Havzada gelişen neotektonik yapıların sıkışma-genişleme türü neotektonik rejim altındaki Sivas Geri Bindirmesinin aktivitesinden kaynaklanan KB-GD yönlü sıkışma ve KD-GB yönlü bir açılma tektoniği denetiminde geliştiğini göstermektedir.

İkinci modelde ise; Sivas il sınırları içerisinde yer alan traverten alanlarının diziliminin oluşturduğu çizgisellik, Sıcak Çermik'te bulunan açılma çatlaklarının geometrisinin -mikro düzeydeki tüy çatlaklarına benzer şekilde- makaslama kuşaklarında gelişen "S" tipi geometriye benzemesi, Kalın ve Yıldız Irmaklarının yataklarındaki dirsek oluşumları, KD-GB doğrultulu bir sol yanıl makaslama sisteminin denetiminde gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir. Ancak KD-GB doğrultuda Sıcak Çermik ve nehirlerdeki dirseklere uygun bir makaslama kuşağı çizildiğinde, makaslama vektörünün sıkışma bileşeninin KD-GB, genişleme bileşeninin ise KB-GD doğrultularda oluşmasını gerekli kılmaktadır. Bu durum, bu çalışmada gerçekleştirilen fay kinematik analizlerinden elde edilen en büyük asal gerilme ekseninin (σ_1) düşey veya düşeye yakın çıkan sonucu ile çelişmektedir. Benzer şekilde Sivas Havzası içerisinde kinematik analizler gerçekleştiren Özden (1998)'de Sivas Havzası için yaklaşık K30°B doğrultulu sıkışma buna dik yönlü açılma rejiminin etkin olduğunu saptamıştır.

Bu nedenlerle Sıcak Çermik ve diğer traverten alanlarının oluşumlarının KB-GD yönlü sıkışmanın neden olduğu tansiyon ve kesme çatlakları olabileceği tezinin olabilirliği, ikinci modele göre daha fazla ağırlık kazanmaktadır.

Özellikle 1990 sonrasında aktif tektonik ile ilgili çalışmalarda traverten alanlarının özel bir önem taşıdığı ve bu tür çalışmalarda yoğun olarak

kullanılmaya başlandığı dikkati çekmektedir. Altunel ve Hancock (1993 a, 1993b, 1996), Altunel (1994, 1996), tarafından Pamukkale (Denizli) travertenlerinin aktif tektonik rejim ile ilişkisi incelenerek, travertenlerin genişlemeli tektonik rejimden kaynaklanan aktif faylar sonucunda oluştuğu belirlenmiş ve traverten sırtlarından elde edilen sonuçlarla bölgesel genişleme oranları ortaya konulmuştur. Çakır (1999), Gediz ve Menderes grabenlerinde aktif normal fay parçalarının sıçrama yaptığı yerlerde karmaşık genişlemeli bölgelerde 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 a), Karakoçan fay kuşağındaki etkin gerilme yönleri ile traverten sırtlarının doğrultularının birbirleriyle uyumlu olduklarını belirtmekte ve aktif tektonik çalışmalarda kullanmaktadır.

Altunel ve Hancock (1993 a ve b, 1996) ve Altunel (1994, 1996) tarafından gerçekleştirilen önceki çalışmalarda da belirtildiği gibi, Pamukkale (Denizli) travertenlerinde gözlenen traverten morfolojileri ile Sivas Tersiyer Havzası'nda gözlenen traverten morfolojik olarak büyük benzerlikler taşımaktadır. Sivas Tersiyer Havzası'ndaki tektonik rejim ile Pamukkale'deki tektonik rejim birbirinden farklı olmasına karşın, sonuçta oluşan traverten tiplerinin ve üzerlerinde taşıdıkları tektonik verilerin aynı oldukları dikkati çekmektedir. Hem bu hem de Altunel tarafından travertenlerde yapılan çalışmalar, farklı tektonik rejimlere sahip bölgelerde yüzeyleyen travertenlerin tektonik açıdan değerlendirilebileceğini ve aktif tektonik çalışmalara önemli katkılar koyacağını göstermiştir.

