

IHLARA VADİSİ (ORTA ANADOLU) TRAVERTENLERİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ ve KABUKSAL DEFORMASYON AÇISINDAN ÖNEMLERİ

Volkan KARABACAK

ÖZET : Orta Anadolu'da, Ihlara Vadisi çevresinde yaygın traverten kütleleri görülmektedir. Bu bölge, aktivitesini Holosen'de sürdürmüş önemli volkanik çıkış merkezleri ve bunların volkanoklastik ürünleriyle çevrilidir. Aktif ve aktif olmayan traverten kütleleri bölgedeki volkanoklastik kayalarda gelişmiş kırıklar boyunca yükselen sıcak sular tarafından çökeltilmektedir. İnceleme alanı içerisindeki travertenler morfolojilerine göre çatlak sırtı tipi travertenler, aşınmış traverten tabakaları ve teras tipi travertenler olarak 3 farklı tipe ayrılmaktadır. Bu kütlelerden çatlak sırtı tipi travertenler daha önceki çalışmalarda aktif faylarla ilişkileri kanıtlanmış travertenlerle benzer özellikler sunmalarına rağmen bölgede güncel faylanmaya ait hiçbir arazi verisi bulunmamaktadır. İnceleme alanında sırt tipi travertenlerin merkezi çatlakları ve volkanoklastik kayalardaki kırık sistemlerinin analizi, bu yapıların farklı ve dönemsel gerilim alanları içerisinde oluştuğunu ortaya koymaktadır. Bu gözlem ve bulgular, çalışma alanında kırık sistemleri ile ilişkili traverten çökelişiminin yakın civardaki genç volkanizmayla ilintili kabuksal deformasyonla kontrol edildiğini göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELEER : Traverten, çatlak, volkanizma, kabuksal deformasyon.

GENERAL PROPERTIES OF IHLARA VALLEY (CENTRAL ANATOLIA) TRAVERTINES AND THEIR IMPLICATIONS ON CRUSTAL DEFORMATION

ABSTRACT : There are widely depositing travertine masses around the Ihlara Valley in the Central Anatolia. This region is surrounded by volcanoes and their products which have erupted in Holocene. Active and inactive travertines are deposited by hotwaters which rise up through deep-penetrated fissures in volcanoclastics. Morphological classification of the Ihlara Valley travertines reveals that there are three types: fissure-ridge travertines, eroded-sheet travertines and terraced-mound travertines. Although fissure-ridge travertines exhibit common properties with the other masses which are previously studied in active fault-related regions, there is no field evidence for recent faulting in the study area. Analyses of both central fissures of ridges and joints in the underlying tuffs showed that they were developed in different and periodical stress fields. It is concluded that travertine deposition related joint systems in the study area is controlled by crustal deformation of young volcanism in the vicinity.

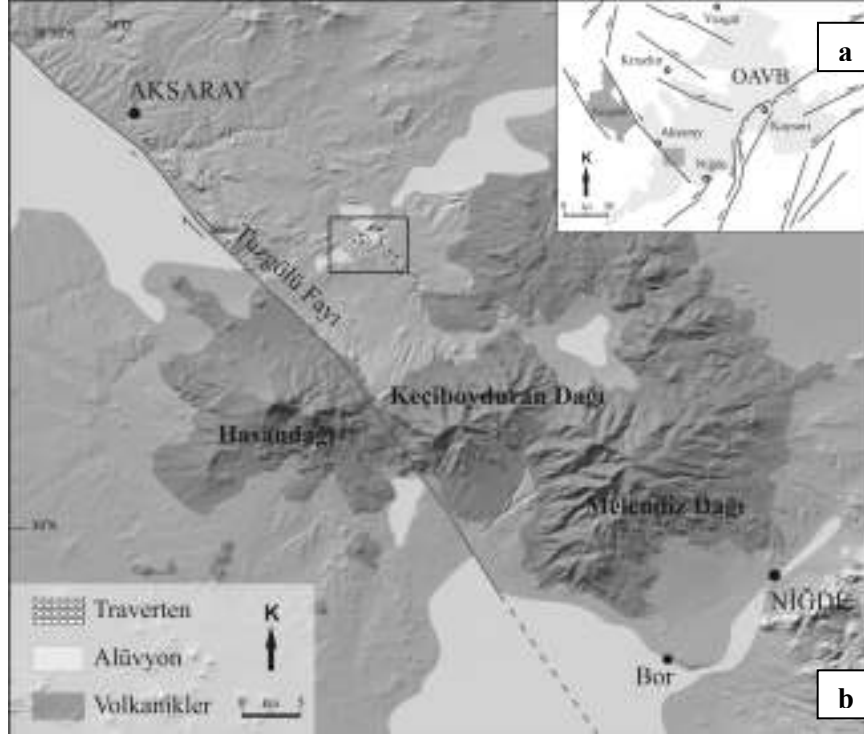
KEYWORDS : Travertine, fissure, volcanism, crustal deformation.

I. GİRİŞ

Traverten, kaynak veya süzülen sulardan çökelen sert ve kompakt bir çeşit kireçtaşıdır [1]. Travertenler yeryüzünde sınırlı alanlar kaplamalarına rağmen, genellikle yeraltı sularının yüzeye ulaşmasını sağlayan kırık ve çatlaklar civarında çökeldiklerinden, aktif tektonik yapılar hakkında önemli bilgiler vermektedir. Travertenler 1970'li yıllardan bu yana aktif tektonik çalışmalarda kullanılmış [2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18] ve yakın civarındaki tektonik yapılarla ilişkileri ortaya konulmuştur. Örneğin, Altunel ve Hancock (1993a ve b), Altunel (1994), Hancock ve diğ. (1999) tarafından Denizli Havzası'nda yer alan travertenler incelenmiş ve bu kütlelerin aktif normal faylarla olan ilişkileri ortaya konulmuştur. Çakır (1998), Batı Anadolu'da yaptığı gözlemlerde travertenlerin aktif fayların sıçrama yaptığı ve sonlandığı bölgelerde gelişen ikincil yapılar boyunca çökeldiğini ileri sürmektedir. Brogi (2004), Kuzey Apeninler'de (İtalya) yaptığı çalışmalarla bu kayaçların normal faylar ile açılma bileşenli doğrultu atımlı fayların kesişme noktalarında çökeldiğini ortaya koymuştur. Mesci (2004) ve Anna ve diğ. (2004) ise sırasıyla Sivas ve Itaboria (Güneydoğu Brezilya) Havzası'nda makaslama zonlarının traverten oluşumlarına etkisine dikkat çekmişlerdir. Daha önce yapılan tüm bu çalışmalar, traverten kütlelerinin oluşum ve gelişimlerinin, buldukları bölgenin tektonik yapılarıyla yakından ilişkili olduğunu ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır.

