

**KARAHAYIT (DENİZLİ) YERLEŞİM ALANINDAKİ AÇILMA
ÇATLAKLARININ İNCELENMESİ VE TEKTONİK -
PALEOSİMOLOJİK YORUMLAMASI**

**INVESTIGATION OF TENSIONAL FISSURES IN KARAHAYIT
(DENİZLİ) SETTLEMENT AREA AND THEIR TECTONICAL -
PALEOSEISMOLOGICAL INTERPRETATION**

Mete HANÇER¹, Erdal AKYOL²

ÖZET

Denizli bölgesinde KD-GB yönlü tektonik açılma neticesinde KB-GD doğrultulu normal faylar ve açılma çatlakları meydana gelmiştir. Pamukkale ve Karahayit arasında çok sayıda açılma çatlağı bulunmaktadır. Tarihsel dönemlerde deprem üreten aktif Pamukkale fayı Karahayit'ın doğusundan geçer. Bölgedeki çatlaklar ise bu faya paralel gelişen ve aynı açılma tektoniği ile oluşmuş yapılardır. Karahayit yerleşim alanındaki çatlaklardan 20-30 sene öncesine kadar su çıkışlarının olduğu bilinmektedir. Ancak su seviyesinin düşmesiyle çatlaklardan su akışı kesilmiş ve çatlak yüzeyleri arasındaki boşluk doğal ve antropojenik maddelerle dolmuştur. Üzerinde yapılaşmanın olduğu çatlaklar ise yapay olarak betonla kapatılmış veya parke taşı ile örtülmüştür. Yeni döşenmiş olan parkeler çatlağı kapatsa bile sırt topoğrafyası çatlağın konumunu belli etmektedir. Eski döşenmiş parke taşlarının ise çatlak hattı boyunca zaman zaman yerinden oynadığı dikkat çekmektedir. Yapılaşmanın çatlak üzerine yapılması nedeniyle çeşitli yapısal hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarlar duvarlarda çatlaklar, bina derzlerinde açılmalar şeklinde ortaya çıkmıştır. Çatlak ve fay davranışları yapısal olarak birbirinden farklıdır. Faylar çok kısa bir zaman aralığında hareket ederek deprem üretir ve yapılarda hasar oluşur. Ancak açılma çatlakları daha uzun zaman periyodu içerisinde çok az hareket ederek açılır. Dolayısıyla üzerinde bulunan yapılardaki hasarlar daha uzun zaman içerisinde gözlenir. Bu çatlaklarda su akışının olup olmaması çatlağın hareket etmediği anlamına gelmez. Bölgedeki tektonik açılma devam ettiği sürece birer zayıflık zonu olan bu çatlaklar da açılmaya devam edecektir.

Anahtar Kelimeler: Fay, Çatlak, Karahayit, Tektonik açılma, Traverten, Yapısal hasar

ABSTRACT

NS-SW directional normal faults and opening cracks are found in Denizli area due to NE-SW directional tectonic opening. There are a lot of opening cracks between Pamukkale and Karahayit. The active Pamukkale fault, which produces earthquakes in historical periods, located on the east of Karahayit. The cracks in the region are structures those formed parallel to this fault and formed by the same opening tectonics. Karahayit is known to have water outflows from the cracks in the settlement area 20-30 years ago. However, as the water level falls, the water flow is cut off from the cracks and the gap between the cracked surfaces is filled with natural and anthropogenic materials. The cracks on which it is built are artificially

¹ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, mhancer@pau.edu.tr

² Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, eakyol@pau.edu.tr

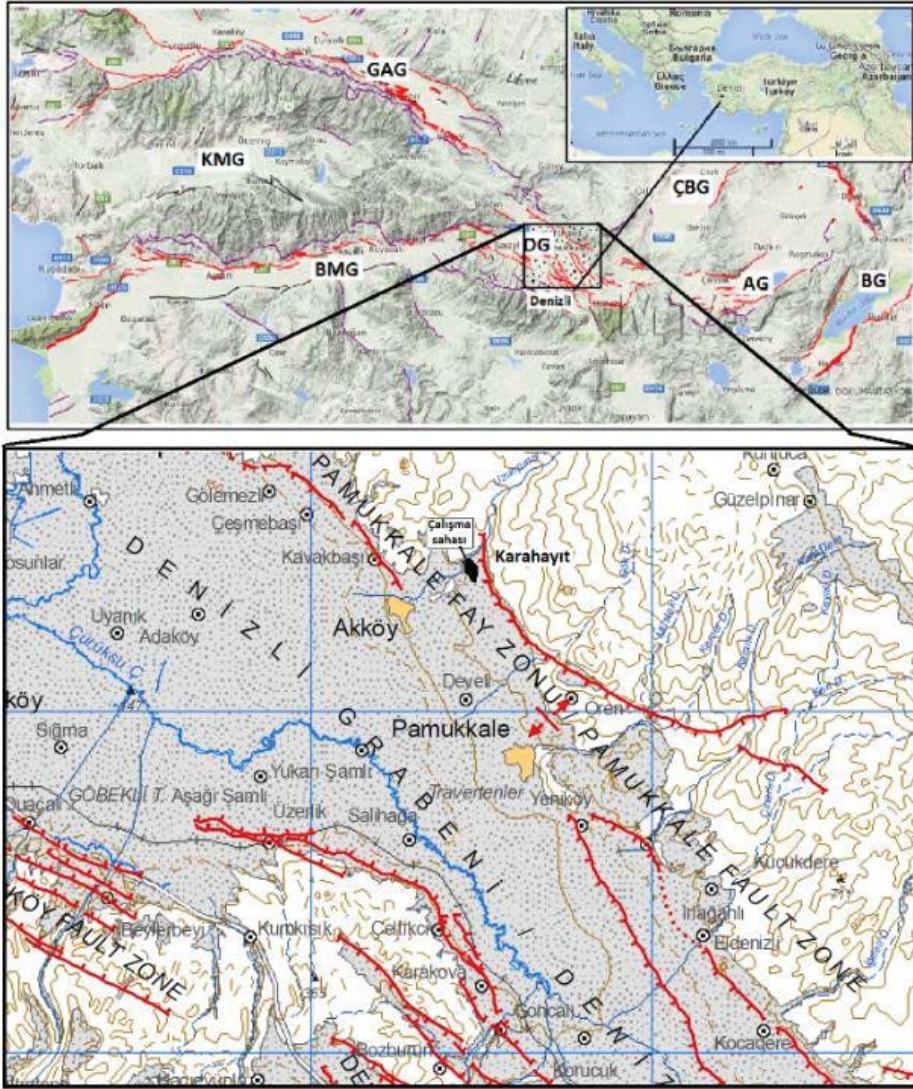
covered with concrete or covered with paving stone. Even if the newly furnished parquet closes the crack, the back topography reveals the position of the crack. It is noteworthy that the old paving stones played from time to time throughout the cracked line. Various structural damages were observed due to the construction of the structure on the crack. These damages appeared in the walls as cracks, opening in the building joints. Crack and fault behavior are structurally different. The faults move in a very short period of time, causing earthquakes and damage to structures. Opening cracks, however, are opened with very little movement over a longer time period. Therefore, the damages on the structures are observed over a longer period of time. The presence of water flow in these cracks does not mean that the crack does not move. As long as the tectonic opening in the region continues, these cracks, which are zones of weakness, will continue to open.

