

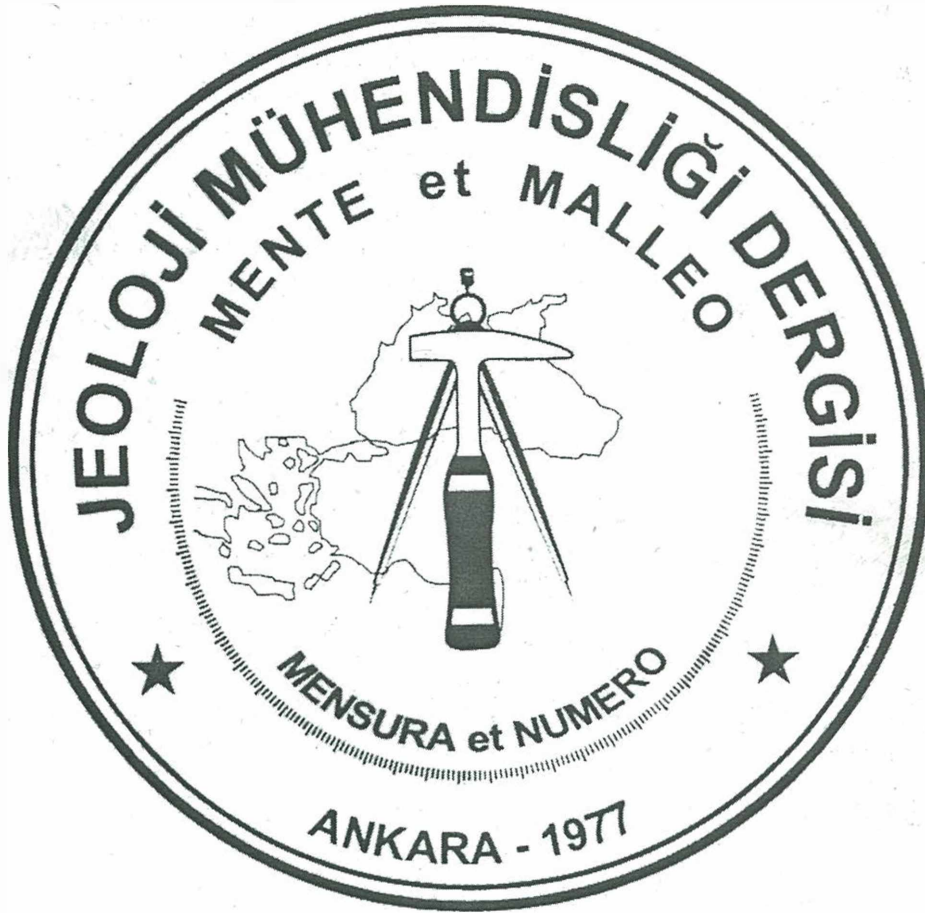
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ

Geological Engineering Journal

Cilt - Volume 31

ISSN 1116 - 9172

Sayı - Number 1 - 2007



TMMOB JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI
Chamber of Geological Engineers of Turkey

Editörler /Editors

Abidin TEMEL
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe - Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: atemel@hacettepe.edu.tr

Mehmet ŞENER
Niğde Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
51200 Niğde
Tel: 0388 225 22 61
E-Posta: msener@nigde.edu.tr

Yurdal GENÇ
Hacettepe Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe-Ankara
Tel: 0312 297 77 55
Fax: 0312 299 20 34
E-Posta: ygenç@hacettepe.edu.tr

Yardımcı Editörler/Asistant Editors

Hüseyin YILMAZ
Cumhuriyet Üniversitesi - Sivas

Sedat TÜRKMEN
Mersin Üniversitesi - Mersin

M. Şefik İMAMOĞLU
Dicle Üniversitesi

Yazışma Adresi
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
PK 464 Yenışehir, 0644 Ankara
Tel: 0312 434 36 01
Fax: 0312 434 23 88
E-Posta: jmo@jmo.org.tr

Yayın Kurulu / Editorial Board

Kemal AKDAĞ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Musa ALPASLAN (Mersin Üniversitesi)
Fehmi ARIKAN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Eşref ATABEY (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Serdar BAYARI (Hacettepe Üniversitesi)
Emel BAYHAN (Hacettepe Üniversitesi)
Berk BESBELLİ (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Muazzez ÇELİK KARAKAYA (Selçuk Üniversitesi)
Tandoğan ENGİN (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü)
Yavuz ERKAN (Hacettepe Üniversitesi)
Okay EROSKAY (Kültür Üniversitesi)
Candan GÖKÇEOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Ergun GÖKTEN (Ankara Üniversitesi)
Fikret KAÇAROĞLU (Cumhuriyet Üniversitesi)
Erçin KASAPOĞLU (Hacettepe Üniversitesi)
Halil KUMSAR (Pamukkale Üniversitesi)
Mahmut MUTLUTÜRK (Süleyman Demirel Üniversitesi)
Eran NAKOMAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)
Nazmi OTLU (Cumhuriyet Üniversitesi)
Ahmet SAĞIROĞLU (Fırat Üniversitesi)
Sönmez SAYILI (Ankara Üniversitesi)
Şakir ŞİMŞEK (Hacettepe Üniversitesi)
Asuman TÜRKMENÖĞLU (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Necati TÜYSÜZ (Karadeniz Teknik Üniversitesi)
Reşat ULUSAY (Hacettepe Üniversitesi)
Hasan YAZICIGİL (Orta Doğu Teknik Üniversitesi)
Bu Sayıda Katkı Verenler:
Mustafa KORKANÇ (Niğde Üniversitesi)

Jeoloji Mühendisliği Dergisi Makale ve Dizin Özleri GeoREF ve Geobase/Geo Abstracts Uluslararası Indexler tarafından taranmaktadır.

The Geological Engineering Journal is indexed and abstracted by GeoRef and GeoAbstracts.

Jeoloji Mühendisleri Odası Chamber of Geological Engineers Yönetim Kurulu / Executive Board

İsmet CENGİZ
Buket Ecemiş YARARBAŞ
Dündar ÇAĞLAN
Çetin KURTOĞLU
Hüseyin ALAN
Ercan BAYRAK
Serap DURMAZ

Başkan / President
İkinci Başkan / Vice President
Yazman / Secretary
Sayman / Treasurer
Mesleki Uygulamalar Üyesi / Member of Professional Activities
Yayın Üyesi / Member of Professional
Sosyal İlişkiler Üyesi / Social Affair Secretary

Jeoloji Mühendisliği Dergisi JMO yayını olup para ile satılamaz.

Jeoloji Mühendisliği Dergisi / Geological Engineering Journal

Cilt 31
Volume

Sayı 1 - 2007
Number

Araştırma Makaleleri / Research Articles

- 1- **Sedat TEMUR - Yeşim TEMUR - Gürsel KANSUN**
Erkilet Bazaltı'nın Jeolojik, Petrografik ve Teknolojik incelemesi, Kayseri, Orta Anadolu
Geological, Petrographical and Technological Investigations of Erkilet Basalt, Kayseri, Central Anatolia
- 15- **İlker ŞENGÜLER**
Orta-Şabanözü (Çankırı) Yöresinin Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli
Geology and Coal Potential of Orta-Şabanözü (Çankırı) Region
- 25- **Mustafa BOZCU - Fuzuli YAĞMURLU - Murat ŞENTÜRK**
Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye
Some Neotectonic and Paleosismological features of the Fethiye-Burdur Fault zone, SW-Anatolia.
- 49- **Mustafa KORKANÇ**
İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı
The Effect of Geomechanical Properties of Ignimbrites on Their Usage as Building Stone: Nevşehir Stone

Erkilet Bazaltı'nın Jeolojik, Petrografik ve Teknolojik İncelemesi, Kayseri, Orta Anadolu *Geological, Petrographical and Technological Investigations of Erkilet Basalt, Kayseri, Central Anatolia*