Son olarak vurgulanması gereken en önemli hususlardan birisi de, yoğun deprem riski taşıyan 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 Sıcak Çermik dolayındaki bu traverten oluşumları, günümüzde taş ocağı olarak işletilmekte ve yüzbinlerce yılda oluşan bu doğal jeolojik miras hızla tahrip edilmektedir. Bu bölgenin bir an önce koruma altına alınması gereklidir.

11. YARARLANILAN BELGELER

- Alparslan, M., 1993, Yıldızeli Metamorfitlerinin Petrolojik incelenmesi. C.Ü. Fen Bilimleri Ens., Doktora Tezi, 359 sayfa, Sivas.**
- Altunel, E. ve 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 Quaternary travertines at Pamukkale, Western Turkey, PhD. Thesis, Bristol University, UK. (yayınlanmamış).**
- Altunel, E. Hancock, P. ve 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.**
- Ambraseys, N.N. and Finkel, C.F.,1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas. A Historical Review,1500-1800.Eren Yayıncılık Ltd. Şti, 240 sayfa, İstanbul.**
- Angelier, J., 1984, Tectonic analysis of fault slip data sets. J. Geophys. Res., 89, 5835 - 5848.**
- Angelier, J. ve Mechler, P., 1977, Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie : la méthode des dièdres droits. Bull. Soc. Géol. France, 19, 1309-1318.**
- Appello, C.A.J., Postma, D., 1996, Geochemistry, Groundwater and Pollution. Battema, Rotterdam, 536 p.**
- Aral, F., ve Söylem, B., 1991, Sıcak Çermik (Sivas) Sıcak sul Kaynaklarının Jeolojik ve Hidrojeolojik İncelenmesi. Ahmet Acar Jeoloji Sempozyumu Bildiriler Kitapçığı. Çukurova Üniversitesi, sayfa: 23-32.**

- Armijo, R. ve Cisternas, A., 1979,** Un probl me inverse en microtectonique cassante. Cr. Acad. Sci. S r. D 287, 595-598.
- Arthaud, F., 1969,** Methode de d termination graphique des dir ctions de raccourcissement, d'allongement et interm diare d'une population de failles. Bull. G ol. Soc. France, 11, 729-737.
- Atalay, Z., 1993,** Sivas'ın batısı ve güneybatısındaki karasal neojen  okellerinin stratigrafisi ve  okel ortamları. C. . Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 203 Sayfa (Yayımlanmamış).
- Atiker, M., 1992,** Sivas Sıcak  ermik Yöresinin Jeomorfolojisi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, ((Doktora Tezi), 35 sayfa (yayınlanmamış)), İstanbul.
- Ayaz, M.E. ve Gökçe, A., 1998,** Sivas batısındaki Sıcak  ermik, Sarıkaya ve Uyuz  ermik traverten yataklarının jeolojisi ve oluşunu. Cumhuriyet Univ., Mühendislik Fak. Dergisi, Seri A: Yerbilimleri, Sivas, 15/1,1-12s.
- Ayaz, M.E., 1998,** Sıcak  ermik (Yıldızeli-Sivas) yöresindeki traverten sahalarının jeolojisi ve travertenlerin endüstriyel  zellikleri, Cumhuriyet Universitesi ((Doktora tezi), 157 s., yayınlanmamış).
- Ayaz, M.E. ve Karacan, E., 2000,** Sivas batısındaki traverten oluşumlarının yapı ve yüzey kaplama taşı olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. Jeo. Müh. Derg., 24/1, 87 - 99.
- Aydoğan, S. ve Diğ., 1990,** Sıcak  ermik (Sivas-Yıldızeli) yöresi Gravite-Manyetik ve jeoelektrik etüdü. MTA Rap no :339. (yayımlanmamış).
- 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*.
- Bates, R.L., and Jackson, J.A., 1980,** Glossary of Geology (Second Edition). American Geological Institute Falls Church, Virginia.