Keywords: Fault, Crack, Karahayıt, Tectonical opening, Travertine, Structural damage

1. GİRİŞ

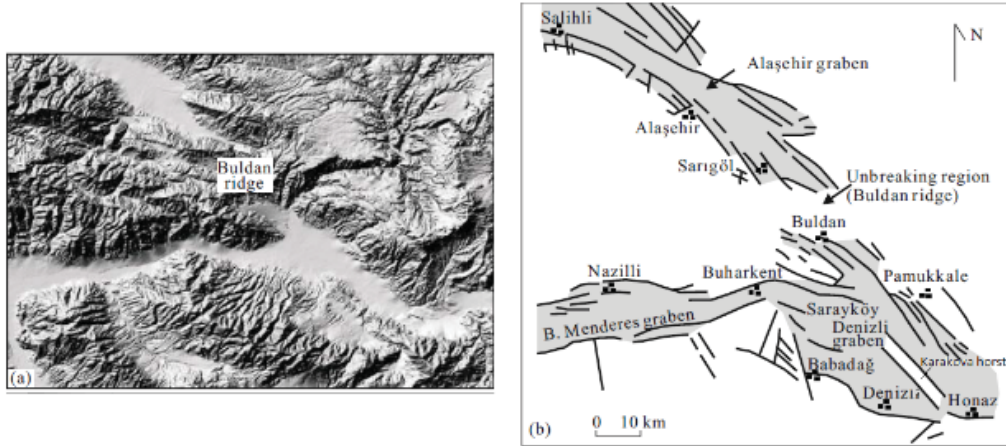
Batı Anadolu Bölgesi, Anadolu Plakasının batıya doğru hareketi neticesinde aktif açılmanın ve dolayısıyla graben sistemlerinin yoğun olduğu bölgedir. Batı Ege bölgesi K-G yönlü açılmanın hakim olduğu ve D-B doğrultulu grabenlerin (Büyük Menderes Grabeni, Gediz Grabeni, Küçük Menderes Grabeni) yer aldığı kesimdir. Egenin doğusunda ise KD-GB yönlü açılma ve buna bağlı olarak KB-GD doğrultulu grabenler (Gediz Grabeni doğu kesimi, Denizli Grabeni, Dinar-Çivril Grabeni) ve daha da doğuda KB-GD yönlü açılma neticesinde KD-GB doğrultulu grabenler (Baklan Grabeni, Acıgöl Grabeni, Burdur Grabeni) bulunur (Şekil 1).

Bölgedeki deprem odak mekanizmaları incelendiğinde genel olarak aktif açılma K-G ve KKD-GGB yönlüdür (Westaway, 1993; Koçyiğit, 2005) ve açılma 14 milyon yıl önce başlamıştır. Büyük Menderes Grabeni D-B doğrultulu olarak uzanır ve doğuda Sarayköy bölgesinde son bulur. Gediz grabeni ise yaklaşık D-B doğrultulu olarak uzanır ve doğuya doğru Alaşehir den sonra KB-GD konumlu duruma geçer. Bu graben GD'ya doğru Sarıgöl ilçesine kadar uzanır. Sarıgöl ile Buldan arasında bir eşikten (Buldan Yükselimi) sonra KB-GD doğrultulu Denizli grabenini oluşturur (Hançer, 2013). Gediz ve Büyük Menderes grabenleri Sarayköy-Buldan bölgesinde kesişirler. (Şekil. 2) Tarihsel ve aletsel dönem deprem etkinliklerine bakıldığında genel olarak Batı Anadolu'nun, özellikle de Denizli bölgesinin aktif olduğu görülür.



Şekil. 1: 1/250 000 ölçekli MTA diri fay haritası üzerinde çalışma alanı (Emre ve diğ., 2011'den değiştirilmiştir); (BMG: Büyük menderes Grabeni, KMG: Küçük Menderes Grabeni, GAG: Gediz (Alaşehir) Grabeni, DG: Denizli Grabeni, ÇBG: Çivril Baklan Grabeni, AG: Acıgöl grabeni, BG: Burdur Grabeni).

Denizli Havzası KB-GD uzanımlı olup 7-28 km genişliğinde ve 62 km uzunluğundadır (Koçyiğit, 2005). Havzayı sınırlayan faylar kuzeydoğuda Pamukkale fayları ve güneybatıda ise Babadağ-Honaz fayıdır. Koçyiğit, (2005) Denizli havzasını Çürüksu grabeni, Denizli ve Bozburun alt grabenleri olarak ayrıntılı incelemiştir. Havza içerisinde Babadağ-Pamukkale bölgesi arasında havza kenar faylarına paralel gelişmiş birçok fay bulunur. Bu iki graben kenar fayları arasında Karakova Horstu bulunur. Bu horst Çürüksu grabeni ile Denizli alt grabeni arasındaki yükselidir. Bu yükselimin KD kenarını oluşturan Üzerlik-Karakova arasındaki bölgede bulunan fay zonu aktif olup özellikle 2000 ve 2004 yılları meydana gelen depremlerin odak noktalarını oluşturur (Hançer, 2013).



Şekil 2. Denizli ve yakın çevresinde grabenleri gösteren Şekil ve kabartma harita (Hançer, 2013)

2. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ

Bölgede en altta Menderes Masifine ait Prekambriyen gnayslar, Alt Paleozoyik yaşlı mikaşistler, metakuvarsit, fillat ve rekristalize kireçtaşları bulunur. Daha üstte ise Mesozoyik yaşlı rekristalize kireçtaşları, ve yaşı Alt Eosen'e kadar çıkan pelajik kireçtaşı bulunur (Okay 1989). Bu birim haritalanan alanda "Mm" simgesi ile gösterilmiştir. Menderes Masifi'nin Eosen yaşlı filişinin üstüne tektonik bir dokanakla Orta Eosen'de Likya Napları yerleşmiştir (Okay 1989). Bunların üzerine Orta Miyosen-Orta Pliyosen yaşlı 660 m kalınlığındaki eski graben dolgusu daha sonra da 350 m kalınlığındaki modern (Neotektonik) graben dolgusu gelmiştir (Koçyiğit 2005).

Bölgenin Neojen yaşlı tortulları ise Alçıçek (2006)'e göre alttan üste doğru Miyosen yaşlı Kızılburun formasyonunun alüvyon yelpazesi ve akarsu tortulları ile başlar. Orta Miyosen'in sonunda bu formasyonunun en üst seviyelerini oluşturan bataklık/sığ-gölsel çökeller üzerine geçişli/uyumlu olarak Sazak formasyonun depolanmıştır. Sazak Formasyonu üzerine geçişli/uyumlu olarak Üst Miyosen-Üst Pliyosen yaşlı Kolonkaya formasyonu yerleşmiştir. Kolonkaya formasyonunun alt ve orta seviyelerinde sığdan derin su ortamına geçen çökeller ile üst seviyelerinde tatlı su ortamını karakterize eden alüvyon yelpazesi akarsu çökelleri gelir. Daha üstte ise Asartepe formasyonu'nun alüvyon yelpazesi ve akarsu çökelleri depolanır. Bu dönemde yer yer fay dokanaklı olarak çıkan sıcak sular traverten çökeline neden olmuştur. Pamukkale bölgesine de yakın olan çalışma sahası çevresinde Pamukkale travertenleriyle muhtemelen aynı dönemde oluşmuş travertenler mostra verir. Jeoloji haritasında bu birim "Qtr" simgesi ile gösterilmiştir. Güneybatıya doğru havzanın ortasında da Kuvaterner yaşlı Alüvyonlar "Qal" yer alır. Karahayit yerleşim alanı ise Kuvaterner yaşlı traverten ve kısmen de alüvyon üzerindedir.