Sedat TEMUR¹, Yeşim TEMUR² ve Gürsel KANSUN¹

¹ Selçuk Univ., Jeoloji Müh. Böl., 42079, Konya,

² MTA Orta Anadolu. 2. Böl. Müd., 42042 Konya, Turkey,

stemur@selcuk.edu.tr, kansun@selcuk.edu.tr - yesimercan74@yahoo.com

ÖZ

İnceleme alanı Kayseri'nin çevresinde geniş bir kesimi kaplamaktadır. Bazaltlar bu alanın kuzeybatı ve güneydoğu kesimlerinde yaygın olup, Erkilet civarında üretimi yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı Erkilet bazaltlarının jeolojik konumu, mineralojik, petrografik ve petrolojik özellikleri, jeokimyası ve teknolojik testlerine dayalı olarak yapıtaşı olarak kullanılabilirliğini değerlendirmektir. Erkilet Bazaltı, yöredeki Miyosen-Kuvaterner volkanitlerine ait bir birimdir. Mineralojik olarak % 40-42 plajiyoklas mikrolitleri, % 20-25 klinopiroksen, % 18-20 olivin, % 4-5 plajiyoklas fenokristalleri, % 3-5 ortopiroksen, % 4'ten az kalsit, % 4'ten az opak mineral içermekte ve kayaç holokristalin, porfirik dokulu piroksen-bazalt bileşimi vermektedir. Jeokimyasal olarak $K_2O - SiO_2$ dağılımına göre toleyitik-alkali, $(K_2O+Na_2O)-SiO_2$ dağılımına göre bazalt, $Zr/TiO_2 - Nb/Y$ dağılımına göre sub-alkali bazalt, $(Zr/Y)-Zr$ dağılımına göre kıta içi bazaltı, $Y-La-Nb$ dağılımına göre de kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölgenin kıtasal bazaltı bileşimine uymaktadır. Kayacın yoğunluk, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme oranı, basınç direnci, don sonrası basınç direnci, don kaybı ve basınç direnci hem doğal yapı taşı, hem de kaplama taşı olarak kullanıma uygundur. Plaka verme, kenar köşe kesilmesi ve cila alma durumu iyi derecededir. Ortalama aşınma direnci sınır değere çok yakın çıkmaktadır.

Anahtar kelimeler: Bazalt, jeokimya, yapıtaşı, Erkilet, Kayseri

ABSTRACT

The study is executed in a wide area of the around Kayseri. Basalts are prevalent in northwest and southeast of this area, and are produced in the surroundings of Erkilet. The aim of this study is the determination of production as building stone, depending on its geological setting, mineralogical and petrological properties, geochemistry, and technological testes of the basalt. Erkilet Basalt is the unit which belong to Miocene-Quaternary aged volcanites in the area. Mineralogically Erkilet Basalt contains 40-42 % microlites of plagioclase, 20-25 % clinopyroxene, 18-20 % olivine, 4-5 % phenocrystals of plagioclase, 3-5 % orthopyroxene, calcite less than 4 %, opaque mineral less than 4 %, and these basalts which indicate holocrystalline and porphyritic textures have composition of pyroxene-basalt. Geochemically, these rocks conform tholeiitic-alkali composition according to distribution of K_2O-SiO_2 , basalt according to distribution of $(K_2O+Na_2O)-SiO_2$, sub-alkali basalt according to distribution of $Zr/TiO_2-Nb/Y$, intracontinental basalt according to distribution of $(Zr/Y)-Zr$, and composition of continental basalt of late-post orogenic belt indicating effects of continental crust. Density, unit weight, rate of water suction in point of weight,

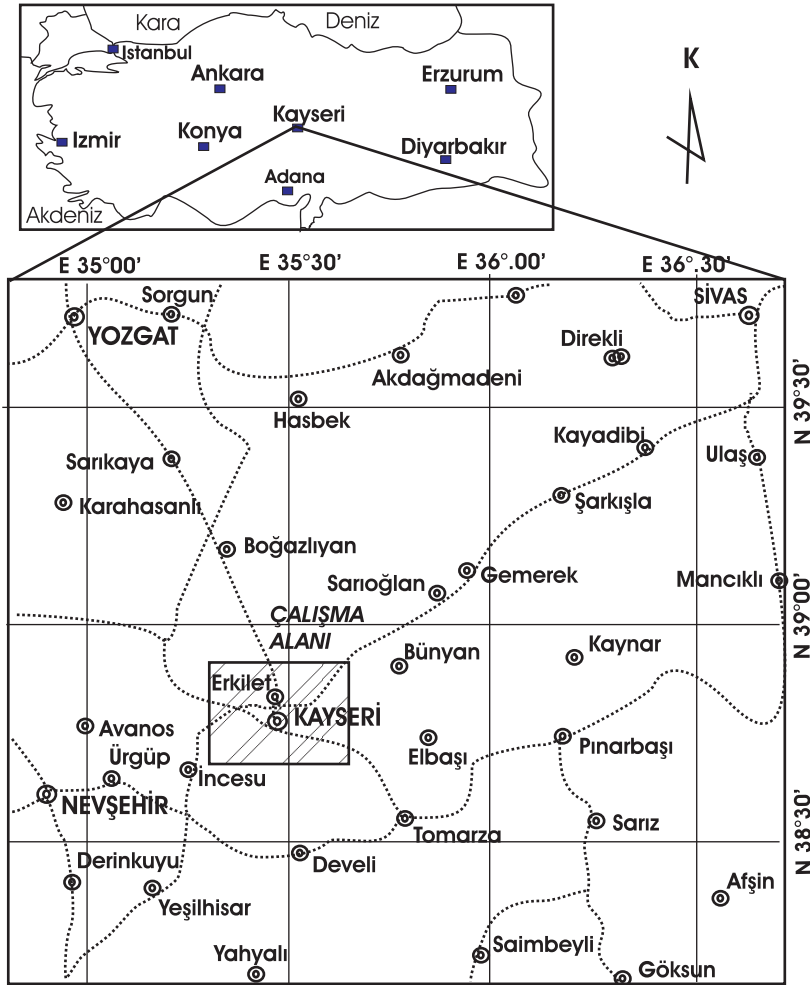
pressure resistance, pressure resistance after than frost, frost loss and pressure resistance of this rock appropriate for using being both natural building stone and coating stone. Plate giving, cutting of edge-corner, and varnish taking of this rock is at good degree. Average abrasion resistance of that is very near to the limit value.