Orta Anadolu'da, Ihlara Vadisi çevresinde de traverten kütleleri görülmektedir. Bu bölge, aktivitesini Holosen'de de sürdürmüş önemli volkanik çıkış merkezleriyle çevrilidir [19-20] (Şekil 1). Bu merkezlerden kaynaklanan volkanoklastik kayaçlar bölgede geniş yayılıma sahiptir (Şekil 1). Traverten kütleleri bu kayaçlarda iyi gelişmiş ve derinlere nüfuz eden kırıkları kullanarak yüzeye ulaşan sıcak sular tarafından çökeltilmektedir. Bölgede gözlenen travertenlerin morfolojileri, daha önceki çalışmalarda aktif faylarla ilişkileri kanıtlanmış travertenlerle benzer özellikler sunmaktadır. Bununla birlikte bölgede aktif bir faya ait yeterli arazi verisi bulunmamaktadır. Bu çalışmada, bölgede güncel olarak çökelişi devam eden traverten kütlelerinin genel özellikleri incelenmiş ve bölgedeki yapısal unsurlarla ilişkisi yorumlanmaya

çalışılmıştır. Böylece bu traverten kütlelerinin bölgedeki volkanik aktiviteye bağlı kabuksal deformasyonla ilişkili olduğu ortaya konulmuştur.



Şekil 1. a. İnceleme alanının Orta Anadolu Volkanik Bölgesi içerisindeki genel konumu ([21-22]'den yararlanılarak yeniden çizilmiştir).
b. İnceleme alanı çevresindeki volkanik çıkış merkezleri ([21]'den değiştirilerek yeniden çizilmiştir).

II. TEKTONİK VE JEOLJİK KONUM

İnceleme alanı Orta Anadolu'da, KB-GD uzanımlı Tuzgözü Fayı doğusunda uzun eksenini KD-GB doğrultusunda uzanan Orta Anadolu Volkanik Bölgesi (OAVB) [23] içerisinde yer almaktadır (Şekil 1a). Bu bölge, Anadolu Bloğu'nun K-G yönlü sıkışma etkisiyle batıya kaçışını sağlayan Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu doğrultu atımlı fay sistemlerinin etkisindedir [24]. Bölgede sıkışma-genişleme türü bu neotektonik rejim Pliyosen sonrasında başlamıştır ve

doğrultu atımlı faylarla karakterizedir [24]. Orta Anadolu'daki volkanik aktivite de bu rejimde gelişen çek-ayır havzalar üzerinde oluşmuştur [24-25-26].

Çalışma alanı yakın civarında Hasandağı, Melendiz Dağı ve Keçiboyduran Dağı gibi çok sayıda volkanik çıkış merkezi bulunmaktadır (Şekil 1b). Bu volkanlardan kaynaklanan volkanoklastik malzeme bölgeyi geniş bir örtü şeklinde kaplamaktadır. Yataya yakın çökelmiş volkanoklastik kayalar içinde Melendiz Çayı, dik yamaçlı Ihlara Vadisi'ni şekillendirmektedir. Daha önce yapılmış çalışmalarda [27-28] bu vadinin bölgedeki Keçiboyduran ve Melendiz Dağı çıkış merkezlerinin doğrultusu boyunca Tuzgölü Fayı'na paralel olarak uzanan ve OAVB'nin genç püskürükleri altında gömülü kalan bir fay üzerinde geliştiği ileri sürülmektedir. Erol (1969) ve Toprak ve Göncüoğlu (1993)'e göre bölgedeki traverten oluşumları, bu faylanmayla ilişkilidir. Bir grup araştırmacı ise bölgede travertenleri çökeltten suların Ziga Hamamı yerleşimindeki (Şekil 2) eğim atımlı bir fay ile [29-30-31] ya da derinlerdeki bir graben veya kaldera ile [32] ilişkili olduğunu söylemektedir. Aktif traverten oluşumunun günümüzde de devam ettiği çalışma alanında, traverten kütlelerinin varlığı dışında faylanmaya ait hiçbir arazi verisi (fay aynası, fay breşi, ötelenme gibi) gözlenmemiştir.

İncelenen alandaki en yaşlı temel kayac birimi bol kırıklı mermerlerden oluşan Mesozoyik öncesi yaşlı Bozçaldağ formasyonudur [33-34]. Göçmez ve Güzel (1994)'e göre bölgede traverten oluşturan sıcak sular meteorik kökenlidir. Bozçaldağ formasyonu bu sulara akifer oluşturmaktadır. Değişik volkanik evrelere ait yanal ve düşey fasiyes değişimleri gösteren volkanoklastik birimler genel olarak Pliyosen yaşlıdır [35]. Bu volkanoklastik kayalar farklı çıkış merkezlerinden kaynaklanan tuf ve ignimbritlerden oluşmakta ve temel kayaları bir örtü gibi kaplamaktadır. Bölgede, tabakalı olduğu gibi kırık ve çatlak dolgusu olarak da gözlenen travertenler kütleleri ise en genç güncel oluşumlardır (Şekil 2).