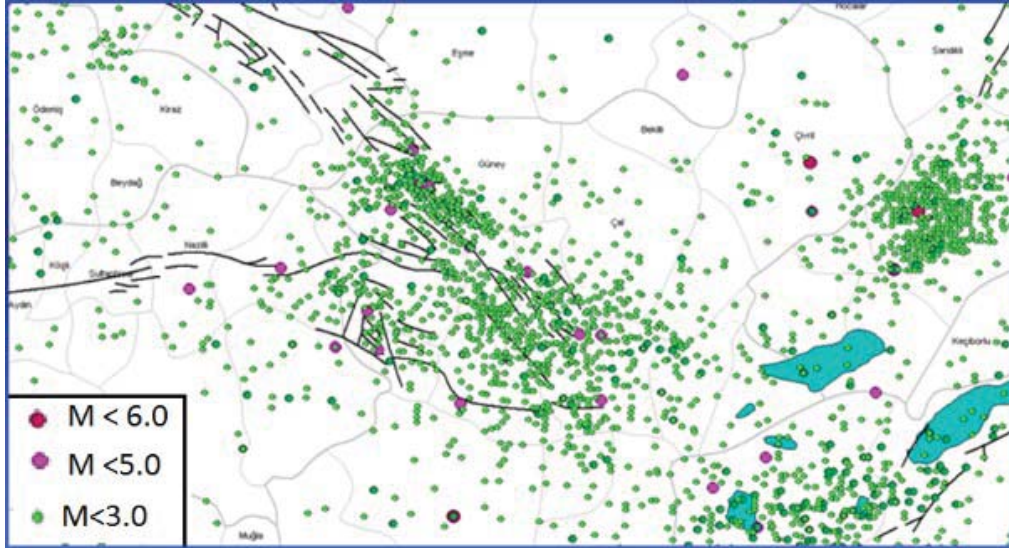
3. PAMUKKALE FAY ZONU

İncelenen alan Havzanın kuzeydoğusunda Pamukkale fay zonu üzerindedir. Denizli Horst-Graben Sistemi içinde yer alan Pamukkale Fay Zonu bu sistemin kuzey kesimini oluşturur. 4 km. genişlikte olan bu zon 53 km. uzunlukta ve yaklaşık K50°B doğrultulu normal faylardan oluşmuştur (Çakır, 1999; Koçyiğit, 2005). Bu zon genelde GB'ya eğimli fay segmentlerinden

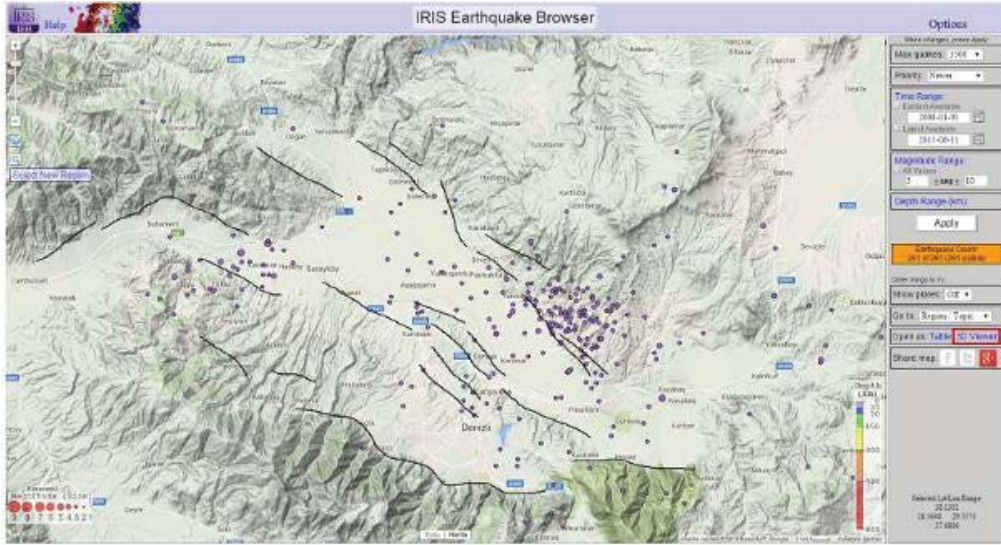
oluşur ve üç adet aktarım rampalarıyla birbirlerinden ayrılırlar. Bu segmentlerin KD'sunda bulunan ve metamorfik temel ile Kuvaterner yaşlı traverten-alüvyon dokanağını oluşturan fay Karahayıt yerleşimine en yakın faydır. Bu fay Karahayıt yerleşkesinin yaklaşık 500 m. doğusundan başlar. Bu kesimde fayın doğrultusu KKB-GGD konumlu olup GD'ya doğru KB-GD doğrultulu olarak Hierapolis antik kenti kuzeyine doğru uzanır. Pamukkale fayı ve bölge travertenleri üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Altunel ve Hancock, (1993); Altunel, (1996); Altunel ve Barka, (1996); Hancock ve Altunel, (1997); Hancock ve diğ., (1999); Çakır, (1999); Hancock ve diğ., (2000); Piccardi, (2008); Brogi ve diğ., (2014); bunlardan bazılarıdır.

4. DEPREMSELLİK

Denizli bölgesi üç ayrı grabenin kesim noktası olduğu için deprem riski oldukça yüksektir. Tarihsel dönem deprem etkinliğine bakıldığında Denizli bölgesinde M.Ö 65 yılında ve M.S. 60 yılında meydana gelen ve Hierapolis antik kentinin yıkılmasına neden olan deprem görülmektedir. Ayrıca M.S. 494, 700, 1358, 1651, 1717, 1887 ve 1899 yıllarında Denizli, Pamukkale, Honaz ve Sarayköy merkezli depremler can ve mal kayıplarına sebep olmuşlardır. Bunların dışında Aydın, Nazilli, Burdur merkezli meydana gelen depremler de Denizli bölgesini etkilemişlerdir (Eravcı ve diğ., 2007). Denizli bölgesinin aletsel dönem deprem etkinliği ise Magnitudu 6.0 dan büyük depreme rastlanmaz. Denizli havzasında Magnitudu 5.0 den büyük deprem ise 12 adettir. Bunlar Buldan ve Pamukkale bölgesinde yoğunlaşır. Havzanın geneline bakıldığında depremlerin KD kesimde kümelendiği görülür. Özellikle Pamukkale fay zonu ve Karakova horstu KD kesiminde yoğunluk dikkat çeker (Şekil 3, 4). Denizli ve yakın civarında 1963 Buldan ($M_s=5.6$), 1965 Honaz ($M_s=5.6$), 1976 Denizli ($M_s=5.0$), 21 Nisan 2000 Denizli-Honaz ($M=5.2$) depremleri ve 22-31 Temmuz 2003 Sarıgöl-Buldan-Yenicekent depremleri (23 Temmuz 2003 günü $M_d=5.3$ ve 26 Temmuz 2003 günü $M_d=5.1$, $M_d=5.5$ ve $M_d=5.0$ büyüklüklerinde 4 ayrı deprem) olmuştur. 21 Nisan 2000 Denizli-Honaz depremini izleyen 6 aylık dönemde büyüklükleri 3.0 ile 4.0 arasında değişen toplam 160 deprem olmuştur (Eravcı ve diğ., 2007).



Şekil 3. Denizli Havzasında 1900-2008 yılları arasında meydana gelen deprem episantr noktaları (www.sayisalgrafik.com).



Şekil 4. Denizli Havzasında 2008-2016 yılları arasında meydana gelen deprem episantr noktaları (www.iris.edu).

4.1. Hierapolis ve Çevresindeki Depremler

Hierapolis şehri, Roma İmparatorluğu'nun bir parçası olduktan bu yana yani yaklaşık 2000 yıllık tarihi boyunca bölgede magnitüdü 4 ün üzerinde toplam 33 deprem kaydedilmiş, bunların 11 tanesi 20. yy dan önce meydana gelmiş 22 tanesi de 20.yy içinde meydana gelmiştir. Burada tarihsel depremlerin sayılarının azlığı dikkat çekmektedir ancak önceden de belirtildiği gibi, tarihsel depremlerin varlığı, büyüklüğü ve lokasyonu depremin yerleşim merkezinde verdiği hasar göz önünde bulundurularak tesbit edilir. Onun için tarihsel devirlerde sadece büyük ve şehir merkezine yakın depremler kayıt edilebilmiştir. Kayıt edilen depremlerin şiddetlerinin büyük olmasına rağmen ($I_0 > VII$) sadece birkaç tanesinin geniş hasarlar verdiği bildirilmiştir (örneğin M.S. 60. 1354, 1702 (1703), 1717, 1744).