- Baykal, F. ve Erentöz, C., 1966, 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas): MTA Yayını, 116s.,Ankara.**
- Bencini, A., Duchi, V. and Martini, M., 1977, Geochemistry of thermal springs of Tuscany (Italy), *Chem. Geol.*, 19, 229-252.**
- Bilgiç, T., 2002, 1:500.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas), MTA Yayını, Ankara.**
- Bingöl, E., 1989, 1:2.000.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası (Sivas), MTA Yayını, Ankara.**
- Bles, J.L., and Feuga, B., 1986, The Fracture of Rocks, North Oxford Academic, 131 page, London, UK.**
- Bogomolov, G.V., Silin-Betchovrine, A.I.,1955, Hydrogeologie Specialisee (Özel Hidrojeoloji) (Çevirenler: K. Karacadağ, A. Şeber, M. Türkman). DSİ Genel Md. yayını, Ankara, 265 s.**
- Bott, M. H. P., 1959. The mechanism of oblique slip faulting. *Geol. Mag.*, 96, 109-117.**
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey-a Synthesis. *Geodinamica Acta* 14 p:3-30.**
- Brinkmann, R., 1976, Geology of Turkey: Enke, Stuttgart, 158 s.**
- Buccino, S.G., D'argenio, V., Ferri, V., 1978, L' travertini della Bassa Valle del Tanagro (Campania) studio geomorphologico, sedimentologico e geochimico (with English abstract):*Boll. Coc. It.*, 97, 617-646.**
- Carey, E. ve Brunier, B., 1974, Analyse théorique et numérique d'une modèle mécanique élémentaire appliqué a l'étude d'une population des failles. *Cr. Acad. Sci., Paris*, 279D, 891-894.**
- Carey, E., 1979, Recherche des directions principales de contraintes associées au jeu d'une population de failles, *Rev. Géol. Dynam. Géog. Phys.*, 21, 57-66.**
- Carey-Guillardis, E. and Mercier, J.L., 1987, A numerical method for determining the state of stress using focal mechanisms of earthquake populations. *Earth Planet. Sci. Lett.* 82, 165-179.**
- Cater, J.M.L., Hana, S.S., Ries, A.C.and Turner, P., 1991, Tertiary Evolution of the Sivas Basin, Central Turkey. *Tectonophysics* 95, p.29-46. Amsterdam.**

- Chafetz, H. S. ve Butler, J. C., 1980,** Petrology of recent caliche pisolites, spherulites, and speleothem deposits from central Texas, *Sedimentology*, 27,497-518.
- Chafetz, H.S., Folk, R.L., 1984,** Travertines: depositional morphology and the bacterially constructed constituents. *J. Sedim. Petrol.*, 54, 289-316.
- Çakır, Z., 1996,** Tectonic Significance of Quaternary Travertine Deposits in the Gediz and Menderes Grabens. Western Turkey. M.Sc. thesis, University of Bristol.
- Çakır, Z., 1998,** Along-strike discontinuity of active normal faults and its influence on Quaternary travertine deposition: examples from Western Turkey, *Tr. J. of Earth Sciences*, 8, 67-80.
- 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.
- Çubuk, Y., 1994,** Boğazören (İmranlı) ve Karayün (Hafik) Yörelerinde (Sivas Doğusu) Yüzeyleyen Miyosen Yaşlı Birimlerin Tektonostratigrafisi. C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 125 Sayfa (Yayımlanmamış).
- Davis, G.H., 1993,** Basic Science Planning in "Active Tectonics." *EOS: Transactions, American Geophysical Union*, 74 (43): 59.
- Dirik, K. And Göncüoğlu, M.C., 1996,** Neotectonic Characteristics of Central Anotolia, *International Geology Review*, Vol: 38 Number: 9 pages:807-817.
- Drever, J.I., 1996,** *The Geochemistry of Natural Waters* (3rd ed.) Prentice Hall, New Jersey, 436 p.
- Dunne, W. M. and Hancock, P. L., 1994,** Paleostress Analysis of Small-Scale Brittle Structures, *Continental Deformation*, pergamon Press, page101-121, U.K.
- 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 $^{226}\text{Ra}_{\text{ex}}/^{226}\text{Ra}(0)$ approach, *Quaternary Science Reviews*, Volume 20, Issue 18, Pages 1935-1953.