Key words: Basalt, geochemistry, building stone, Erkilet, Kayseri,

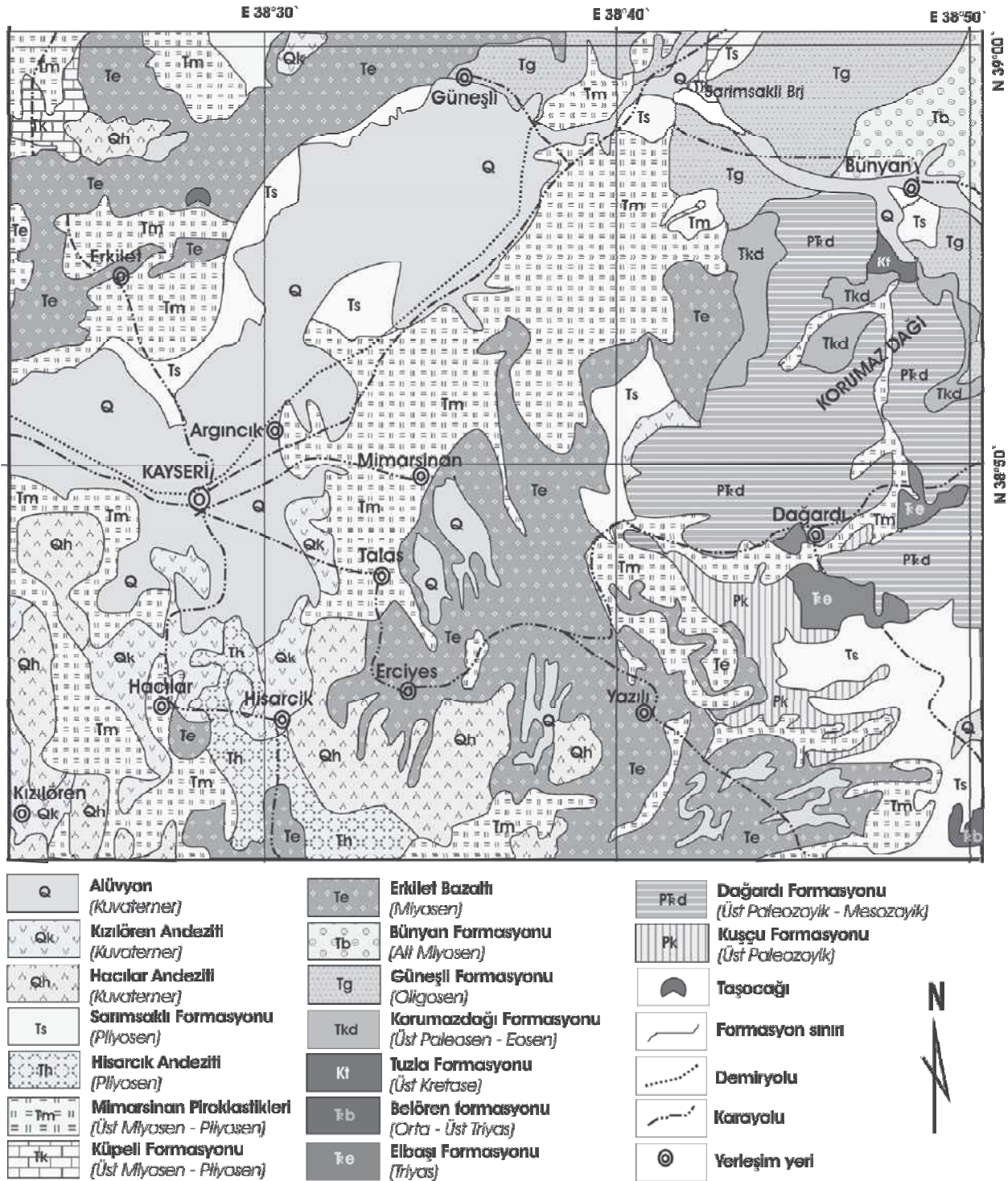
GİRİŞ

İnceleme alanı Kayseri'nin Merkez, Erkilet, Mimarsinan, Talas, Güneşli ilçelerini içeren geniş bir alan kaplamaktadır. İncelenen bazaltlar, Erkilet sınırları içinde yer almaktadır (Şekil 1). Aynı birim Mimarsinan, Dağardı ve Yazılı yörelerinde de yayılım göstermektedir

(Şekil 2). Bu çalışmanın amacı, sözü edilen yöredeki bazaltların mineralojik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini inceleyerek yapıtaşı ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliğinin yorumlanmasıdır. Bu maksatla MTA tarafından hazırlanan 1:500.000 ölçekli jeolojik harita (MTA, 2002)



Şekil 1. İnceleme alanının yerbulduru haritası
Figure 1. Location map of the study area



Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası (MTA, 1/500.000 ölçekli haritadan güncelleştirerek)

Figure 2. Geological map of the study area (modifying from 1/500.000 scaled geological map edited by MTA, 2002)

basitleştirilip güncelleştirilerek bazaltların yakın çevresinin jeoloji haritası hazırlanmış ve yine önceki çalışmalara dayalı olarak bölgesel jeolojik özellikler tanımlanmıştır. Bazaltlardan derlenen numunelerden 10 tane ince kesit hazırlanmış, 12 numunenin ACME (Kanada) Laboratuvarı'nda ICP ve ICP-MS yöntemleri ile standart 4A+4B grubu tüm kayaç ana ve iz element analizleri yaptırılmıştır (Acme, 2007). TS 699 – Tabii yapıtaşları muayene ve deney metodları (TSE, 1987) standardına göre 21 adet 70x70x70 mm, 3 adet 50x50x50 mm, 6 adet 40x40x40 mm, 6 adet 60x120x15 mm boyutlarında deney malzemesi hazırlanmış ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Teknoloji Laboratuvarı'nda standart yapı taşı ve mermer teknolojik testlerine tabi tutulmuştur (MTA., 2007). Elde edilen kimyasal, fiziksel ve mekanik ölçümlere ait veriler standart diyagramlar, veri analizi yöntemleri ve doğal taşların kullanım alanları ile ilgili Türk Standartları sınır değerleri kullanılarak yorumlanmıştır.

İncelenen bazalt Erciyes volkanizmasının ürünü olup, Erciyes volkanizması ve çevresinin jeolojisi ile ilişkili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yalçınlar (1950), Ketin ve Erentöz (1963), Ayrancı (1970), Baykal ve Tatar (1970), Baş ve diğ. (1986), Ercan (1987), Toprak ve Göncüoğlu (1993), Koralay ve Kadioğlu (2003) gibi araştırmacılar yörenin jeolojisini ve volkanitlerin petrolojisini ayrıntılı olarak ele almış ve özetle şu jeolojik bulguları elde etmişlerdir:

Yörede temel kayaçlarını Paleozoyik Erken Mesozoyik devirlerine ait metamorfik kayaçlar (daha çok mermer ve şist) oluşturmaktadır. Bunların üzerine Geç Mesozoyik-Erken Tersiyer'e ait volkanosedimanlar ve karasal çökeller gelmektedir. Bu birimlerin en genci Oligo-Miyosen yaşlı karasal çökellerdir. Erciyes volkanizması

ürünleri bütün bu birimleri keserek örtmekte olup volkanizmanın Miyosen'den Kuvaterner'e kadar devam ettiği tahmin edilmektedir. Yöredeki volkanik ürünler gösel kireçtaşı-kiltaş-marn-tüf aralanması ile başlamakta, üst seviyelere doğru bazalt akıntıları, andezitik domlar ve ignimbritlere geçiş göstermektedir. Bu birimleri Erciyes Dağı konisini meydana getiren dasitik akıntılar, tüfler, dasit-riyolit lavları ve aglomeralar örtmekte ve kesmektedir. Breşler koninin baca kısmını tıkamıştır. Bundan daha genç olarak koninin çevresinde hornblend-klino piroksen andezitik dom ve akıntıları gelişmiştir. Volkanizmada başlayan bazikleşme ile piroksen-bazalt akıntıları, hornblend-hiyolodasit lavları ortaya çıkmış ve süngertaşı patlamaları olmuştur.

İnceleme alanında ve yakın çevresinde daha özel amaçlı çalışmalar da bulunmaktadır. Bunların arasında, yöredeki hiyalobazaltın içindeki labradoritin optik oryantasyonuna göre sınıflandırma yapan Ayrancı (1972), Hırka diyatomitini inceleyen Uygun (1976), yöredeki Cora Maarı'nın fiziksel volkanolojisini ele alan Attila ve Gençalioglu-Kuşçu (2005) sayılabilir.

JEOLojİK KONUM

İnceleme alanında, en yaşlı birimi Üst Paleozoyik (muhtemelen Permiyen) yaşlı mermer oluşturmaktadır (Şekil 2). Kalın - çok kalın tabakalı, gri - beyaz renkli, iri kristalli ve şeker dokulu mermerin tabanı gözlenememekte, üzerinde ise uyumlu olarak Dağardı formasyonu yer almaktadır. Formasyon orta-ince tabakalı, gri - koyu gri renkli mermerle gri-kahverenkli kalkışist ve muskovitşistlerin aralanmasından meydana gelmekte olup Üst Paleozoyik - Mesozoyik (MTA, 2002) (konumuna göre bu çalışmada Üst Permiyen - Alt Triyas) yaşlı verilmiştir. Dağardı formasyonu ile Alt (?) Triyas yaşlı Elbaşı formasyonu yanal - düşey geçişlidir.