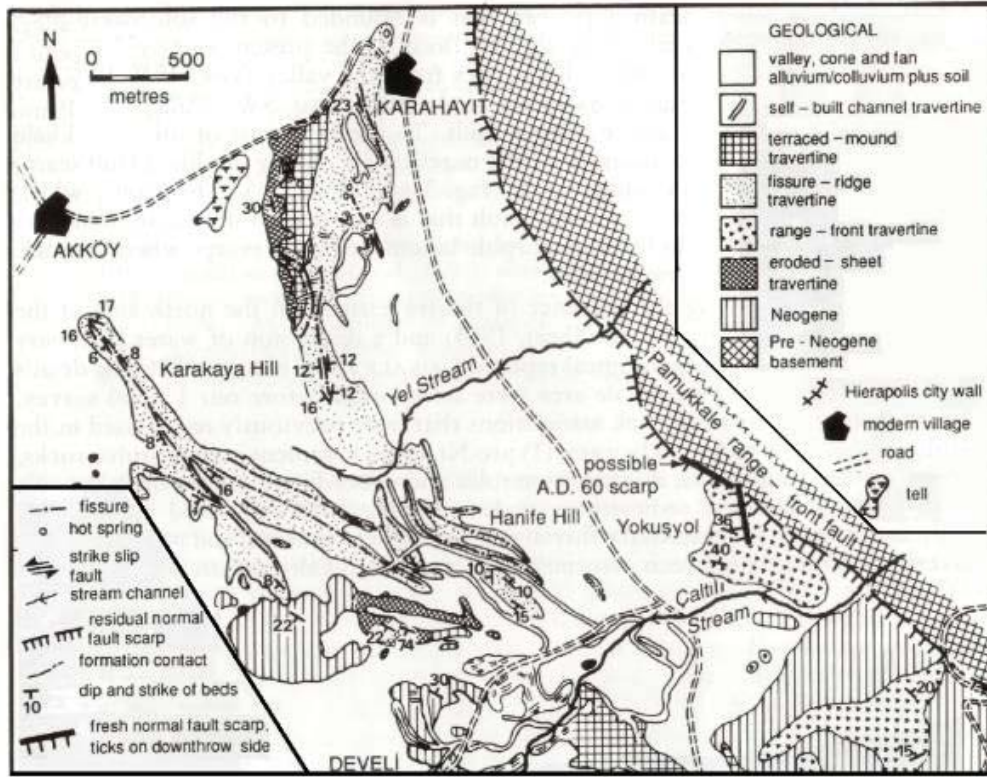
Deprem kataloglarına göre bölgedeki ilk deprem M.Ö. 65 yılında meydana gelmiştir. Ancak Hierapolis bölgesindeki ilk yıkıcı depremin M.S. 60 yılındaki deprem olduğu belirtilmektedir. Bu deprem Hierapolis, Laodikya (Hierapolis'in -14 km güneyi) ve çevredeki birçok yerleşim yerinde önemli hasarlara neden olmuştur. Depremin merkez üssünün Hierapolis yakınlarında ve şiddetinin (I_0) IX olduğu ileri sürülmektedir, bu da Richter ölçeğine göre yaklaşık magnitüt 7'ye eşittir. Deprem Dinar'a (Hierapolis'in yaklaşık 90 km doğusu) kadar büyük ölçüde hasarlara neden olmuştur ancak batı bölgelerden herhangi bir hasar kayıtlarda yer almamaktadır. M.S. 60 yılındaki depremden sonra birçok deprem bölgede can kayıplarına ve hasarlara neden olmuştur. Örneğin, Ambraseys ve Finkel (1995) 1651 deki depremden Honaz ve Laodikya da 700 kişinin, 1702 (1703) depreminde Denizli ve çevresinde 12000 kişinin, 1717 depreminde 6000 kişinin öldüğünü ileri sürmektedirler. Ayrıca bu araştırmacılara göre, 1702 (1703) veya bir önceki depremden Denizli'nin yaklaşık 5 km kuzeyinden akan ve Menderes nehrinin bir kolu olan Gümüş Çayı yön değiştirmiştir. Tarihsel kayıtlarda 1354 depreminden sonra diğer şehirlere göç ettiklerini ve 1744 depremi sırasında 15000 canının öldüğünü ileri sürmektedirler. Bölgede magnitüdü 4'ün üzerinde kayıt edilen en son deprem 4 Mayıs 1984 tarihli depremdir ($M = 4.7$). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü kayıtlarına göre 1990 yılından bu yana bu bölgede magnitüdü 4'ün üzerinde deprem

meydana gelmemiştir (Altunel ve Barka, 1996).

5. ÇATLAKLAR

Pamukkale fayı GB'sında yani tavan bloğunda mostra veren travertenlerde birçok açılma çatlağı bulunmaktadır. Karahayıt yerleşim yeri ve çevresinde ise sırt tipi travertenler hakimdir (Altunel ve Hancock, 1993). Sırt tipi travertenler çatlaklar boyunca yüzeye çıkan sıcak suların yüzeyde çökeldiğı travertenler zamanla çatlak boyunca sırt oluştururlar. Traverten hem çatlak içinde (bantlı traverten) ve hem de yüzeyde çökeler (tabakalı traverten). Çatlak boyunca yüzeye doğru yükselen sıcak su çatlağın her iki yüzeyinde onikse benzeyen beyazdan-kırmızımsı beyaza değışen renklerde, sert ve sıkı dokulu, çatlak duvarına paralel bantlı traverten çökeltir. Bantlar çatlak duvarından merkeze doğru gelişirler. Dolayısıyla çatlak duvarına yakın bantlı traverten, merkezdeki bantlı travertene göre daha yaşlıdır. Çatlaktan çıkan suyun, yüzeyde çatlağın her iki tarafında akmasıyla tabakalı travertenler oluşur. Traverten tabakalarının eğimleri sırt eksininin uzağı doğrudur. Yani sırt tipi travertenler bir nevi çatı şeklindedir. Sırt tipi travertenler Pamukkale ve Karahayıt bölgesinde en yaygın traverten çeşididir (Şekil 5). Sırt tipi travertenler Pamukkale ve Karahayıt köyleri arasında KB-GD doğrultusunda bir zon şeklinde uzanırlar. Bu zon içerisinde çok sayıda aktif ve aktif olmayan sırt tipi travertenler mevcuttur. Bütün traverten sırtları, uzun eksenleri boyunca uzanan merkezî bir çatlak içerirler. Sıcak sular bu merkezî çatlak boyunca yüzeye yükselirler. Sırt tipi travertenlerde tabaka kalınlığı birkaç santimetreden bir metreye kadar değışir. Tabakalı travertenler genellikle sert, gözenekli olup yapı taşı olarak işletilmektedirler. Çatlaklarda gelişen bantlı travertenler ise tabakalı travertenler oranla daha sıkı ve sert olup süs taşı olarak işletilmektedir.