- Engin, B., Güven, O. and Köksal, F.,1999**, Electron spin resonance age determination of a travertine sample from the southwestern part of Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 51, Issue 6, Pages 689-699.
- Engin, B., Güven, O. and Köksal, F.,1999**, Thermoluminescence and electron spin resonance properties of some travertines from Turkey, *Applied Radiation and Isotopes*, Volume 51, Issue 6, Pages 729-746.
- Ercanlı, E., 1997**, Yavu (Yıldızeli - Sivas) Yöresinde Orta Anadolu Bindirme Kuşağının Tektonostratigrafisi ve Deformasyon Biçimi. C. Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 58 s. (Yayınlanmamış).
- Ergin, K., Güçlü, U. Ve Uz, Z., 1967**, Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, İTÜ, Maden Fakültesi Yayınları, No:24, 169 sayfa.
- Ergin, Ç., 1992**, Sıcak çermik (Sivas-Yıldızeli) yöresinin Jeolojisi ve Jeotermal Enerji Olanakları., C.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmamış.
- Erişen, B., Akkuş, I., Uygur, N. ve Koçak, A., 1996**, Türkiye Jeotermal Envanteri. M.T.A. Genel Müd. Yayını. 168 s.
- Etchecopar, A., 1981**, An inverse problem in microtectonics for determination of stress tensors from fault striation analysis. *J. Struc. Geol.*, 3, 51-65.
- 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. ve 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. ve 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. ve Pedley, M. H., 1992**, Tufa deposits of the world, *J. speleol. Soc. Japan*, 17, 46-63. 65
- Gonfiantini, R., Panichi, C. ve Tangiorgi, E., 1968**, Isotopic disequilibrium in travertine deposition, *Earth Plan. Sci. Lett.*, 5, 55-58.

- Gökten (1993)**, Yıldızeli (Sivas) Güneyinde Akdağ Metamorfitleri ve Örtü Kayalarının Stratigrafisi ve Tektoniği. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C.36, s.83-93, Ankara.
- Gökten, E. 1978**, Yassıpınar (Şarkışla) Olistostromu. T.J.K. Bült. 21, 153-158, Ankara.
- Görür, N., Şengör, AM.C., Akkac, R. ve Yılmaz, Y., 1983**, Pontidlerde Neo-Tetis'in Kuzey Kolunun Açılmasına ilişkin Sedimentolojik Veriler: T.J.K Bül. C.26 11 -20.
- Grün, R., 1989**, Electron spin resonance (ESR) dating, Quaternary International, Volume 1, 1989, Pages 65-109.
- Guo, L., Riding, R., 1998**, Hot-springs travertine facies and sequences, Late Pleistocene, Rapolano Terme, Italy. Sedimentology, 45, 163-180.
- Guezou, J.C., Temiz, H., Poisson, A. Ve Gürsoy, H., (1996)**, Tectonics of the Sivas Basin: The Neogene Record of the Anatolian Accretion along the Inner Tauric Suture. International Geology Review, vol.38, p.901-925.
- Gülay, A., 1972**, Sıcak Çermik Bölgesi Jeotermal Enerji Araştırmaları Rezistivite Etütleri Raporu., MTA Raporu, Rapor No:5114, Ankara.
- Gündüz, M., ve Polat, N., 1997**, Sivas Sıcak Çermik Kaplıcası MTA3 ve MTA4 Sıcak Su Sondajları Kuyu Bitirme Logları., MTA Raporu, Rapor No:10324, Ankara.
- Gürsoy, H., Temiz, H., ve Poisson, A. M. 1992**, Sivas Yöresindeki Güncel Faylanma (Sivas Havzası, İç Anadolu - Türkiye). Cumhuriyet Üniversitesi Müh. Fak. Dergisi. Seri, A-Yerbilimleri, C.9., Sayı.1. s.11-18 Sivas.
- Gürsoy, H., Piper, J. D. A, Tatar, O. and Temiz, H., 1997**, A palaeomagnetic study of the Sivas Basin, central Turkey: Crustal deformation during Lateral extrusion of the Anatolian Block. Tectonophysics, Vol: 271, No: 1-2, p.89-105.
- Gürsoy H., Mesci L., Piper J.D.A. & Tatar O.,2004** Palaeomagnetic and rock magnetic studies of layered and fissure fill travertine: a signature of geomagnetic palaeosecular variation, earthquake activity, and environmental change 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology Thessaloniki, Greece, 14-20 April 2004.

- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Çakir, Z., 1999,** Travitronics: 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. ve Sass, E., 1989,** Travertines in the northern Hulla Valley, Israel. *Sedimentology*, 36,95-108.
- Hem, J. D., 1985,** Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA, 263 p.
- Herlinger, D.L.,1981,** Petrology of the Fall Creek Travertines, Bonneville County, Idaho. Unpublished M.Sc. Thesis. Univ. Houston, Texas, 172 page.
- Irion, G. & 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.). Spring-Verlag Berlin, Heideberg. pp 157-171.
- İnan, S., 1993,** Sivas Baseni Güneydoğusunun Yapısal Evrimi. C.Ü. Müh. Fak. Der. Seri-A Yerblimleri, cilt:10-11 sayı:1-1 s:13-22
- Jacobson, R. L. ve Usdowski, E., 1975,** Geochemical controls on a calcite precipitating spring, *Cont. Mineral. Petrol.*, 51, 65-74. 67
- Jones, J. C., 1925,** 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, Oklohoma, USA.
- Kaçaroğlu, F., Nacitaran, V., Değirmenci, M., Hizmetli, S., Elden, H. Ve Göker, İ., 1994,** Sivas Sıcak Çermik Termal Suyunun Hidrojeolojisi ve Gonartrozlu Olgularda Terapotik Olarak Fizik Tedavi Yöntemleri İle Karşılaştırılması. *Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu 94*, Pamukkale Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl. Denizli, Sayfa:281-296.
- Kaçaroğlu, F., 2000,** Cımhuriyet Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Merkezi Sondaj Kuyusu Öneri Raporu. C.Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl., Sivas,8 s.

- Kalkan, E., 1997, Sivas Tersiyer Havzasının Kuzey Kenarının Çırçır-Hamzaşeyh Köyleri (Sivas KB) Arasındaki Kesiminin Jeolojik özellikleri. C. Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 87sayfa (Yayınlanmamış).**
- Kangal, Ö., 2000, Sivas Havzası (Sivas-Hafik Arası) Alt Miyosen Birimlerinin Sedimentolojik İncelemesi. Ankara Üniversitesi Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 106 Sayfa (Yayımlanmamış).**
- Karabacak, V., 2002, İhlara vadisi civarındaki traverten oluşumları ve tektonik önemleri. Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 82 sayfa, yayımlanmamış.**
- Karabacak, V. ve Altunel, E., 2003, İhlara vadisi'ndeki Sırt Tipi Travertenlerin Morfolojik Özellikleri ve Kabuksal Deformasyon Açısından Önemleri, ATAG-7. Toplantısı Bildiri Özleri Kitabı, Yüzüncüyıl Üniv. Sayfa, 31.**
- Kavak, K. Ş., 1998, Savcun ve Karacaören (Ulaş-Sivas) yörelerinde Sivas Tersiyer Havzasının tektonostratigrafisi, tektonik deformasyon biçimi ve sayısal görüntü işlem yöntemleriyle incelenmesi. C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 269 Sayfa (Yayımlanmamış).**
- Keller, E.A. ve Pinter, N., 1996, Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape, Prentice Hall, Inc. 338 p.USA.**
- Ketin İ., 1966, Anadolunun tektonik birlikleri, M.T.A. Dergisi, No:66, 20-34, Ankara.**
- Kılıç, N., 1993, Soğukçermik (Sivas) Sıcak Su Kaynağı ve Civarının Hidrojeoloji İncelemesi, Cumhuriyet Üniv. Fen Bil. Enst., Yüksek Lisans Tezi, (Yayımlanmamış).**
- Koçyiğit, A., 2003a, Karakoçan Fay Zonu: Atımı, Yaşı, Etkin stres Sistemi ve Depremselliği, ATAG-7. Toplantısı Bildiri Özleri Kitabı, Yüzüncüyıl Üniv. Sayfa, 9.**
- Koçyiğit, A., 2003b, Orta Anadolu'nun Genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgözü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı: 5 , 1-26 s.**
- Koçyiğit, A., ve Beyhan, A., 1998, A new intracontinental transcurrent structure: the Central Anatolian Fault Zone, Turkey. Tectonophysics, 284, p:317-336.**
- Koçyiğit, A., ve Erol, O., 2001, A tectonic escape structure: Erciyes pull-apart basin, Kayseri, central Anatolia, Turkey. Geodinamica Acta,14, p:133-145.**