Adını inceleme alanının doğusundaki Elbaşı Köyü'nden alan formasyon koyu gri-siyah renkli ve ince tabakalı mermerle ardalanmış ve yer yer içinde grafit seviyeleri bulunduran kalkışist, muskovitçist, kloritçistlerden oluşmaktadır.

Stratigrafik olarak bütün bu birimlerin üzerinde Orta - Üst Triyas yaşlı Belören formasyonu bulunmaktadır. Adını inceleme alanının güneydoğu bitişiğindeki Belören Köyü'nden alan birimin inceleme alanında diğer birimlerle dokanak ilişkisi gözlenmemektedir. Ancak daha düşük metamorfizma derecesi ve litolojik farklılıkları, bu geçişin uyumsuz olabileceğini düşündürmektedir. Belören formasyonu, kalın tabakalı, bej renkli, bol fosilli zonlar içeren sparitik kireçtaşı ile temsil edilmektedir.

Yörede ilk volkanik aktivite Geç Kretase'de başlamış ve bu sırada lav akıntıları, tüf ve ince detritiklerin ardalanmasından ibaret olan Tuzla formasyonuna ait birimler, daha yaşlı birimlerin üzerine uyumsuz olarak çökelmiştir. Bu birimlerin üzerine, yine uyumsuz olarak gelen denizel kumtaşı-kiltaşı-silttaşı - killi kireçtaşı - kireçtaşı ardalanmasından oluşan Korumazdağı formasyonu gelmektedir. İnceleme alanının kuzeydoğu kesiminde bütün bu birimleri Oligosen yaşlı Güneşli formasyonu ve Alt Miyosen yaşlı Bünyan formasyonuna ait karasal kırıntılar örtmektedir (MTA, 2002). Az tutturulmuş kum-kil boyu malzemeden oluşan Güneşli formasyonunun içinde yer yer konglomera bantları gelişmiştir. Alüvyal yelpazeler ve yamaç molozu yığılımları şeklinde gözlenen Bünyan formasyonunda çapraz tabakalanmalar çok belirgindir.

Baş ve diğ. (1986) tarafından Erciyes volkanizmasına bağlı ürünlerin ilk ortaya çıktığı birim, gölsel fasiyesteki kireçtaşı-kiltaşı

- marn ardalanmasının içinde gözlenen tüfler olarak tanımlanmıştır. İstifin içinde aşağıdan yukarı doğru tüf oranı artmakta ve ignimbritlere geçmektedir. İstifin kalınlığı Erkilet yöresinde 400 m kalınlığa varmakta ve geniş yayılım gösteren bu tüf ve ignimbritlerin tabanında bazalt akıntıları bulunmaktadır (Ayrancı, 1970). Bu volkano-sedimenter istifin en üstünde Miyosen (MTA, 2002) yaşlı Erkilet Bazaltları yer almaktadır. İnceleme alanında istifin sadece bu kısmı ayırt edilebilmektedir. Erkilet'in kuzeyinde birkaç kilometre kare alan kaplayan iki yüzlek şeklinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Küpeli formasyonunun karasal karbonatları ortaya çıkmaktadır. Birim gri renkli, killi kireçtaşı ile temsil edilmektedir. İnceleme alanının orta kesiminde geniş yayılım sunan ve tüften aglomeraya kadar değişik boydaki Mimarsinan Piroklastikleri'ne de Üst Miyosen - Pliyosen yaşlı verilmiştir (MTA, 2002). Bu birimle yan al - düşey geçişli olan ve aynı kökenden beslenen Pliyosen yaşlı Hisarcık Andeziti inceleme alanının güneybatı kesiminde yüzelemektedir. Volkanizmanın etki alanının dışında kalan kesimlerde, değişik tane boyuna sahip detritiklerin alüvyal yelpaze ve yamaç molozları şeklinde depolanması ile Pliyosen yaşlı Sarımsaklı formasyonuna ait birimler gelişmiştir. Bütün bu birimleri Kuvaterner yaşlı iki farklı andezit (MTA, 2002) (Hacılar Andeziti ve Kızıllören Andeziti) kesmektedir. İstifin en üstünde ise, özellikle Kayseri-Güneşli arasında geniş alan kaplayan alüvyonlar gözlenmektedir.

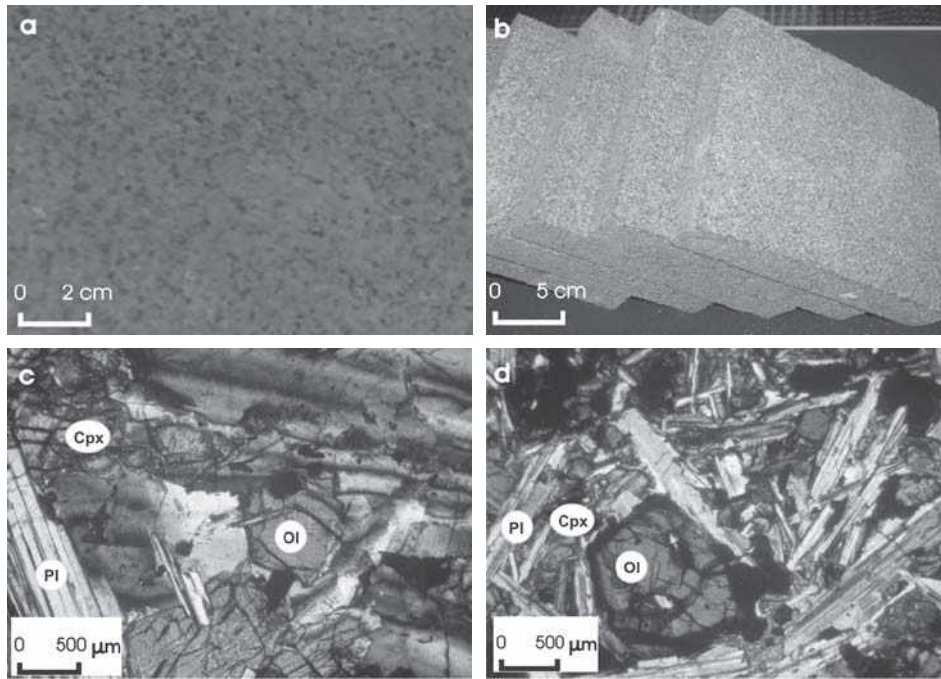
BULGULAR VE TARTIŞMA

Bazaltın Petrografisi

Erkilet Bazaltı koyu gri, siyah olup, makroskobik olarak siyah renkli mafik minerallerin arasını gri mineraller doldurmuş durumdadır (Şekil 3a). Levha şeklinde kesilmiş bazaltın taze yüzeylerinde mafik ve feslik mineral dağılımının tekdüze ve geniş alanlarda benzer oranda olduğu görülmektedir

(Şekil 3b). Mineralojik olarak %40-42 kadar plajiyoklas mikrolitleri, %20-25 arasında klinopiroksen (diyopsit/ojit), %18-20 olivin, %4-5 plajiyoklas fenokristalleri, %3-5 ortopiroksen, %4'ten az kalsit, %4'ten az opak mineral (hematit, manyetit vs) içermektedir. Plajiyoklaslar genellikle hipidyomorf olup zonlanma ve ikizlenmeler yaygın, anortit içeriği ise oldukça değişkendir. İkizlenmeli plajiyoklas tanelerinde yapılan sönme açısı tayinlerine göre bunların bileşiminin andezinden bitovnite kadar değiştiği gözlenmektedir. Kayaç içindeki piroksenleri enstatit ve diyopsit/ojit oluşturmaktadır. Bunlar tipik prizmatik ve sekizgen görünümlerini korumuşlardır. Renksiz ve paralel sönmeli enstatit, beyaz renkli diğer piroksenlerden (bronzit, hipersten) ayrılmaktadır. Kayaçtaki olivin taneleri kısa

prizmatik ve altıgen habitus göstermektedir (Şekil 3c). Karakteristik zonlu çift kırma renkleri ve düz sönmeleri özellikleri belirgindir. Ortama Fe^{+2} gelimi ile olivin tanelerinin hemen hemen tamamı kenarlarından itibaren iddingsitleşmişlerdir (Şekil 3d). Kayaç içindeki kalsit muhtemelen Ca-plajiyoklas (bitovnit gibi) ve/veya diyopsit/ojitin karbonatlaşması ile ortaya çıkmıştır. Genellikle ksenomorf ve çok yüksek çift kırmalı tanelerden meydana gelmektedir. Hematit daha çok manyetit kenar ve dilinimlerinde gelişmiş olup martitleşme ürünü olmalıdır. Bazı olivin tanelerinin çeperinde siyah renkli ve manyetit + piroksen (bir kuşak şeklinde opazitleşme) gözlenmektedir. Bu özellikleri ile kayaç holokristalin, porfirik dokulu piroksen-bazalt bileşimi vermektedir.