Merkezî çatlak boyunca oluşmuş travertenlerin en önemli özellikleri, derinliğe bağılı olarak traverten kalınlığının doğru orantılı veya kademeli olarak artmasıdır. Burada sıcak suyun yukarıya yükselmesi sırasında merkezî çatlak içinde çökelen bantlı traverten genellikle simetriktir. Yaklaşık düşey olan bantlı travertenler içinde cep şeklinde boşluklar mevcuttur. Bantlı travertenlerin yüzeydeki kalınlıkları sırt merkezine yakın yerlerde maksimum, merkezden uzun eksen boyunca uçlara doğru gidildikçe kalınlık azalmakta ve sırtın uçlarında bantlı" traverten yok olmaktadır. Pamukkale bölgesindeki bütün traverten sırtlarının uzun eksenleri boyunca genişlikleri 5 m., derinlikleri 30 m.'yi bulan açıklıklar mevcuttur. Bu açıklıkların bazıları her ne kadar çatlak içindeki bantlı travertenlerin süs taşı olarak işletilmesinin bir sonucu ise de bu çatlaklar, daha sonra da ayrıntılı açıklanacağı gibi, bölgedeki tektonik hareketlerin traverten depolanması durduktan sonrada devam etmesi sonucu açılmışlardır (Altunel, 1996).



Şekil 5. Bölgenin jeoloji-tektonik ve traverten yayılımı haritası (Altunel ve Hancock, 1993).

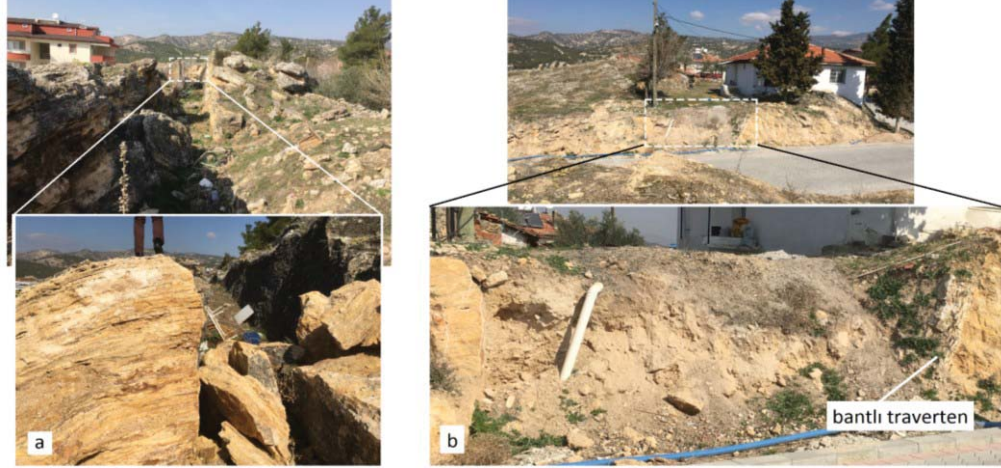
5.1. Karahayit Sahası Çatlak Sistemleri

Bu çalışmada Karahayit ve yakın dolayındaki çatlak sistemleri tekrar revize edilmiş ve özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Öncelikle çoğunluğu sahanın batısındaki büyük açılma çatlağında inceleme yapılmıştır. Bu çatlak tektonik sınıflamaya göre yarık konumunda olup 300-400 m uzunluğundadır. Yaklaşık K20⁰B konumlu olarak uzanan çatlak sırt tipi traverten çatlağıdır. Çatlağın kuzey ucuna doğru K-G konumlu olarak izlenen yapı orta kesimlerde 1,5 m gibi maksimum açıklığa ulaşır ve uç kesimlere doğru çatlak kapanır. Çatlağın her iki tarafında birbirine simetrik olarak gelişen tabakalı travertenler birbirine zıt eğimlidirler (Şekil 6 a). Çatlağın kenarlarında ise çatlağın her iki yüzüne paralel gelişen bantlı traverten göze çarpar (Şekil 6 b). Çatlağın orta kesimi toprak ile dolmuştur.

Karahayit yerleşim merkezinde ise yaklaşık birbirine paralel gelişen ve genel olarak K-G doğrultulu iki ana çatlak gözlenmiştir. Bunlardan batıda olan yaklaşık 450 m uzunluğunda gözlenmiştir. Bu çatlağın en net olarak izlendiği kısım Atatürk caddesi batısında PTT binasının güneyindedir (Şekil 7 a). Burada açılan kazıda çatlağın konumu net olarak izlenir. Bu lokasyonun 15-20 m kuzeyine doğru yol üzerinde parke taşları ve beton sıvama üzerindeki deformasyonlardan çatlağın gidişini görmek mümkündür (Şekil 7 b).

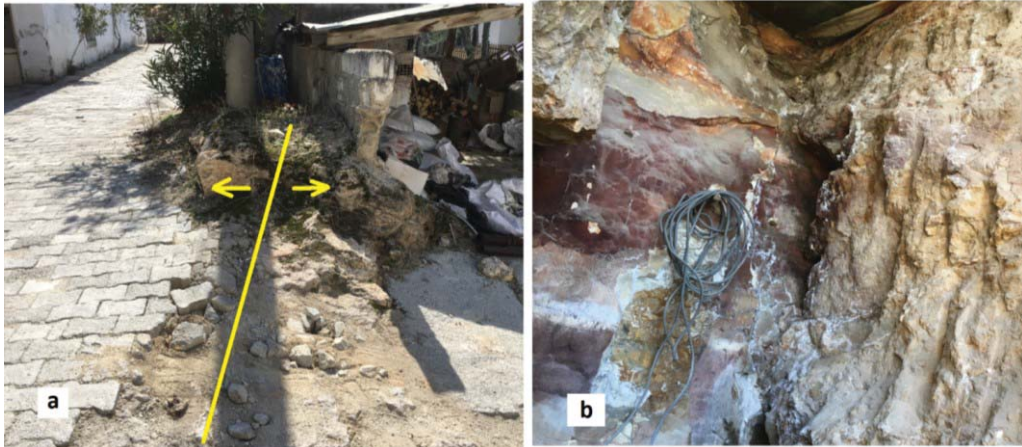
Bu noktadan 70 m. kuzeye gidildiğinde yine aynı çatlağın geçtiği güzergah gözlenmektedir. Bu noktadan 60 m. kuzeye gidildiğinde ara sokak içerisinde (135 nolu sokak) çatlağın geçtiği

güzergah çok net belli olmayıp deforme olan parke taşlarından yaklaşık olarak geçtiği güzergah belirlenmiştir. Burada çatlağın geçtiği güzergahlarda yüzeyde parke taşlarında ve binalarda kısmi deformasyonlar zaman zaman gözlenir. Çatlağın geçtiği güzergahın daha kuzeyine doğru gidildikçe yer yer net olarak izlenirse de genel olarak geçtiği lokasyonlar kendini belli etmektedir. Bu noktadan daha da kuzeye doğru çatlağın devamına ilişkin başka veri gözlenmediği için bu çatlağın kuzey ucu burada sonlandırılmıştır.



Şekil 6. a: Karahayıt batısındaki açılma çatlağının uzak ve yakın görünümü (kuzeye bakış)., b: Karahayıt batısındaki açılma çatlağının kuzeye devamı ve bantlı travertenlerin uzak ve yakın görünümü (kuzeye bakış).