- Langmuir, D.,1997, Aqueous Environmental Geochemistry. Prentice Hall, New Jersey, 600 p.**
- 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. ve Sunny, F., 1989, Analisi strutturale dei travertini Della Toscana Meridionale (Valle Dell' Albegna), *Boll. Soc. Geol. It.*, 108, 197-205.**
- Martinson D. G., Pisias N. G., Hays J. D., Imbrie J., Moore T. C. Jr. & Shackleton N. J., 1987, Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quat. Res.* 27, 1-29.**
- Mesci, B. L.,1997, Orta Anadolu Bindirme Kuşağının Çobansaray – Karakaya (Yıldızeli KB) Arasındaki Kesiminin Jeolojik Özellikleri. C.Ü. Fen Bil. Enst. Yüksek Lisans Tezi, 96 Sayfa (Yayımlanmamış).**
- Narin, R. ve Kavuşan, G., 1994, Sivas-Kangal-Kalburçayırı Linyit Yatağının Jeolojisi. C.Ü. Müh. Fak. Derg. Seri A-Yerblimleri, Cilt:10-11, Sayı:1-1, sayfa: 43-48.**
- Özcan, A, Erkan, A, Keskin, A, Keskin, E., Oral, A, Özer, S., Sümengen, M., ve Tekeli O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı - Kırşehir Masifi Arasının Temel Jeolojisi. MTA raporu, 238 sayfa, (Yayımlanmamış).**
- Özden, S., 1998, Sivas Havzası kuzeyinde İzmir-Ankara kenet kuşağının tektonostratigrafisi ve deformasyon biçimi (Sivas-KD Anadolu) C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 228 Sayfa (Yayımlanmamış).**
- Özkul, M., Varol, B. Ve Alçiçek, M. C., 2002, Denizli Travertenlerinin Petrografik Özellikleri ve Depolanma Ortamları, MTA Dergisi C..125, Sayfa 13-29.**