Şekil 3. Erkilet Bazaltı'nın makroskobik ve mikroskobik görüntüleri: **(a ve b)** Makroskobik olarak koyu ve açık renkli minerallerin dağılımı; **(c)** Plajiyoklas (Pl) mikrolit ve fenokristallerinin arasında olivin (Ol) ve klinopiroksen (Cpx) taneleri (XN); **(d)** Plajiyoklas (Pl) tanelerinin arasında iddingsitleşmiş olivin (Ol) ve klinopiroksen (Cpx) taneleri (XN).

Figure 3. Macroscopic and microscopic views of Erkilet Basalt: **(a and b)** Monotone distribution of mafic and felsic minerals in basalt; **(c)** Olivine (Ol) and clinopyroxene (Cpx) crystals between microlite and phenocrysts of plagioclase (Pl) (XN); **(d)** An appearance of olivine (Ol) changed to iddingsite between clinopyroxene (Cpx) and plagioclase (Pl) (XN).

Bazaltın Jeokimyası

Erkilet Bazaltı'ndan derlenen 8 adet rasgele numunenin tanımsal istatistik parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir. Burada özellikle eleman sayısı (n=8) düşük olmasına rağmen bütün bileşenlerde değişim aralıklarının çok dar, dolayısıyla aritmetik ortalamalarına göre standart sapmalarının çok küçük olması dikkat çekmektedir. Bu durum, bazaltların bileşiminin oldukça tekdüze olduğunu göstermektedir.

Rojay et al. (2001) tarafından benzer kayalarda geniş LOI aralığı (%14.1-16.8), yüksek CaO (ort %22.8) ve düşük SiO₂ oranları bazaltların altere olduğuna delil olarak gösterilmektedir. İncelenen Erkilet Bazaltı'nın LOI aralığı (%2.3-3.2), CaO (ort. 12.75) ve SiO₂ (ort. %45.84) oranları altere olmadıklarına işaret etmektedir.

Hazırlanan SiO₂-K₂O diyagramında (Şekil 4a) Erkilet Bazaltı'na ait noktalar toleyitik-alkalen sınırına ve daha çok alkalene alana düşmekte ve potasyum oranının çok düşük olduğu görülmektedir. Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen (Zr/TiO₂)-(Nb/Y) dağılım diyagramında numunelere ait noktalar sub-alkali bazalt alanına düşmekte ve dar bir alanda kümelenmektedir (Şekil 4b). Numuneler (SiO₂)-K₂O+Na₂O diyagramında tipik bazalt bileşimi vermekte (Şekil 4c), (Zr/Y)-Zr dağılım diyagramından (Pearce ve Cann, 1973) ise kıta içi bazaltı bileşiminde oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 4d). Cabanis ve Lecolle (1989) tarafından önerilen Y-La-Nb üçgen diyagramında ise Erkilet Bazaltı'nı temsil eden noktaların tamamı kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölgenin kıtasal bazaltlarının bileşimine uyduğu görülmektedir (Şekil 4e).

Hareketli olmayan iz elementler kullanılarak bazaltın aşağıdaki özelliklerinden

Çizelge 1. Erkilet Bazaltı numunelerinin ana oksit, LOI, TOT/C, TOT/S (%) ve iz element konsantrasyonlarının (ppm) tanımsal istatistik parametreleri (n=8).

Table 1. Descriptive statistical parameters of main oxides, LOI, TOT/C, TOT/S (in %) and trace element concentrations of the Erkilet Basalt (n=8)

	En Az	En Çok	Ort.	Std. Sp.
Al ₂ O ₃	16.55	16.97	16.70	0.19
Fe ₂ O ₃	9.52	9.86	9.76	0.16
SiO ₂	45.25	46.36	45.84	0.48
TiO ₂	1.23	1.27	1.25	0.02
CaO	12.34	13.31	12.75	0.41
MgO	6.74	7.03	6.86	0.13
Na ₂ O	3.25	3.33	3.29	0.03
K ₂ O	0.34	0.38	0.36	0.02
MnO	0.14	0.15	0.14	0.00
P ₂ O ₅	0.18	0.19	0.19	0.01
LOI	2.30	3.20	2.73	0.40
TOTC	0.61	0.89	0.74	0.12
TOTS	0.01	0.02	0.01	0.01
As	1.30	1.80	1.58	0.22
Ba	116.00	132.60	122.68	7.67
Co	41.00	44.00	42.43	1.28
Cr	184.70	212.10	196.70	11.69
Cu	49.60	54.60	51.18	2.33
Ga	15.70	17.10	16.50	0.59
Hf	2.60	2.90	2.70	0.14
Mo	0.20	0.40	0.30	0.08
Nb	4.00	4.20	4.15	0.10
Ni	94.00	97.00	95.00	1.41
Pb	1.00	2.30	1.48	0.57
Rb	4.10	5.40	4.85	0.66
Sc	26.00	28.00	27.25	0.96
Sr	386.00	407.00	397.50	9.11
Th	1.40	1.90	1.70	0.22
U	0.30	0.50	0.40	0.08
V	174.00	185.00	177.75	4.92
W	0.10	1.20	0.38	0.55
Zn	44.00	46.00	44.75	0.96
Zr	105.00	111.00	109.50	3.00
Y	21.00	22.50	21.98	0.71
La	8.90	10.00	9.45	0.53
Ce	20.30	21.10	20.60	0.35
Pr	2.77	2.86	2.80	0.04
Nd	12.00	12.40	12.20	0.18
Sm	3.00	3.10	3.08	0.05
Eu	1.00	1.07	1.04	0.03
Gd	3.24	3.49	3.41	0.12
Tb	0.63	0.69	0.65	0.03
Dy	3.96	4.18	4.06	0.10
Ho	0.69	0.78	0.74	0.04
Er	2.09	2.32	2.24	0.10
Tm	0.31	0.35	0.34	0.02
Yb	2.02	2.15	2.09	0.06
Lu	0.29	0.32	0.30	0.01

Bazaltın Jeokimyası

Erkilet Bazaltı'ndan derlenen 8 adet rasgele numunenin tanımsal istatistik parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir. Burada özellikle eleman sayısı (n=8) düşük olmasına rağmen bütün bileşenlerde değişim aralıklarının çok dar, dolayısıyla aritmetik ortalamalarına göre standart sapmalarının çok küçük olması dikkat çekmektedir. Bu durum, bazaltların bileşiminin oldukça tekdüze olduğunu göstermektedir.

Rojay et al. (2001) tarafından benzer kayalarda geniş LOI aralığı (%14.1-16.8), yüksek CaO (ort %22.8) ve düşük SiO₂ oranları bazaltların altere olduğuna delil olarak gösterilmektedir. İncelenen Erkilet Bazaltı'nın LOI aralığı (%2.3-3.2), CaO (ort. 12.75) ve SiO₂ (ort. %45.84) oranları altere olmadıklarına işaret etmektedir.