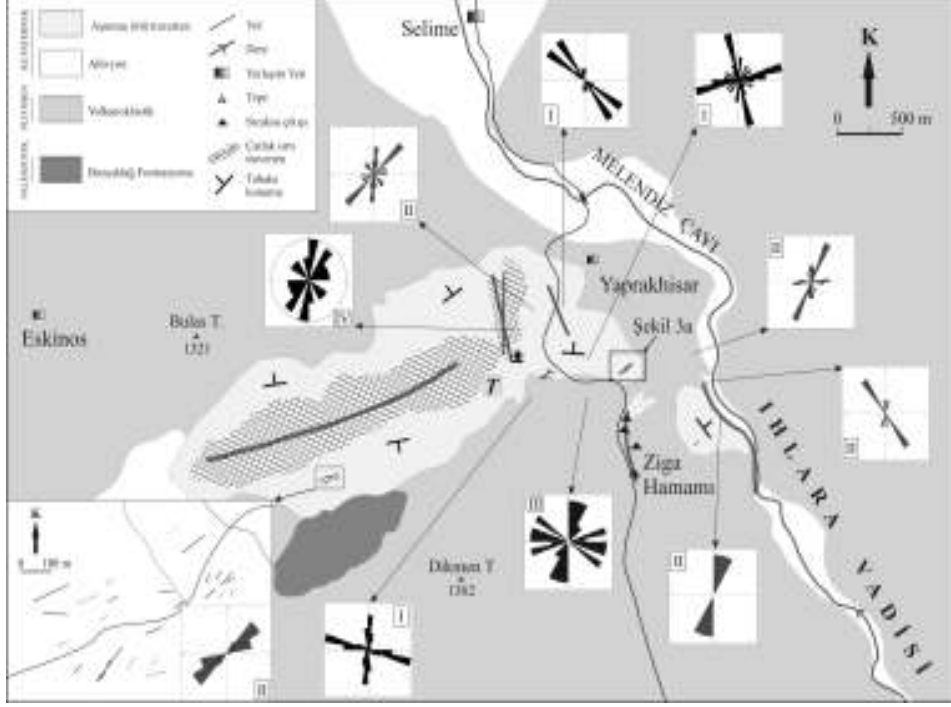
III. TRAVERTEN MORFOLOJİLERİ VE KIRIK SİSTEMLERİ

III.1. Traverten Morfolojileri

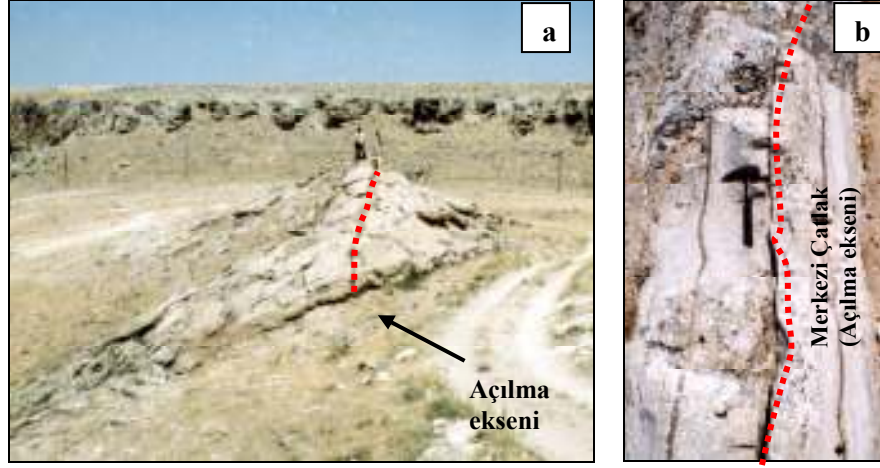
Bol kırıklı ve çatlaklı mermerlerden oluşan Bozçaldağ formasyonu içerisinde, bölgedeki genç volkanizmaya bağlı ısınan sular, geniş alanlara yayılan kırıklar boyunca yüzeye ulaşmakta ve traverten çökeltmektedir. Morfolojileri göz önüne alındığında bu traverten kütleleri çatlak sırtı, aşınmış örtü ve teras olmak üzere 3 farklı tipte sınıflandırılabilir. Çatlak sırtı traverten kütleleri volkanoklastik kayaları kesen kırıklar boyunca yüzeyde çökeltmektedir. Aşınmış örtü tipi travertenler ise mevcut görünümü ile kaynağı belli olmayan, aşınmış tabakalı travertenlerden oluşmakta ve Yaprakhisar Köyü'nün güneybatısında geniş alanlar kaplamaktadır (Şekil 2). Teras tipi traverten kütleleri ise karbonatlı suyun yamaç aşağı akışında önüne çıkan engeller üzerine çökmesiyle oluşmakta ve bölgede dar bir alanda görülmektedir (Şekil 2'de "T" harfi ile gösterilen alan). Aşınmış örtü ve teras tipi travertenler günümüzde aktif olmayıp, yapısal elemanlarla doğrudan bir ilişkisi gözlenmemektedir. Aktif olarak çökelmeye devam eden çatlak sırtı traverten kütleleri ise üzerinde çökeldikleri yapısal elemanlar hakkında önemli bilgiler sunmaktadır.

Morfolojileri iyi korunmuş aktif ve aktif olmayan sırt tipi traverten kütlelerinin uzun eksenleri boyunca bantlı traverten içeren merkezi çatlaklar ve bu çatlakların her iki yanında dışa eğimli tabakalı travertenler bulunmaktadır (Şekil 3a). Traverten biriktiren suyun yüzeye çıkmasını sağlayan bu merkezi çatlakların içinde sert, sıkı dokulu ve ince kristalli bantlı travertenler gelişirken (Şekil 3b), suyun yüzeyde akması sonucu daha gözenekli ve bol miktarda organik malzeme içeren tabakalı travertenler çökeltmektedir (Şekil 3a). Sırt tipi travertenlerde gözlenen en önemli yapılar merkezi çatlaklardır. Çalışma alanında genişlikleri 1-2 cm ile 350 cm arasında değişen bantlı travertenler bu kırıkları kullanan sular tarafından, çatlak duvarlarına paralel olarak çökeltilmektedir. Su çıkışı halen devam eden sırtlarda yüzeyde bantlı traverten gözlenemezken, aktif olmayan traverten sırtlarının merkezlerinde 5 cm ile 350 cm arasında değişen bantlı travertenler yüzeyde görülebilmektedir. Merkezi çatlaklarda yer alan bantlı travertenlerin merkezleri hemen hemen bütün sırtlarda belirgindir ve traverten

sırtlarında merkezleri boyunca herhangi bir açıklık görülmemektedir. Bunun dışında bölgedeki ana kayalarda çatlak dolgusu olarak gözlenen ve tabakalı travertenleri muhtemelen aşınmış olan çok sayıda bantlı travertenlerin genişliği 1-2 cm ile 6 metre arasında değişmektedir. Bu bantlı travertenlerde ayrıntılı olarak incelendiğinde merkezleri boyunca herhangi bir açıklık görülmemektedir.