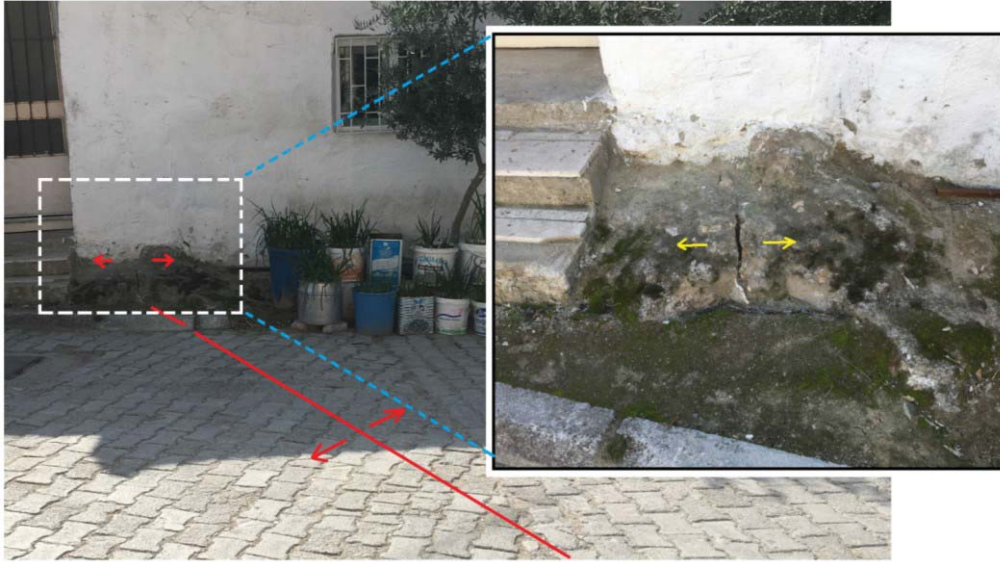
Söz konusu çatlağın güneye doğru devamının olup olmadığını net olarak belirlemek için çatlak hattı boyunca güneye doğru da inceleme yapılmıştır. Çatlağın geçtiği muhtemel lokasyonlarda morfolojideki sırt oluşumunu andıran eğimler vardır. Bu eğimlerin başladığı yerlerde çatlağın geçtiği hat üzerine düşen binalarda kısmi deformasyonlar gözlenir. Özellikle PTT binası güneyinde çatlağın geçtiği hat boyunca yerdeki fayans döşemelerdeki açılmalar dikkat çekicidir.



Şekil 7, a: PTT binası güneyindeki çatlağın mostra görünümü (doğuya bakış), b: Şekil 7 a'nın 15-20 m kuzeyinde çatlağın konumu (güneye bakış)

Buraya kadar bahsedilen çatlağın yaklaşık 50 m doğusunda buna paralel gelişen bir açılma

çatlağı daha bulunmaktadır. Yaklaşık 350 m uzunluğunda gözlenen çatlağın genel konumu K10⁰B olup çatlak güneye doğru iki ayrı kola ayrılır. Çatlağın kuzey ucu Karahayıt Fatih Camii kuzeyidir. Bu noktadan daha kuzeye doğru devamı takip edilmiş ancak çatlağa ait veri gözlenmemiştir. Bu nedenle ilgili çatlağın kuzey ucu bu lokasyondan başlamıştır. Karahayıt Fatih Camisi güney kenarındaki 126 nolu sokak üzerinde çatlağın izlerini görmek mümkündür (Şekil 8). 126 nolu sokak üzerinde tespit edilen çatlağın güneye doğru devamı izlenmiş ve muhtemel geçtiği lokasyonlar belirlenerek gerekli inceleme yapılmıştır. Bu lokasyonun yaklaşık 60 m. güneyinde çatlağın konumu tekrar gözlenmiştir. Burada çatlağın geçtiği yüzey beton sıvama ile kapatılmaya çalışılmış ancak zamanla çatlak hattı boyunca beton sıvama bozulmalar gözlenmiştir. Bölge sakinleri çatlak içerisine hortumla su akıtmaya çalıştıkları da gözlenmiştir. Ayrıca çatlağın devamına karşılık gelen kuzey duvarda çatlama meydana gelmiş ve sonradan tekrar sıvanmasına rağmen izi kalmıştır (Şekil 9). Bu lokasyonda çatlağın güneye doğru devam eden bölümünde ise binanın merdiven ve kolon bölümlerinde açılmalar gözlenmiştir. Merdiven ve kolonun bitişik bina ile olan konumunda açılma vardır. Özellikle alt katlarda açılmanın az üst katlara doğru gidildikçe açılmanın artması da dikkat çekicidir. Binalardaki bu deformasyonun çatlağın geçtiği güzergah boyunca gerçekleştiği ve binaların diğer bölgelerinde herhangi bir deformasyonun olmadığı da gözlenmiştir.

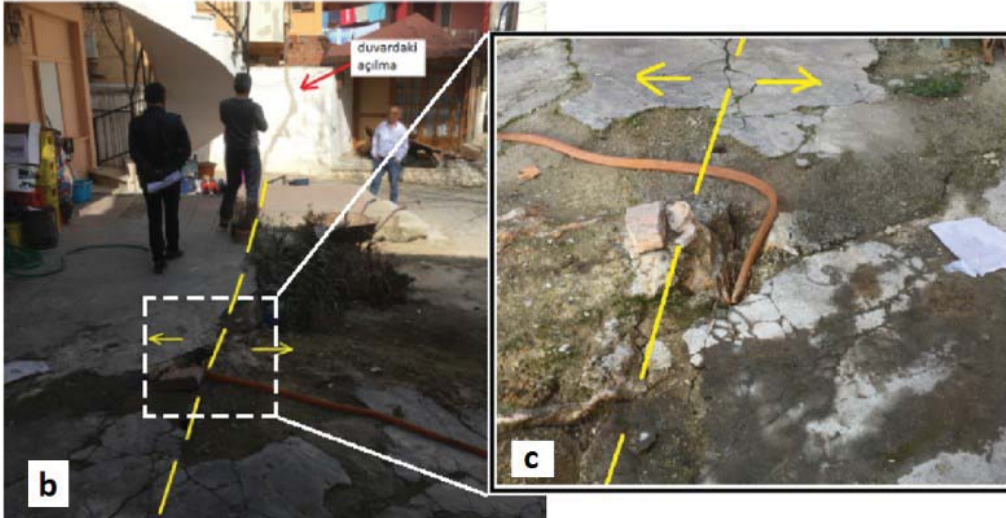


Şekil 8. 126 sokak üzerinde çatlağın uzak ve yakın konumu (güneye bakış) ile 29 nolu jeoradar ölçüm güzergahı.

Bu lokasyondan sonra güneye doğru çatlağın devamı takip edilmiş ve 30 m. güneyindeki bir ara sokakta çatlak yeniden tespit edilmiştir. Burada çatlağın geçtiği güzergah boyunca yerdeki beton sıva üzerinde çatlamlar gözlenmiştir. Bu ara sokağın güney duvarında ise açılma çatlağı tespit edilmiştir (Şekil 10). Bu lokasyonun yaklaşık 10 m. güneyinde yine küçük bir ara sokak içerisinde inceleme yapılmış ve her ne kadar hafif bir sırt morfolojisi gözükse de muhtemelen yeni döşenmiş olan parke taşları çatlağın izini kapatmıştır. Bu çatlağın daha da güneye doğru devamı takip edilmiş ve 124 nolu sokakta çatlak yüzeyi gözlenmiştir (Şekil 11). Burada çatlak yüzeyinde bantlı travertenler net izlenir. Görkem Mühendislik (2008) raporunda burada çatlağın iki kola ayrıldığı belirtilmektedir. GD'ya doğru ayrılan kol takip edilmeye çalışılmış ve Karahayıt belediye binasının güneyindeki 122 nolu sokak karşındaki ara sokakta üstü kapalı olan ve muhtemelen çatlak eksenini boyunca oluşmuş olduğu düşünülen bir eski su

kanalı bulunmaktadır. Bu lokasyondan daha GD'ya doğru ilgili çatlağa ait herhangi bir veri gözlenmemiş ve çatlak gidişi burada sonlandırılmıştır.