- Parlak, O., Delaloye, M., Demirkol, C. ve Ünlügenç, U.C., 2001, Geochemistry of Pliocene/Pleistocene volcanics along the Central Anatolian Fault Zone (CAFZ). In: Neotectonics, Seismicity and Earthquakes in Turkey (edited by Bozkurt, E.), Geodinamica Acta, 14, p. 159-167.**
- Park, R. G., 1989, Foundations of Structural Geology (2nd edition), Blackie Academic & Professional, 148 page, UK.**
- 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.**
- Pegoraro, O., 1972, Application de la microtectonique a une étude de néotectonique sur le golfe maliaque (Géce centrale): Thèse de 3 cycle, Montpellier.**
- Pentocost, A., 1990, The formation of travertine shrubs: Mammoth Hot Springs, Wyoming, *Geological Magazine*, 127, 159-168.**
- Pentecost, A., 1993, British travertines: a review. *Proceedings of the Geologists Association*, 104, 23-39.**
- Plummer, L.N., Jones, B.F., Truesdell, A.H., 1984, WATEQF: a Fortran IV version of WATERQ-a computer Program for Calculating Chemical Equilibrium in Natural Waters. US. Geol. Surv. Water Resour. Invest. Paper 13-76, reston, USA.**
- Poisson, A, Guezou, J.C., Öztürk, A, İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.Ş. and Özden, S., 1996, Tectonic Setting and Evolution of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *International Geology Review*, Vol. 38, p. 838-853.**
- Price, N. J., 1966, Fault and Joint Development in Brittle and Semi-Brittle Rock, Pergamon, New York, 176 s.**
- Rink, W. J., Schwarcz, H. P., Lee, H. K., Valdés, V. C., Quirós, F. B. and Hoyos, M., 1997, ESR dating of Mousterian levels at El Castillo Cave, Cantabria, Spain, *Journal of Archaeological Science*, Volume 24, Issue 7, Pages 593-600 .**
- 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.**
- Semghouli, S., Choukri, A., Cherkaoui El Moursli, R., Jahjouh, E., Chouak, A., Ben Mohammadi, A., Latiris, M., Reyss J. -L. and Plaziat J. L., 2001, Th/U dating of marine and continental mollusk shell, and travertine samples in Quaternary deposits in Morocco, Radiation Physics and Chemistry, Volume 61, Issues 3-6, Pages 697-699.**
- Slemmons, D. B. and DePolo, C.M.,1986, Evaluation of Active Faulting and Associated hazards. In active Tectonics. National Academy Press: Washington, D.C.**
- 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.**
- Sümengen, M., Terlemez, İ., Tayfun, B., Gürbüz, M., Ünay, E., Ozaner, S. Ve Tüfekçi, K., 1987, Şarkışla-Gemerek Dolayı Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Jeomorfolojisi, MTA Derleme Raporu no. 8118, 241s., Ankara (yayınlanmamış).**
- Şaroğlu, F., Emre, Ö, Boray, A., 1987, Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremsellikleri: MTA Rapor No:8174, 394s.**
- Şengör, A.M.C., 1980, Türkiye'nin Neotektoniğinin 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.**

- Tatar, Y., 1977,** Ofiyolitli Çamlıbel (Yıldızeli) Bölgesinin Stratigrafisi ve Petrografisi. MTA Dergisi, 88, s. 56 - 72. Ankara.
- Tatar, Y., 1982,** Yıldızeli (Sivas) kuzeyinde Çamlıbel dağlarının tektonik yapısı, Karadeniz Üniversitesi Yerbilimleri Derg., C.2, s.1-2, 1-20, Trabzon.
- Tatar, Y., 1983,** Yıldızeli Subaşı Köyü Yöresinde Tektonik incelemeler. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni s.4, . 3 - 15. Ankara.
- Tatar, O., Temiz, H., Gürsoy, H., Guezou, J.G., 2004,** Orta ve Kuzey Anadolu Miyosen-Kuvaterner Volkanizması Işığında Avrasya-Anadolu Levhalarının Çarpışması. TÜBİTAK YDABÇAĞ 198Y092 nolu Proje, 55 sayfa, Ankara.
- Tekin, E., Kayabalı, K., Ayyıldız, T. ve İleri, Ö., 2000,** Evidence of micvobiologic activity in modern travertines: Sıcak Çermik geothermal field, central Turkey. Carbonates& Evaporites, 15/1, 19 -27.
- Tekin, E., Ayyıldız, T., 2001,** Sıcak Çermik jeotermal alanındaki (Sivas KB,Türkiye) Güncel Traverten çökellerinin Petrografik özellikleri. TJK Bülteni C.44, S.1, Sayfa1-13.
- Temiz, H., 1994,** Sivas Tersiyer havzasının Kemah (Erzincan) ve Hafik (Sivas) yörelerindeki tektonostratigrafisi ve tektonik deformasyon biçimi. C.Ü. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi, 239 Sayfa (Yayımlanmamış).
- Temiz, H., 1996,** Tectonostratigraphy and Thrust Tectonics of the Central and Eastern Parts of the Sivas Tertiary Basin, Turkey. International Geology Review, Vol.38,p.957-971.
- TSKB (Türkiye Stratigrafi Komitesi Bülteni), 1987,** Sayı: 1, 15 s. Ankara.
- Ünay,E., Bruijn, H.de & Saraç, G., 2003,** A preliminary zonation of the continental Neogene of Anatolia: a review. Deinsia 10, 531-538.
- Vergely, P., Sassi, W. ve Carey-Gailhardis, E., 1987.** Analyse graphique des failles a l'aide de focalisations de stries. Bull. Soc. Géol., 2, 395-402.
- Wallace, R. E., 1958,** Geometry of shearing stress and relation to faulting. J. Geol. 59, 118.
- Weed, W. H., 1887,** Formation of travertine and siliceous sinter by the vegetation of hot springs, U. S. Geol. Surv., Ninth Annual Report.
- Yılmaz, A., 1980,** Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitlerin Kökeni, İç Yapısı ve Diğer Birimlerle ilişkisi, A.Ü., Fen Fak., Jeoloji Kürsüsü. Doktora Tezi, 136 sayfa (yayımlanmamış).