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası ve bölgede ölçülen kırık sistemlerine ait gül diyagramları. “I. Grup” gül diyagramları tüflerdeki dolgusuz çatlaklara, “II. Grup” gül diyagramları tüflerdeki bantlı traverten dolgulu çatlaklara, “III. Grup” gül diyagramları ignimbiritlerdeki dolgusuz çatlaklara, “IV. Grup” gül diyagramları ise aşınmış traverten tabakalarında gözlenen çatlaklara ait ölçümleri göstermektedir.



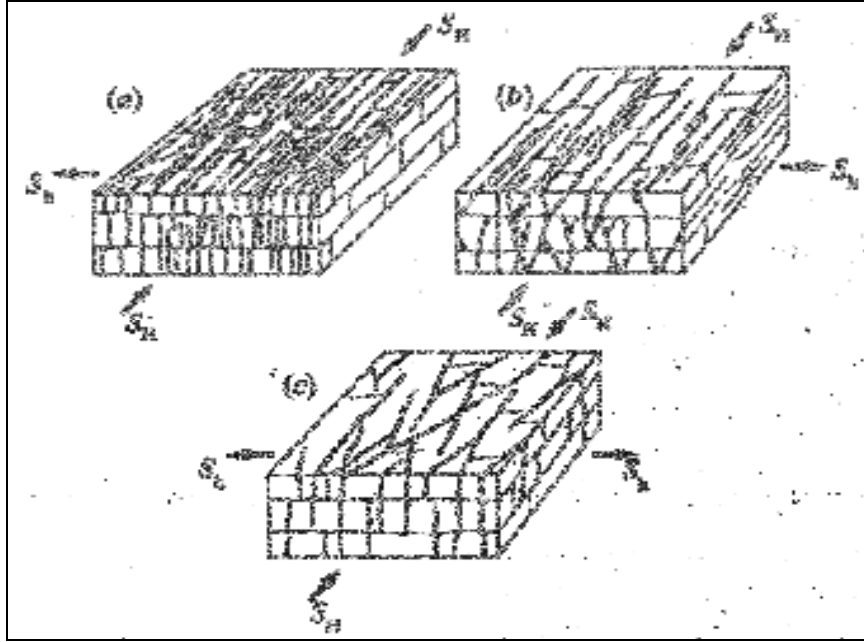
Şekil 3. a. Ziga hamamının 500 m kuzeyinde iyi korunmuş bir sırt tipi traverten morfolojisi (Bakış yönü doğuya doğrudur). Traverten kütlelerinin uzun eksenini boyunca merkezi çatlak ve bu çatlakın her iki yanında dışa eğimli tabakalı travertenler bulunmaktadır. **b.** Merkezi çatlakın duvarlarında simetrik olarak bantlı travertenler çökeltmektedir (Yaprakhisar Köyü'nün 500 m güneybatısı).

III.2. Kırık Sistemleri

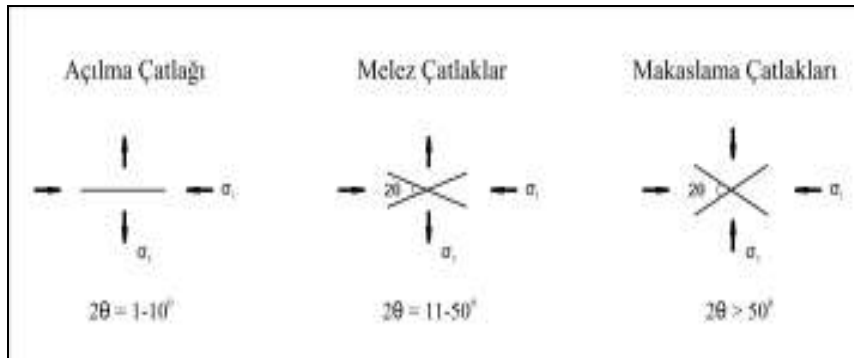
Arazide gözle görülebilecek ölçekte yanal veya düşey yönde yer değiştirmeyen tüm kırıklar çatlak olarak adlandırılmaktadır [36]. Oluşum kökenleri çeşitlilik gösterse de, geometrileri göz önüne alındığında bu yapıların gelişmesinde rol oynayan en önemli faktör, buldukları bölgede etkin olan tektonik gerilme alanlarıdır [36-37-38-39-40]. Bu da kabuksal deformasyonun anlaşılmasında çatlakları önemli bir araç olarak kullanılmasına olanak sunmaktadır.

Az çok benzer açıklık ve aralık sunan ve doğrultuları birbirine yakın olan çatlaklar sistematik çatlak olarak adlandırılmaktadır (Dunne ve Hancock 1994). Hancock (1991)'e göre asal gerilmeler etkisinde karakteristik özellikler sergileyen bu yapılar (Şekil 4) açılma, melez ve makaslama çatlakları olmak üzere üç ayrı sınıfta gruplandırılır [41] (Şekil 5). Böylece, bu sistematik çatlaklar konumsal ilişkilerine göre bölgesel gerilme yönlerinin belirlenmesine yardımcı olurlar (Şekil 4 ve 5). Bu yapılar özellikle, neotektonik dönemde çökelmiş bir stratigrafik birimi kesiyor ise neotektonik çatlaklar olarak adlandırılırlar [40] ve

o bölgede etkin olan güncel gerilme alanlarını ortaya koyarlar. İnceleme alanında farklı jeolojik birimlerde bölgesel olarak tüm kırıklar incelenmiş, bu tanımlamaya uyan tüm çatlaklar ayrıntılı grafiklerle değerlendirilmiştir.



Şekil 4. Karakteristik neotektonik çatlak sistemleri (S_H en büyük ve S_h en küçük asal gerilme yönlerini göstermektedir) [36].



Şekil 5. Farklı gerilme koşullarında oluşan çatlak tipleri (σ_1 en büyük ve σ_3 en küçük asal gerilme yönlerini göstermektedir) [41].