124 nolu sokaktan GB'ya ayrılan çatlak kolu ise hafif kıvrılarak binaların altından yaklaşık 100 m. daha devam etmektedir. Binalarda çatlağın geçtiği muhtemel lokasyonlarda kısmi deformasyonlar gözlenir. Bu çatlağın güneye doğru devamına ait veri bulunamamış ve çatlak burada sonlandırılmıştır. Bu çatlağın sonlandırıldığı güney ucun yaklaşık 20 m doğusunda küçük bir çatlak olarak yorumlanabilecek veri daha tespit edilmiştir. Bir binanın bahçe duvarının doğu kesiminde aynı hat boyunca bahçenin her iki duvarının da açıldığı ve bunun da bu lokasyonda önceki çatlağa paralel gelişen küçük bir çatlak boyunca meydana geldiği yorumlanmıştır.



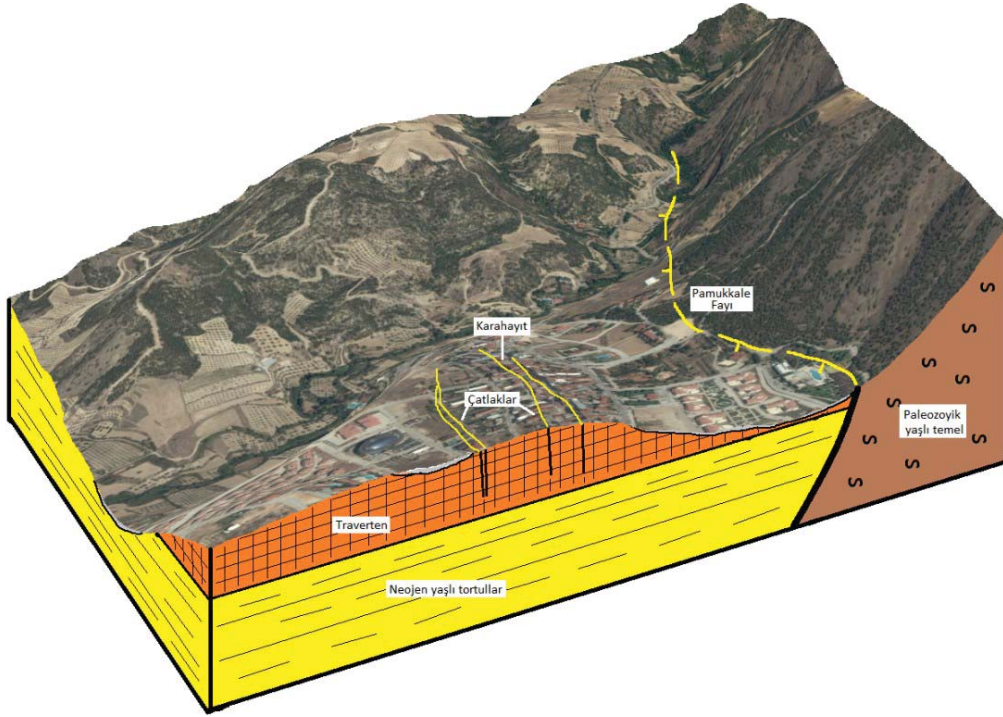
Şekil 9. 126 nolu sokağın 60 m güneyindeki çatlağın genel konumu (doğuya bakış) (a) ve geçtiği hat boyunca yüzey kaplaması ve duvar üzerindeki açılma izleri (kuzeye bakış) (b,c).



Şekil 10. Ara sokak içerisinde 24 nolu ölçüm güzergahı ile çatlağın genel konumu (batıya bakış) ve güney duvardaki açılma (güneye bakış).



Şekil 11. 124 nolu sokakta gözlenen çatlak yüzeyi (kuzeye bakış).



Şekil 12. Karahayit bölgesinin Google map üzerinde hazırlanmış üç boyutlu blok diyagramı (ölçeksiz)

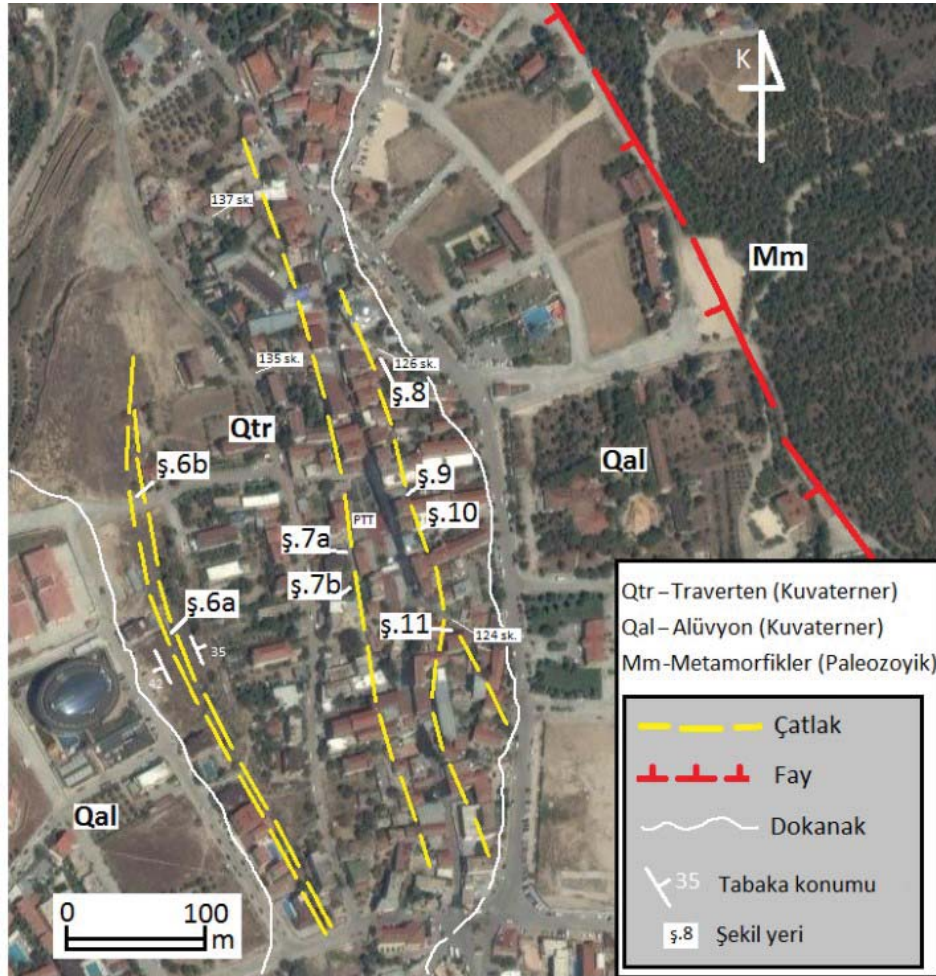
6. DEĞERLENDİRMELER VE SONUÇLAR

Karahayit bölgesinde çatlakların varlığının ve lokasyonlarının belirlenmesine yönelik ayrıntılı jeolojik çalışma yapılmıştır. Toplam 14 adet lokasyonda çatlaklara yönelik jeolojik gözlem yapılmış, elde edilen veriler Şekil 13’de gösterilmiştir. Önceki çok sayıda araştırma sonuçlarına göre Karahayit’in doğusunda tarihsel dönemlerde deprem üreten aktif Pamukkale fayı bulunmaktadır (şekil 12). İnceleme alanındaki çatlaklar ise bu faya paralel gelişen ve aynı açılma tektoniği ile oluşmuş yapılardır. Yine aynı kaynaklar esas alındığında, Denizli bölgesinde KD-GB yönlü açılma halen devam etmektedir. Bu açılma neticesinde KB-GD doğrultulu normal faylar ve açılma çatlaklarının bulunması doğaldır. Pamukkale ve Karahayit arasında çok sayıda açılma çatlakları bulunmakta ve bunların bir kısmı çıplak gözle izlenebilmektedir. Bunların bazıları Karahayit’in batısında olduğu gibi büyük boyutta olup açıklığı 1,5 veya 2 metreye kadar ulaşabilmektedir. Böyle büyük bir açılma çatlaklarının yakın çevresinde de ona paralel gelişen daha küçük boyutlu açılma çatlakları bulunmaktadır. Bu zayıflık yapılarının tamamı KD-GB yönlü açılma tektoniğinin ürünleridir.