Hazırlanan SiO₂-K₂O diyagramında (Şekil 4a) Erkilet Bazaltı'na ait noktalar toleyitik-alkalen sınırına ve daha çok alkalene alana düşmekte ve potasyum oranının çok düşük olduğu görülmektedir. Winchester ve Floyd (1977) tarafından önerilen (Zr/TiO₂)-(Nb/Y) dağılım diyagramında numunelere ait noktalar sub-alkali bazalt alanına düşmekte ve dar bir alanda kümelenmektedir (Şekil 4b). Numuneler (SiO₂)-K₂O+Na₂O diyagramında tipik bazalt bileşimi vermekte (Şekil 4c), (Zr/Y)-Zr dağılım diyagramından (Pearce ve Cann, 1973) ise kıta içi bazaltı bileşiminde oldukları anlaşılmaktadır (Şekil 4d). Cabanis ve Lecolle (1989) tarafından önerilen Y-La-Nb üçgen diyagramında ise Erkilet Bazaltı'nı temsil eden noktaların tamamı kıtasal kabuk etkileri gösteren geç-post orojenik bölgenin kıtasal bazaltlarının bileşimine uyduğu görülmektedir (Şekil 4e).

Hareketli olmayan iz elementler kullanılarak bazaltın aşağıdaki özelliklerinden

Çizelge 1. Erkilet Bazaltı numunelerinin ana oksit, LOI, TOT/C, TOT/S (%) ve iz element konsantrasyonlarının (ppm) tanımsal istatistik parametreleri (n=8).

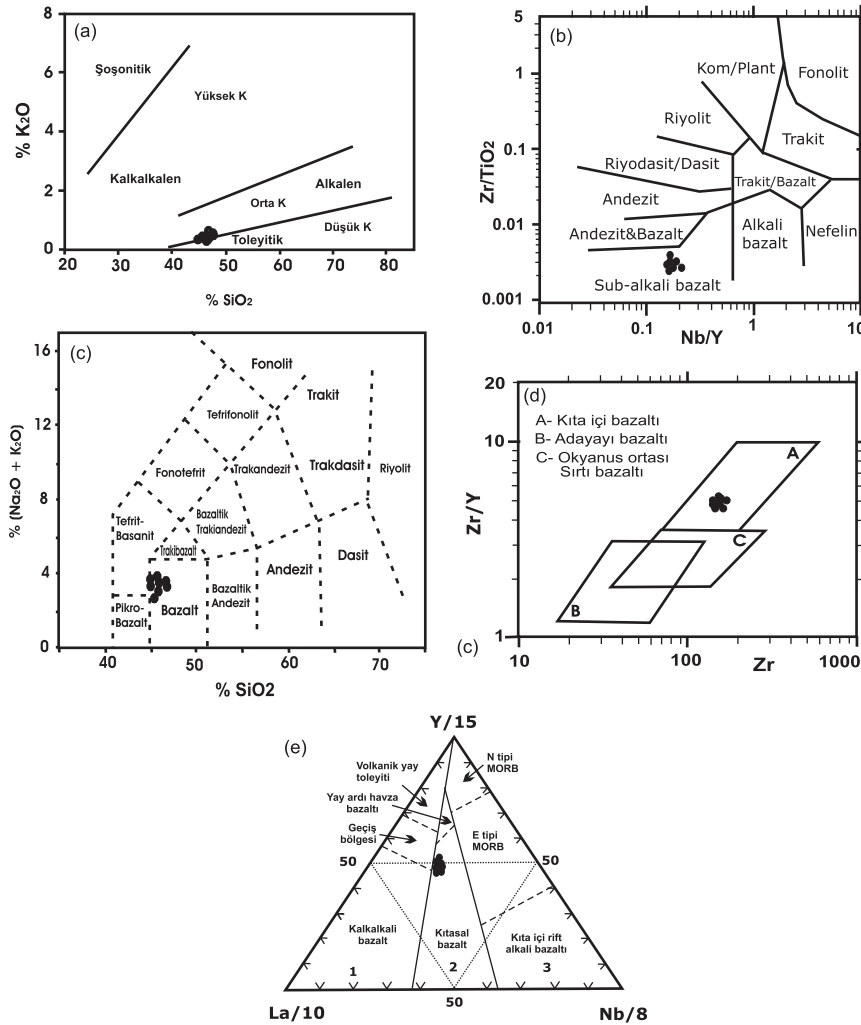
Table 1. Descriptive statistical parameters of main oxides, LOI, TOT/C, TOT/S (in %) and trace element concentrations of the Erkilet Basalt (n=8)

	En Az	En Çok	Ort.	Std. Sp.
Al ₂ O ₃	16.55	16.97	16.70	0.19
Fe ₂ O ₃	9.52	9.86	9.76	0.16
SiO ₂	45.25	46.36	45.84	0.48
TiO ₂	1.23	1.27	1.25	0.02
CaO	12.34	13.31	12.75	0.41
MgO	6.74	7.03	6.86	0.13
Na ₂ O	3.25	3.33	3.29	0.03
K ₂ O	0.34	0.38	0.36	0.02
MnO	0.14	0.15	0.14	0.00
P ₂ O ₅	0.18	0.19	0.19	0.01
LOI	2.30	3.20	2.73	0.40
TOTC	0.61	0.89	0.74	0.12
TOTS	0.01	0.02	0.01	0.01
As	1.30	1.80	1.58	0.22
Ba	116.00	132.60	122.68	7.67
Co	41.00	44.00	42.43	1.28
Cr	184.70	212.10	196.70	11.69
Cu	49.60	54.60	51.18	2.33
Ga	15.70	17.10	16.50	0.59
Hf	2.60	2.90	2.70	0.14
Mo	0.20	0.40	0.30	0.08
Nb	4.00	4.20	4.15	0.10
Ni	94.00	97.00	95.00	1.41
Pb	1.00	2.30	1.48	0.57
Rb	4.10	5.40	4.85	0.66
Sc	26.00	28.00	27.25	0.96
Sr	386.00	407.00	397.50	9.11
Th	1.40	1.90	1.70	0.22
U	0.30	0.50	0.40	0.08
V	174.00	185.00	177.75	4.82
W	0.10	1.20	0.38	0.55
Zn	44.00	46.00	44.75	0.96
Zr	105.00	111.00	109.50	3.00
Y	21.00	22.50	21.98	0.71
La	8.90	10.00	9.45	0.53
Ce	20.30	21.10	20.60	0.35
Pr	2.77	2.86	2.80	0.04
Nd	12.00	12.40	12.20	0.18
Sm	3.00	3.10	3.08	0.05
Eu	1.00	1.07	1.04	0.03
Gd	3.24	3.49	3.41	0.12
Tb	0.63	0.69	0.65	0.03
Dy	3.96	4.18	4.06	0.10
Ho	0.69	0.78	0.74	0.04
Er	2.09	2.32	2.24	0.10
Tm	0.31	0.35	0.34	0.02
Yb	2.02	2.15	2.09	0.06
Lu	0.29	0.32	0.30	0.01

bahsedilebilir; (a) Uyumsuz (incompaitble) iz elementlerin miktarı, tipik bazaltlardan beklenen değerlere göre oldukça düşüktür (mesela Nb = 4.1 ppm); (b) Düşük Nb/Y oranı (ort. 0.2) sub-alkali bazaltı karakterize etmektedir; (c) Yüksek Zr/Nb (ort. 26), La/Nb (ort. 2.3), TiO_2/Zr (ort. 112) ve P_2O_5/Ce (ort. 90) ve çok yüksek Ba/Nb (ort. 29) oranları vermektedir. Bu oranlar Orta Anadolu'daki değişik yastık lavı bazaltlarında Nb=20, Nb/Y=1, Zr/Nb=5, La/Nb=0.5, TiO_2/Zr =86, P_2O_5/Ce =49 ve Ba/Nb=9.5 değerleri elde