Şekil 2 çalışma alanındaki merkezi çatlak ve kırık sistemlerinin dağılımını göstermektedir. Aktif ve aktif olmayan çatlak sırtı traverten kütlelerinin uzun eksenleri KKB-GGD ve KD-GB doğrultularında yoğunlaşmaktadır. Volkanoklastik birimlerde bantlı traverten dolgusu olarak görülen kütleler ise yine KKB-GGD ve KD-GB doğrultularında uzanmaktadır (Şekil 2’de II. Grup). Bununla birlikte bölgede çatlak dolgusu içermeyen kırık sistemleri de, farklı kayaç birimlerinde ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Şekil 2’de I. ve III. Grup). İgnimbiritlerde yapılan ölçümler (Şekil 2’de III. Grup) değişik yönlerde yoğunlaşma olduğunu ortaya koymuştur. Tüflerde (Şekil 2’de I. ve II. Grup) ise bu kırık sistemleri genellikle KB-GD, K-G ve D-B doğrultularında yoğunlaşmaktadır. Aşınmış traverten tabakalarında alınan çatlak ölçümleri (Şekil 2’de IV. Grup) ise farklı doğrultularda yoğunlaşmalar ortaya koymaktadır. Bozcaadağ formasyonunun ise yoğun kırıklanma nedeniyle herhangi bir sistematik dağılım sunmadığı görülmektedir.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

İnceleme alanı ve çevresi Orta Anadolu’da Pliyosen sonrasında başlamış bir neotektonik sıkışma-genişleme rejiminin [24] ürünleriyle çevrilidir. Bu rejimde gelişmiş doğrultu atımlı faylar ve bunlarla ilişkili ikincil yapılar bölgenin genel yapısını şekillendirmektedir. Orta Anadolu’da yaygın olarak gözlenen mağma ve sıcak su çıkışları da bu fayların bükülme ve sıçrama bölgelerinde oluşan çek-ayır havzalarında yüzeye çıkmaktadır [24-25-26]. Çok sayıda sıcak su çıkışının gözlemlendiği inceleme alanı ve çevresi de birçok araştırmacı tarafından bu sistem içinde yorumlanmıştır. Örneğin, Akdoğan ve diğ. (2002) jeofizik yöntemler kullandıkları çalışmalarında, bölgedeki geniş jeotermal alanı derinlerdeki bir graben veya kaldera ile ilişkilendirmektedir. Erol (1969) ve Toprak ve Göncüoğlu (1993) ise Melendiz Çayı’nın OAVB genç çökelleri altında gömülü kalmış bir fay boyunca İhlara Vadisi’ni kazıdığını ileri sürmekte ve bölgede çökeli mi devam eden traverten kütlelerini bu faylanma ile ilişkilendirmektedir. Aynı bölgede aktif ve aktif olmayan traverten kütlelerinin bir arada gözlenmesi o bölgede tektonik aktivitenin yakın geçmişte de devam ettiğinin bir göstergesidir

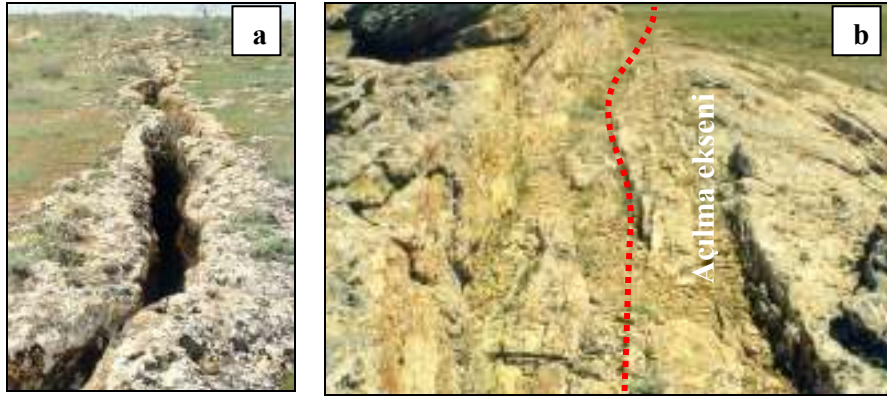
[8-13]. Dolayısıyla, bölgede aktif traverten çökeli mi ile ilişkili fay ve ikincil yapılarının aktivitesini yakın geçmişte de devam ettirmiş olması gerekmektedir. Bu da varlığı öne sürülen fayın, bölgeyi on binlerce yıl önce kaplamış volkanoklastik malzemeyi kesmesi anlamına gelmektedir. Fakat çalışma alanında travertenlerin varlığı dışında yakın geçmişte devam eden bir faylanmaya ait hiçbir arazi verisi bu çalışmada gözlenememiştir.

İnceleme alanında Pliyosen yaşlı tüf [35] ve Kuvaterner yaşlı travertenlerde gelişmiş çatlaklar neotektonik çatlak tanımına uymaktadır. Bu nedenle bölgede günümüzde etkin olan tektonik rejimin etkilerini yansıtması bakımından bu yapılar önem taşımaktadır. İnceleme alanında yapılan tüm kırık sistemi ölçümlerine ait gül diyagramları Şekil 2'de verilmiştir. Özellikle tüflerde görülen çatlaklar kendi içinde değerlendirildiğinde (Şekil 2), açılma çatlakları özelliği sunmaktadır. İgnimbirit ve aşınmış traverten tabakalarında görülen çatlaklar ise farklı doğrultularda yoğunlaşmışlardır (Şekil 2). Aynı bölgede ve birbirine yakın lokasyonlarda incelenen çatlakların farklı konumlar sunması bu çatlakların muhtemelen aynı gerilim alanı içinde değil, farklı gerilim alanları etkisinde oluştuğunu göstermektedir.

Ihlara Vadisi çevresinde gözlenen aktif ve aktif olmayan traverten oluşumlarında, morfolojilerine göre çatlak sırtı, aşınmış ve teras tipi olmak üzere 3 farklı tipte traverten ayrılmaktadır. Bunlardan çatlak sırtı tipi travertenler, üzerinde oluştukları kırık ve çatlakların gelişim mekanizması hakkında verdikleri bilgiler açısından önem taşımaktadır.