- Yılmaz, A. 1981,** Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitli Karışığın iç Yapısı ve Yerleşme Yaşı. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni C. 24, s. 31 - 38. Ankara.
- Yılmaz, A. 1984,** Tokat (Dumanlıdağ) ile Sivas (Çeltekdağı) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu. MTA Dergisi, 99 - 100, 1 - 18. Ankara.
- Yılmaz, A., 1994,** Çarpışma Sonrası Bir Çanak örneği: Sivas Havzası, Türkiye. Türkiye 10. Petrol Kongresi, 21 - 33. Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş., Ağan, A., Göç D., ve Aydın, N., 1997,** 1/100.000 Ölçekli Açınısama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Sivas-F23 Paftası. MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi, No:47,Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, Ş, Bedi, Y., Yusufoglu, H., Havzoğlu, T., Ağan, A., Gaf, D., ve Aydın, N., 1995,** Akdağ Masifi ve Dolayının Jeolojisi. MTA Dergisi 117, 125 - 138. Ankara.
- Yılmaz, A. ve Özer, S., 1984,** Kuzey Anadolu Bindirme Kuşağı' nın Akdağmadeni (Yozgat) ile Karaçayır (Sivas) Arasındaki Bölümünün Temel Jeoloji incelemesi ve Tersiyer Havzasının Yapısal Evrimi, 0Türkiye Jeoloji Kurumu Yayını, Ketin Simpozyumu, 163 - 174. Ankara.
- Yılmaz ve Sungurlu 1991,** Turkish Sedimentary Basins: Tectonic Farmework & Hydrocarbon Potential. Ozan Sungurlu Symposium Proceedingsi p. 29-46 Ankara.
- Yılmaz, A., Uysal, S, Bedi, Y., Yusufoglu, H., Havzoğlu, T., Ağan, A., Gaç, D.,ve Aydın, N., 1995,** Akdağ Masifi ve Dolayının Jeolojisi. MTA Dergisi 117,125 - 138. Ankara.

12. ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Sivas'ta doğdu. İlk ve Orta öğrenimini İmranlı (Sivas), Hafik (Sivas), ve Sivas'ta tamamladı. 1994 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü bitirdi. Aralık 1994'te aynı bölümde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Bu görevine halen devam etmektedir.

1998 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında "*Orta Anadolu Bindirme Kuşağının Çobansaray-Karakaya (Yıldızeli KB) Arasındaki Kesiminin Stratigrafik ve Tektonik Özellikleri*" adlı yüksek lisans tez çalışmasını bitirdi.

Evli, Başak İrem adında kız ve Eren adında bir erkek çocuk babasıdır.