Karahayit bölgesinde gözlenen ve traverten içerisinde oluşmuş bu çatlakların açıklıkları 0,5-15 cm arasında değişmektedir. Tüm bu çatlaklar travertenler içerisinde gelişmiş olup alttaki Neojen tortullarında demanın olup olmadığı gözlenmemiştir. Bunlar genelde sırt tipi travertenler olup, buradan çıkan sıcak sular sırt ekseninden her iki tarafa doğru yayılarak tabakalı travertenleri oluşturmuşlardır. Çatlak yüzeylerinde de bantlı travertenler gözlenmektedir. Kişisel iletişim ile elde edilen değerlendirmeler 20-30 sene öncesine kadar bu çatlaklardan su çıkışlarının olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak daha da artan kullanıma bağlı olarak su seviyesinin düşmesiyle çatlaklardan su akışı kesilmiş ve çatlak yüzeyleri arasındaki

boşluk doğal ve antropojenik maddelerle dolmuştur. Ancak bazı lokasyonlarda ise çatlak aralarının boş olduğu yüzeyden görülebilmektedir. Üzerinde yapılaşmanın olduğu çatlaklar ise arsa veya mesken sahibi tarafından betonla kapatılmış veya üzerine parke taşı döşenerek örtülmüştür. Yeni döşenmiş olan parkeler çatlağı kapatsa bile sırt topoğrafyası çatlağın konumunu belli etmektedir. Eski döşenmiş parke taşlarının ise zaman zaman yerinden oynadığı dikkat çekmektedir. Yapılaşmanın çatlak üzerine yapılması halinde çeşitli yapısal hasarlar gözlenmiştir. Bu hasarlar duvarlarda çatlaklar, bina derzlerinde açılmalar şeklinde ortaya çıkmakta ve mesken sahipleri tarafından kısmi tamir yoluyla kapatılmaya çalışılmaktadır. Yapılardaki bu deformasyonlar çatlakların geçtiği hat boyunca gözlenmektedir.

Yapısal olarak değerlendirildiğinde çatlak ve fay davranışları birbirinden farklıdır. Faylar çok kısa bir zaman aralığında hareket ederek deprem üretir ve yapılarda hasar oluşur. Ancak açılma çatlakları daha uzun zaman periyodu içerisinde çok az hareket ederek açılır. Dolayısıyla üzerinde bulunan yapılardaki hasarlar daha uzun zaman içerisinde gözlenir. Bu çatlaklarda su akışının olup olmaması çatlağın hareket etmediği anlamına gelmez. Bölgedeki tektonik açılma devam ettiği sürece birer zayıflık zonu olan bu çatlaklar da açılmaya devam edecektir.



Şekil 13. Karahayıt yerleşim alanının ayrıntılı jeoloji ve kırık haritası

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Denizli Zemar Müh., İnş. San. Tic. Ltd. Şti. tarafından desteklenen PAÜ., Müh. Fak., Döner Sermaye Projesi kapsamında hazırlanmıştır. Yazarlar arazi çalışmalarında gerekli yardım ve kolaylıkları sağlayan Jeoloji Mühendisi Halil Karatay'a teşekkür ederler.

KAYNAKLAR

- Alçıçek, H. 2006.** Denizli Neojen havzası'nın sedimanter fasiyesleri, depolanma ortamları ve paleocoğrafik gelişimi, GB Anadolu, Türkiye. 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri.
- Altunel, E. Ve Barka, A., 1996,** Hierapolis'deki arkeosismik hasarların değerlendirilmesi, TJK Bülteni, 39/2, 65-74
- Altunel, E., 1996.** Pamukkale Travertenlerinin Morfolojik Özellikleri, Yaşları ve Neotektonik Önemleri. *MTA Dergisi*, 118: 47-64
- Altunel, E., Hancock, P.L., 1993.** Morphology and structural setting of Quaternary travertines at Pamukkale, Turkey. *Geol. J.* 28, 335-346.
- Ambraseys, N.N. & Finkel, C. 1995,** *The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas. A Historical Review 1500-1800.* Eren Yayıncılık, İstanbul.
- Brogi, A., Capezzuoli, E., Alçıçek, M.C. and Gandin, A., 2014,** Evolution of a fault controlled fissure-ridge type travertine deposit in the western Anatolia extensional province: the Çukurbağ fissure-ridge (Pamukkale, Turkey), *Journal of Geological Society*, 171, 425-441
- 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*, 8: 67-80
- Demirtaş, R., Erkmen, C. ve Yaman, M. 2000.** Denizli ve yakın civarında deprem üreten diri faylar ve Gökpınar Sulama Barajı'nın depremsellik açısından irdelenmesi. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Web Sitesi, <http://sismo.deprem.gov.tr>, Rapor No:011, Erişim Tarihi: 10.12.2005
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı 2011,** 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Denizli (NJ 35-12) Paftası, Seri No:12, MadenTetkik veArama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye
- Eravcı, B., Yaman, M., Tepeuğur, E., Erkmen, C., Aktan, T., Albayrak, H. Ve Demirtaş, R., 2007,** Batı Anadolu Çöküntü Bölgesinin Paleosismoloji Projesi, Afet İşl. Gen. Md. DAD, Rapor no 5691/1 (DPT2002 K 120050)
- Görkem Mühendislik, 2008,** Denizli Merkez Karahayıt İmar Planına Esas Jeolojik Jeoteknik Etüd Raporu (yayınlanmamış)
- Hancock, P. L. and Altunel, E., 1997,** Faulted Archeological Relics at Hierapolis (Pamukkale), Turkey, *Goedynamics*, 24, ¼, 21-36
- Hancock, P.L., Chalmers, R.M.L., Altunel, E., Çakır, Z., 1999.** Travitronics: using travertines in active fault studies. *J. Struct. Geol.* 21, 903-916.
- Hançer, M., 2013,** Study of the Structural Evolution of the Babadağ-Honaz and Pamukkale Fault Zones and the Related Earthquake Risk Potential of the Buldan Region in SW Anatolia, East of the Mediterranean, *Journal of Earth Science (ISI)* , 24/3, 397-409 pp.,
- Koçyiğit, A. 2005.** The Denizli graben-horst system and the eastern limit of western Anatolian continental extension: basin fill,structure,deformational mode,throw amount and episodic evolutionary history,SW Turkey. *Geodinamica Acta* 18/3-4,167-208.
- Okay, A.İ. 1989,** Denizli'nin güneyinde Menderes Masifi ve Likya Napları'nın jeolojisi, MTA Bul., 109, 45-58 (in Turkish with and English abstract).
- Piccardi, L., 2008,** The AD 60 Denizli Basin Earthquake and the Apparition of Archangel Michael at Colossae (Aegean Turkey). *Geological Society, Special Publications*, 273: 95-105,

doi:10.1144/GSL.SP.2007.273.01.08

Rodríguez-Pascua, M. A., Calvo, J. P., De Vicente, G., and Gómez-Gras, D. 2000. Soft-sediment Deformation Structures Interpreted as Sismit in Lacustrine Sediments of the Prebetic Zone, SE Spain, and Their Potential use as Indicators of Earthquake Magnitudes During the Late Miocene, *Sedimentary Geology* (135)1-4, pp. 117-135.

Westaway, R. 1993. Neogene evolution of the Denizli region of Western Turkey. *Journal of Structural Geology*, 15, 37-53.

(www.sayisalgrafik.com)

(www.iris.edu)

(yerbilimleri.mta.gov.tr) MTA Yerbilimleri Harita görüntüleyici MTA 1/500 000 ölçekli jeoloji-tektonik haritası