Sırt tipi travertenlerde gözlenen en önemli yapılar merkezi çatlaklardır. İnceleme alanında merkezi çatlaklar değişik kalınlıklarda bantlı travertenlerle doldurulmuştur ve merkezleri boyunca açıklık görülmemektedir. Bu durum, çatlakların traverten oluşumu sırasında açılmaya devam ettiğini ve traverten oluşumu durduktan sonra açılmanın devam etmediğini göstermektedir. Yani çatlak, üzerinde etkin olan açılma durduğunda, traverten çökeli mi ile tıkanmaktadır. Oysa traverten çökeli minin durmasından sonra açılmanın devam ettiği durumlarda, Pamukkale (Denizli) ve Sıcak Çermik (Sivas) örneklerinde

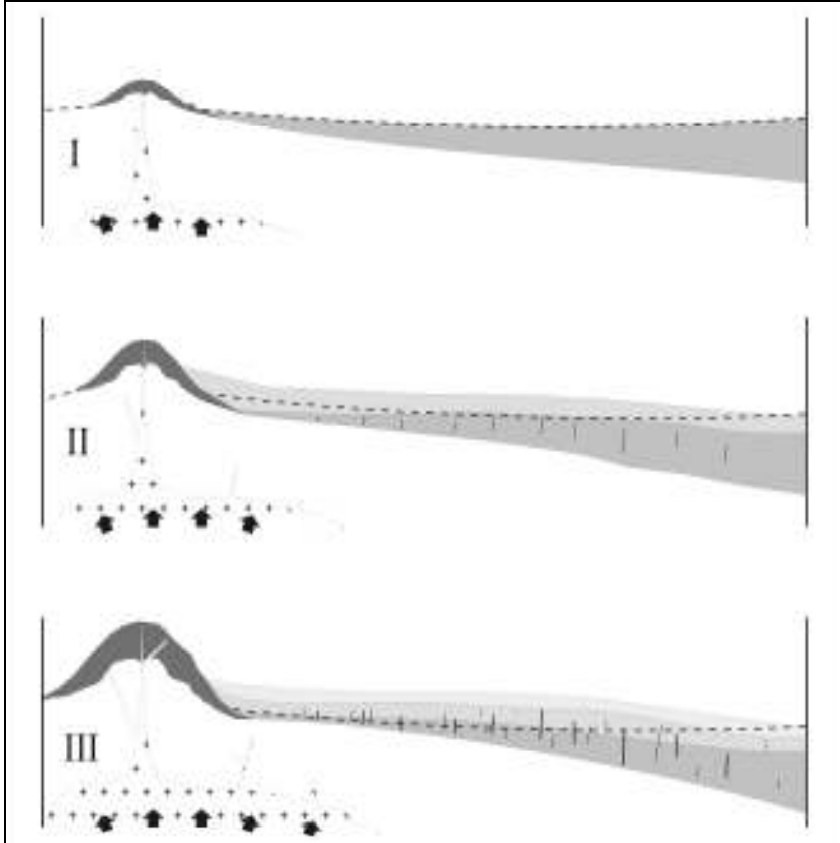
görüldüğü gibi [8-42], bantlı travertenlerin merkezi çatlaklarında açıklıklar meydana gelmektedir (Şekil 6). Dolayısıyla, çalışma alanındaki sırt tipi travertenlerdeki çatlakların günümüzde açılmaya devam etmediği söylenebilir. Günümüzde su çıkışı muhtemelen mevcut açık çatlaklar boyunca gerçekleşmekte ve çatlak açılmaya devam etmediği sürece mevcut açıklık traverten tarafından tıkanmaktadır. Bu durum, çatlakların dönemsel olarak aktif olduğu şeklinde yorumlanabilir. Oysa bölgede traverten oluşumu aktif faylanma ile ilgili olsaydı bu durumda fayın aktivitesine bağlı olarak çalışma alanındaki traverten sırtlarının da uzun eksenleri boyunca açılmaya devam etmesi gerekirdi. Bu durum, faylanma dışında bölgede traverten oluşumunu kontrol eden başka bir faktörün varlığına işaret etmektedir.



Şekil 6. a. Pamukkale (Denizli)'de günümüzde traverten çökelişi durmuş olan sırt tipi travertenlerde merkezi çatlak boyunca açılmanın devam ettiği görülmektedir [8]. **b.** Bununla birlikte inceleme alanındaki merkezi çatlaklar boyunca herhangi bir açıklık görülmemektedir (Şekil 3a'da görülen sırt tipi travertene ait merkezi çatlakın orta kesimlerinden bir görüntü.).

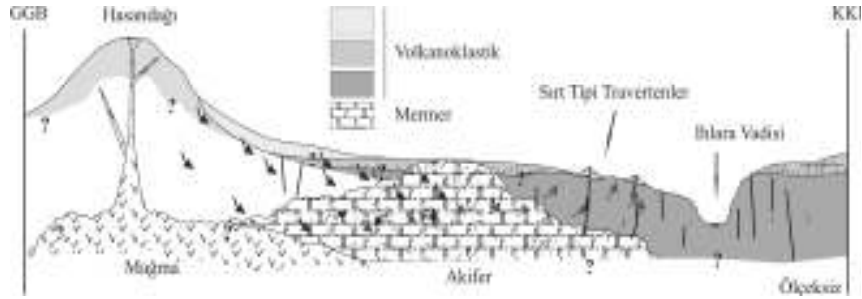
Çalışma alanı yakın civarı, aktivitesi Holosen'de devam etmiş önemli volkanik çıkış merkezleri ile çevrilidir [19-20]. Örneğin, Orta Anadolu'da yapılan arkeolojik kazılarda ortaya çıkan duvar resimleri [43], çalışma alanına 15 km uzaklıktaki Hasandağı'nın günümüzden yaklaşık 8 bin yıl öncesinde aktif bir volkan olduğunu göstermektedir. Ancak son 8 bin yıllık süre içinde bölgedeki volkanizmanın aktif olduğuna dair herhangi bir veri yoktur, yani volkan suskun

durumdadır. Bu durum ve jeolojik veriler (farklı kaynaklara ait tuf ve ignimbirit seviyeleri) bölgede farklı çıkış merkezlerinin değişik dönemlerde aktif olduğunu göstermektedir. Yakın civardaki volkanizma muhtemelen çevrede kabuğun şişmesine ve kabukta çatlamalara neden olmaktadır (Şekil 7). Her bir volkanik aktivitede, kabukta o aktiviteye bağlı olarak yönelim kazanan çatlaklar oluşacaktır. Bu da volkanik çıkış merkezleriyle çevrili çalışma alanında farklı yönlerde yoğunlaşmış ve dönemsel açılmalar gösteren kırık sistemlerinin yakın civardaki genç volkanizmayla ilişkili olabileceğini göstermektedir.



Şekil 7. Magmanın yükselmesiyle oluşan volkanik aktivite, çıkış merkezi yakın çevresindeki kabukta şişme ve çatlamalara neden olmaktadır (I'den III'e doğru zamana bağlı evrim) ([44] Şekil 15-5 ve [45] Şekil 40-II'den esinlenerek çizilmiştir).