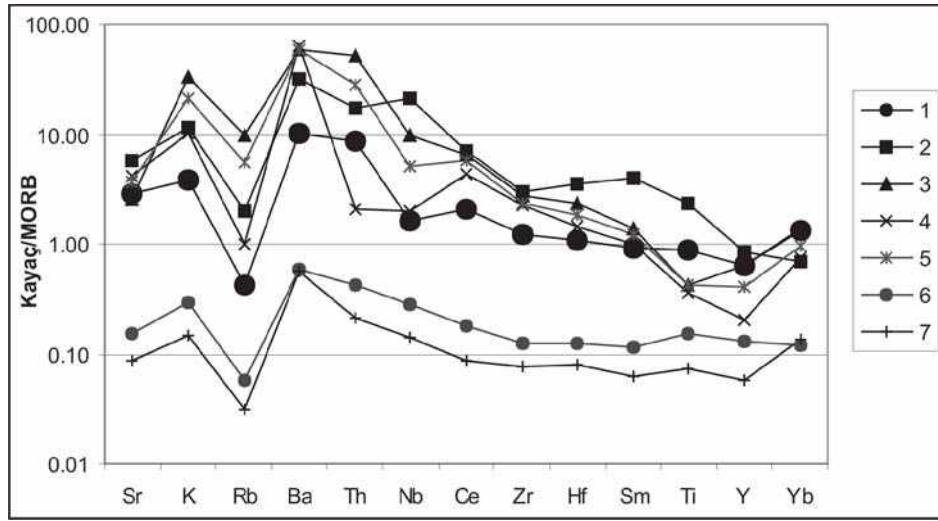
edilmiştir (Rojay et al. 2001). Bu özellikler Erkilet Bazaltı'nın kıta içi, sub-alkali bazalt bileşiminde olduğunu göstermektedir.

Erkilet Bazaltı'nın iyon yarıçapı büyük element miktarları belli başlı jeotektonik ortamlarda gelişmiş benzer bileşimli kayaların değerleri ile karşılaştırıldığı zaman (Şekil 5) daha çok kıta içi alkali bazaltlara ve alt kıtasal kabuk bileşimine yakın oldukları görülmüştür.



Şekil 4. Erkilet Bazaltı'nın kimyasal bileşenlerine göre volkanik kayaların dağılım diyagramlarındaki konumları: (a) SiO_2 - K_2O diyagramı (Wilson, 1989); (b) (Nb/Y) - (Zr/TiO_2) dağılımı (Winchester ve Floyd, 1977); (c) (SiO_2) - (K_2O+Na_2O) diyagramı (Le Bas ve diğ., 1986); (d) (Zr/Y) -Zr diyagramı (Pearce ve Norry, 1979); (e) Y-La-Nb diyagramı (Labanis ve Lecolle, 1989).

Figure 4. Positions of the Erkilet Basalt on volcanic rocks chemical distribution diagrams: (a) SiO_2 versus K_2O diagram (Wilson, 1989); (b) (Nb/Y) versus (Zr/TiO_2) diagram (Winchester ve Floyd, 1977); (c) (SiO_2) versus (K_2O+Na_2O) diagram (Le Bas ve diğ., 1986); (d) (Zr/Y) versus Zr diagram (Pearce ve Norry, 1979); (e) Y-La-Nb triangle diagram (Labanis ve Lecolle, 1989).



Şekil 5. Erkilet Bazaltı'nın bazı ana ve iz elementlerinin jeotektonik ortamlardaki değerlerle karşılaştırması için MORB-normalleştirilmiş dağılım diyagramı; (1. Erkilet Bazaltı; 2. Kıta içi alkali bazalt (Saunders ve Tarney, 1979); 3. Üst kıtasal kabuk (UCC) (Taylor ve McLennan, 1995); 4. Alt kıtasal kabuk (LCC) (Weaver ve Tarney, 1984); 5. Ortalama kıtasal kabuk (Weaver ve Tarney, 1984); 6. İlksel manto (McDonough ve diğ., 1992); 7. Kondrit (Haskin, 1989).

Figure 5. MORB-normalized spider diagram for compare some main oxides and trace element contents of the Erkilet Basalt and some geotectonic environs; (1. Erkilet Basalt; 2. Continental alkali basalt (Saunders ve Tarney, 1979); 3. Upper continental crust (UCC) (Taylor ve McLennan, 1995); 4. Lower continental crust (LCC) (Weaver ve Tarney, 1984); 5. Average of continental crust (Weaver ve Tarney, 1984); 6. Primary mantle (McDonough ve diğ., 1992); 7. Chondrite (Haskin, 1989).

Bazaltın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Doğal yapı taşlarının mekanik özellikleri, bu kayaçların kullanım alanlarının belirlenmesi dışında, ocak ve fabrikalardaki üretim verimliliği üzerinde de oldukça önemli rol oynamaktadır. Erkilet Bazaltı'nın fiziksel ve mekanik özelliklerine ait ölçülen değerler TS 2513 (doğal yapıtaşı standardı) (TSE 1977a) ve TS 1910 (kaplama taşı standardı) (TSE 1977b) ile ilgili sınır değerleri ile karşılaştırıldığı zaman (Çizelge 2) aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

- Kayacın yoğunluk, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme oranı, basınç direnci, don sonrası basınç direnci, don kaybı ve basınç direnci hem doğal yapı taşı, hem de kaplama taşı olarak kullanıma uygundur.

- Plaka verme, kenar köşe kesilmesi ve

cila alma durumu iyi derecededir.

- Görünür porozitesi kısmen yüksek olup, gözeneklerinin önemli kısmı birbiriyle irtibatsız porozlardan meydana geldiğinden ve kayaç mohs sertliği 5 olduğundan bu parametrenin yüksek olmasının kayaç kalitesini olumsuz etkilemeyeceği düşünülmektedir.

- Ortalama aşınma direnci sınır değere çok yakın, sertliği ise TS 6809 standardına (TSE, 1989) göre uygun çıkmaktadır.

- TS 11137 standardına göre (TSE, 1983) dekorasyon için kullanılacak yapı taşlarında darbe dayanımı 4 kgf.cm/cm²'ten ve aşınma direncinin de 15 cm³/50cm²'ten küçük olması istenmektedir. Buna göre Erkilet Bazaltı kaplama taşı olarak dekorasyon alanında kullanımı uygundur.

Çizelge 2. Erkilet Bazaltı'nın TS 699'a göre yapılan teknolojik deney test sonuçları ile TS 1910 ve TS 2513 sınır değerleri
Table 2. *Technological test results (using TS 699 methods) and limit values (according to TS 1910 and TS 2513) of the Erkilet Basalt*

Özellik	Birim	Değer	Doğal Yapı ve Kaplama Taşı	
			Sınır Değer	Referans
Yoğunluk	gr/cm ³	2.993	> 2.55	TS 2513 ve TS 1910
Plaka verme durumu		İyi		
Kenar köşe kesilmesi		İyi		
Cila alma durumu		İyi		
Birim hacim ağırlık	gr/cm ³	2.99	> 2.55	TS 2513
Sertlik	Mohs	5		TS 0809
Atmosfer basıncında su emme	Ağırlıkça (%)	1.4	< 1.75	TS 2513 ve TS 1910
	Hacimce (%)	3.6		
Kaynar suda su emme	Ağırlıkça (%)	2.8		
	Hacimce (%)	7.4		
Basınç direnci	kg/cm ²	900	> 140	TS 2513
Don sonrası basınç direnci	kg/cm ²	810	> 500	TS 2513 ve TS 1910
Don kaybı	%	0.03	< 5	TS 2513
Darbe direnci	kgf.cm/cm ²	14.0	> 6	TS 2513
Eğilme direnci	kgf./cm ²	176	75 – 80	TS EN ISO 6946
Görünür porozite	%	3.6	< 2	TS 1910
Doluluk oranı	%	88.0		
Gözeneklilik derecesi	%	12.0		
Ortalama aşınma direnci	cm ³ /50cm ²	15.2	< 15	TS 2513 ve TS 1910

Erkilet Bazaltı'nın bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin benzer kayalarla karşılaştırmasını gösteren değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre;

- Yoğunluğu oldukça yüksektir,
- Görünür porozitesi Ağrı ve Gölbaşı taşlarına göre oldukça düşüktür.
- Don kaybı ve ortalama aşınma direnci diğer taşlara benzemektedir.
- Basınç direnci ve don sonrası basınç direnci değerleri benzerlerinden oldukça yüksektir.