Yakın civardaki volkanizma muhtemelen çevrede kabuğun şişmesine ve kabukta çatlamlara neden olmaktadır. Volkanizmanın aktif dönemlerinde yeni çatlaklar oluşmakta ve varolanlar daha da gelişmektedir. Bölgedeki genç volkanizmaya bağlı ısınan sular volkanoklastik kayalarda iyi gelişmiş ve derinlere nüfuz eden bu kırıkları kullanarak yüzeye ulaşmakta ve traverten çökeltmektedir. Volkanizmanın suskun olduğu dönemlerde ise çatlaklardaki açılma durmaktadır ve yeni bir volkanik aktiviteye kadar açılmanın durduğu merkezi çatlaklar travertenler tarafından tıkanmaktadır. Çalışma alanındaki travertenlerin oluşumunu açıklayan muhtemel model Şekil 8’te görülmektedir.



Şekil 8. İnceleme alanında travertenlerin oluşumunu açıklayan model.

Çalışma alanında incelenen traverten kütlelerinde gözlenen yapılar lokal yapılar değildir. Bu kütleler farklı aktif bölgelerde çalışılmış travertenlerin ortak özelliklerini sunmaktadır. Bu sonuçlar, travertenlerin diğer aktif tektonik çalışmalarda da kullanılabilmesine katkı sağlamaktadır. Fakat volkanik çıkış merkezleri yakınında bulunan farklı bölgelerde de, sıcak su çıkışları ve bunlara bağlı oluşmuş traverten kütlelerinin, buralardaki kırık sistemleri ile ilişkileri incelenmelidir. Bu bantlı travertenlerin yaşlandırılması ile elde edilecek çökelim dönemleri, buldukları bölgelerdeki tarihsel volkanik aktivite kaydı ile karşılaştırılarak olayların tarihlenmesinde destekleyici ve tamamlayıcı sonuçlar ortaya koyabilecektir.

KATKI BELİRTME

Bu makale, yazarın Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde sunulan ve Prof. Dr. Erhan Altunel danışmanlığında tamamlanan Yüksek Lisans tez çalışmasının bir bölümünü oluşturmaktadır. Yazar arazi çalışmalarında ve makalenin ilk taslağında yol gösterici katkılarından dolayı Prof. Dr. Erhan Altunel'e teşekkür eder. Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından YDABAG-101Y125 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Wyatt, A., “*Challinor's Dictionary of Geology*” (Sixth Edition). University of Wales Pres, Cardiff, 1986.
- [2] Barnes, I., Irwin, W. P. ve White, D. E., “*Global distribution of carbondioxide discharges, and major zones of seismicity*”, U. S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, Open-File Report, 78-39, 1978.
- [3] Gastil, G. ve Bertine, K., “Correlation between seismicity and the distribution of thermal and carbonate water in Southern and Baja California”, *United States and Mexico, Geology*, 14, 287-290, 1986.
- [4] Martelli, N. Dei S., Moratti, G. ve Sunny, F., “Analisi strutturale dei travertini Della Toscana Meridionale (Valle Dell' Albegna)”, *Boll. Soc. Geol. It.*, 108, 197-205, 1989.
- [5] Altunel, E. ve Hancock, P. L., “Active fissuring, faulting and travertine deposition at Pamukkale (W Turkey)”, *Neotectonics and Active Faulting, Zeitsch. Fur Geomorphologie Supp.*, Vol., 94, 285-302, 1993a.
- [6] Altunel, E. ve Hancock, P. L., “Morphological features ve tectonic setting of Quaternary travertines at Pamukkale (Western Turkey)”, *Geological Journal*, 28, 335-346, 1993b.
- [7] Altunel, E. ve Hancock, P. L., “Structural attributes of travertine-filled extensional fissures in the Pamukkale Plateau (Western Turkey)”, *Int. Geol. Review*, 38, 8, 768-777, 1996.

- [8] Altunel, E., “Active tectonics and the evolution of Quaternary travertines at Pamukkale, Western Turkey”, *Ph D. Thesis, Bristol University (unpublished)*, 236, 1994.
- [9] Altunel, E., “Pamukkale travertenlerinin morfolojik özellikleri, yaşları ve neotektonik önemleri”, *MTA Dergisi*, No 118, Ankara, 1996.
- [10] Altunel, E., “Pamukkale (Hierapolis)’de arkeologlar tarafından yanlış yorumlanan jeolojik yapılar: kendiliğinden oluşan kanal travertenler ve sırt tipi travertenler”, *TJK, Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 49, 35-40, 1997.
- [11] Altunel, E., Hancock, P. L. ve Smart, P., “Formation of fissure-ridge travertines and their neotectonic significance”, *IESCA-1995, 1995, Güllük (Muğla)*, ss.
- [12] Çakır, Z., “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, 1998.
- [13] Hancock, P. L., Chalmers, R. M. L., Altunel, E. ve Çakır, Z., “Travertines: using travertines in active fault studies”, *Journal of Structural Geology*, 21, 903-916, 1999.
- [14] Gürsoy, H., Tatar, O., Piper, J. D. A. ve Alyaroubi, M., “Güncel damar tipi traverten oluşumunda paleoseküler değişimler ve bunun deprem sıklığı ve travertenlerin büyüme hızı açısından anlamı”, *ATAG 4 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu 4. Toplantısı)*, 2000, Eskişehir, Bildiri Özleri Kitabı, ss. 43.
- [15] Koçyiğit, A., “Karakoçan Fay Zonu: atımı, yaşı, etkin stres sistemi ve depremselliği”, *ATAG-7 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı)*, 2003, Van, Bildiri Özleri Kitabı, ss. 9.
- [16] Mesci, B. L. ve Gürsoy, H., “Sıcak Çermik (Sivas) Travertenlerinin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi”, *ATAG-7 (Aktif Tektonik Araştırma Grubu 7. Toplantısı)*, 2003, Van, Makaleler Kitabı, ss. 24-38.
- [17] Gürsoy, H., Mesci, L., Piper, J.D.A. ve Tatar, O., “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, 2004, Greece, Proceedings Book V. 2, pp. 977-979.
- [18] Altunel, E. ve Karabacak, V., “Determination of horizontal extension from fissure-ridge travertines: a case study in the Denizli Basin, southwestern Turkey”, *Geodinamica Acta*, 18/3-4, 333-342, 2005.
- [19] Aydar, E. ve Gourgaud, A., “The geology of Mount Hasan stratovolcano, central Anatolia, Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85 (1-4), 129-152, 1998.
- [20] Toprak, V., “Vent distribution and its regional tectonics Cappadocian Volcanics Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 55-67, 1998.
- [21] Göncüoğlu, M. C. ve Toprak, V., “Neogene and Quaternary volcanism of Central Anatolia: a volcano-structural evaluation”, BSV no 26-Juin 1992, 1-7, 1992.
- [22] Bozkurt, E., “Neotectonics of Turkey – a synthesis”, *Geodinamica Acta*, 14, 3-30, 2001.
- [23] Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, I. ve Zanchi, A., “Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey”, *Tectonophysics*, 146, 217-230, 1988.
- [24] Koçyiğit, A., “Orta Anadolu’nun genel neotektonik özellikleri ve deprenselliği”, Haymana-Tuzgölü- Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalıştayı, 2000, Aksaray, TPJD Özel Sayı 5, ss. 1-26.
- [25] Şengör, A. M. C. Görür, N. ve Şaroğlu, F., “Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study”, *Strike-Slip Deformation, Basin Formation and Sedimentation (ed. Biddle, K., T. ve Christie-Blick, N.), Soc. of Eco. Paleo. and Min. Spec. Publ.*, 37, 227-264, 1985.
- [26] Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J. L., Köse, O. ve Gündoğdu, N., “Emplacement of volcanic vents and geodynamics of Central Anatolia Turkey”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 85, 33-54, 1998.

- [27] Erol, O., “*Tuzgözü Havzası'nın jeolojisi ve jeomorfolojisi*”, MTA, Ankara, Rapor No 4220, 1969.
- [28] Toprak, V. ve Göncüoğlu, M. C., “Keçiboyduran-Melendiz Fayı ve bölgesel anlamı (Orta Anadolu)”, *H. Ü. YUAM Bül.*, No 16, 1993.
- [29] Öktü, G., “Aksaray (Niğde) Ziga Kaplıcası hidrojeoloji incelemesi”, *1. Ulusal Balneoloji Sempozyumu Özel Sayısı*, Cilt 2, Sayı 2-3, 1982.
- [30] Göçmez, G. ve Güzel, A., “Ziga-Yaprakhisar-İlisu-Ihlara-Belisırma (Aksaray) sıcak ve mineralli su kaynaklarının korunma alanları ve kirlenebilirliği”, *Jeotermal Uygulamalar Semp.*, 1994, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, ss. 225-234.
- [31] Şimşek, Ş., “*Ihlara (Kapadokya) özel çevre koruma bölgesinin jeolojisi ve bölgede yer alan termal kaynakların hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal araştırması ve korumaya ilişkin önerileri*”, Aksaray Valiliği Yayınları, Aksaray, 1997.
- [32] Akdoğan, N., Yıldırım, T. ve Burçak, M., “Aksaray Ihlara Vadisi çevresi ve Ziga sahası jeotermal olanaklarının jeoloji ve jeofizik veriler kullanılarak yeniden değerlendirilmesi”, *Orta Anadolu Jeotermal Enerji ve Çevre Sempozyumu*, 2002, Aksaray, Bildiri Özleri Kitabı, ss. 15.
- [33] Seymen, İ., “Kaman (Kırşehir) Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması”, *TJK Bül.*, 24, 2, 7-14, 1981.
- [34] Ayhan, A. ve Papak, İ., “*Aksaray-Taşpınar-Altınhisar-Çiftlik-Delihebil (Niğde) civarının jeolojisi*”, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdlere Daire Başkanlığı, Ankara, Rapor No: 2324, 1988.
- [35] Beekman, P. H., “*Aksaray-Gelveri-Çınarlı Bölgesi'nin jeoloji raporu*”, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdlere Daire Başkanlığı, Ankara, Rapor No: 5218, 1966.
- [36] Hancock, P. L., “Determining contemporary stress directions from neotectonic joint systems”, *Phil. Trans. Royal Society of London A.*, 337, 29-40., 1991.

- [37] Engelder, T., "Loading paths to joint propagation during a tectonic cycle: an example from the Appalalshian Plateau", *Journal of Structural Geology*, 7, 459-476. , 1985.
- [38] Hancock, P. L. ve Engelder, T., "Neotectonic joints", *Geological Society of America Bulletin*, 101, 1197-1208. , 1989.
- [39] Gross, M. R. ve Engelder, T., "A case for neotectonic joints along the Niagara Escarpment", *Tectonics*, 10, 631-641. , 1991.
- [40] Stewart, I. S. ve Hancock, P. L., "*Neotectonics, In Continental Deformation*", ed. P. L. Hancock, Pergamon Press, Oxford, 1994.
- [41] Dunne, W. M. ve Hancock, P. L. H., "*Palaeostress analysis of small-scale brittle structures, In Continental Deformation*", ed. P. L. Hancock, Pergamon Press, Oxford, 1994.
- [42] Mesci, B. L., "*Sıcak Çermik ve Yakın Yöresindeki (Sivas) Travertenlerinin Gelişimi ve Aktif Tektonikle İlişkisi*", Cumhuriyet Üniversitesi Doktora Tezi (yayınlanmamış), 2004.
- [43] Akurgal, E., "*Anadolu kültür tarihi*", Tübitak Yayınları, 1997.
- [44] Billings, M. P., "*Structural Geology*" 3rd Edn., Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1972.
- [45] Çoğulu, E., "*Petrografi ve Petroloji, Magmatizma*", İTÜ Müh. Mim. Fak. Yayınları, 1976.
- [46] Brogi, A., "Faults linkage, damage rocks and hydrothermal fluid circulation: Tectonic interpretation of the Rapolano Terme travertines Northern Apennines (southern Tuscany, Italy) in the context of Northern Apennines Neogene-Quaternary extension", *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 97, 3, 307-320, 2004.
- [47] Anna, L. G. S., Riccominia, C., Rodrigues-Franciscod, B. H., Sialc, A. N., Carvalhof, M. D. ve Mourag, C. A. V., "The Paleocene travertine system of the Itaborai basin, Southeastern Brazil", *Journal of South American Earth Sciences*, 18, 11-25, 2004.