Bazalt Yünü ve Agrega Üretimine Uygunluğu

Bazalt yünü veya bazalt elyafı (basalt fiber/fibre) bazaltın çok ince liflerinden yapılmış bir malzemenin adıdır (Wikipedia, 2007). Bazalt yünü aynı zamanda karbon yünü veya cam yünü (fiberglass) adı verilen malzemelerle benzer olup, cam yününe göre hem daha üstün fiziko-mekanik özelliklere sahiptir, hem de önemli denecek kadar ucuzdur. En fazla havacılık ve otomotiv endüstrilerinde ve ateşe dayanıklı tekstil yapımında kullanılmaktadır. Erkilet bazaltı gerek kimyasal, gerekse mineralojik olarak tipik bazalt bileşimi veren kayacın değişmeden geniş alanlar kaplamasından dolayı bazalt yünü üretimi bakımından elverişli olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 3. Erkilet Bazaltı ile yapıtaşı olarak kullanılan bazı benzer kayaçların fiziko-mekanik özelliklerinin karşılaştırması (Y: Yoğunluk; Gp: Görünür porozite; Dk: Don kaybı; Bd: Basınç direnci; Dsbd: Don sonrası basınç direnci; Oad: Ortalama aşınma direnci)

Table 3. Comparison of Erkilet Basalt and some similar building stone on their technological features (Y: Dencity, Cp: Appearance porosity, Dk: Freezing Loss; Bd: Pressure strength; Dsbd: Pressure strength after freezing; Oad: Average abrasion strength)

Kayaç	Y (gr/cm ³)	Gp (%)	Dk (%)	Bd (kg/cm ²)	Dsbd (kg/cm ²)	Oad (cm ³ /50cm ²)
Ağın kırmızı (1)	2.15	8.02	0.31	573	546	19.0
Ağın pembe (1)	2.14	7.83	0.30	652	623	15.5
Ağın gri (1)	2.14	2.91	0.28	755	743	10.0
Gölbaşı – Ankara (2)	2.24	9.51	-	237	-	18.1
Bergama andeziti (3)	-	-	-	716	-	21.1
Korkun pembe (4)	2.18	-	-	892	474	-
Kurşunlu (4)	2,31	-	-	687	603	-
Orduzu – Riyolit (5)	2.59	0.40	0.02	153	145	-
Orduzu – Dasit (5)	2.60	0.80	0.05	182	179	-
Orduzu – Bazalt (5)	2.72	0.80	0.05	133	132	-
Andezit (6)	>2.55	-	<1.00	>600	-	>17
Erkilet Bazaltı (7)	2.99	3.60	0.03	900	810	15.2

(1) Kuşçu ve diğ. (2003) (2) Yener (2000) (3) Koca ve diğ. (2001)
(4) İMMİB, 2001 (5) Önel ve diğ. (2005) (6) Şentürk ve diğ. (1995)
(7) Bu çalışma

Bazalt agregasının yoğunluğu yüksek olduğundan, nükleer santraller gibi, ağır beton uygulamalarının gerekli olduğu yerlerde tercih edilmektedir. Erkilet Bazaltı ile aynı volkanizmanın ürünü olan ve fiziksel-mekanik test sonuçları bunlara çok yakın çıkan Karataş (Niğde) yöresi bazaltlarının agrega olarak kullanıma uygun olduğu ve ayrıca özel beton üretimine elverişli dayanım potansiyeli taşıdığı belirtilmektedir (Korkanç ve Tuğrul, 2003).

SONUÇLAR

Erkilet (Kayseri) yöresinde yüzeyleyen ve halen yapıtaşı olarak üretimi yapılan Erkilet Bazaltı'nın jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve teknolojik özelliklerinin incelenmesi ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

· Yörede temel kayaçlarını Geç Paleozoyik - Eosen zaman aralığında çökelmiş

metamorfik, sedimanter ve volkano-sedimanter birimler oluşturmaktadır. Miyosen'de sedimanlarla ardalanmalı şeklinde başlayan volkanik ürünlerin oluşumu Kuvaterner'e kadar sürmüştür. Bu dönemde sırasıyla Miyosen yaşlı Erkilet Bazaltı, Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Küpeli formasyonuna ait karasal karbonatlar, Pliyosen yaşlı Mimarsinan Piroklastikleri ve karasal kırıntılardan meydana gelen Sarımsaklı formasyonu ile Kuvaterner yaşlı Kızılören Andeziti gelişmiştir.

· Erkilet Bazaltı mineralojik olarak %40-42 plajiyoklas mikrolitleri, %20-25 klinopiroksen, %18-20 olivin, %4-5 plajiyoklas fenokristalleri, %3-5 ortopiroksen, %4'ten az kalsit, %4'ten az opak mineral içermekte ve kayaç holokristalin, porfirik dokulu piroksen-bazalt bileşimi vermektedir.

· Erkilet Bazaltı jeokimyasal olarak toleyitik/sub-alkali kıta içi bazaltı bileşimindedir.

· Kayacın yoğunluk, birim hacim ağırlığı, ağırlıkça su emme oranı, basınç direnci, don sonrası basınç direnci, don kaybı ve basınç direnci hem doğal yapı taşı, hem de kaplama taşı olarak kullanıma uygun değerler sunmaktadır. Plaka verme, kenar köşe kesilmesi ve cila alma durumu iyi derecededir. Ortalama aşınma direnci sınır değere çok yakın çıkmaktadır.

· Erkilet Bazaltı'nın bazalt lifi ve agrega üretimine uygunluğu araştırılmalıdır.

KATKI BELİRTME

Araştırmacılar, bu makalenin hazırlanmasında destek gördükleri AKMADEN A. Ş'nin sahibi ve çalışanlarına, katkılarından dolayı teşekkür ederler.

DEĞİNİLEN BELGELER

Acme, 2007. <http://www.acmelab.com>

Atilla, C., Gençlioğlu Kuşçu, G., 2005. Cora Maarı'nın (Erciyes volkanik bölgesi) fiziksel volkanolojisi; Türkiye Jeoloji Bült., 48, 2, 43-58

Ayrancı, B., 1970. Orta Anadolu'da Kayseri civarında Erciyes volkanik bölgesinin kantitatif incelemelere istinaden petrolojisi ve jeolojisi; Maden Tetkik ve Arama Derg., 74, 13-24

Ayrancı, B., 1972. Orta Anadolu Erciyes bölgesi hiyalobazaltı yüksek temperatur laboratorinin optik oryantasyonu; Maden Tetkik ve Arama Derg., 78, 21-29

Baş, H., Güner, Y., Emre, Ö., 1986. Erciyes Dağı volkanitlerinin özellikleri; Selçuk Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg., 1, 29-44

Baykal, F., Tatar, Y., 1970. Erciyes volkanizmasının yaşı hakkında gözlemler; Türkiye Jeol. Kur. Bült., 13, 19-25

Ercan, T., 1987. Orta Anadolu'daki Senozoyik volkanizması; Maden Tetkik ve Arama Derg., 107, 119-140

Haskin, L. A., 1989. Rare earth elements in lunar materials; Chemistry and Mineralogy of Rare Earth Elements (Ed. B. R. Lipin and G. A. McKay), Review in Mineralogy, Vol 21, The Mineralogical Society of Amer., 227-257.

İMMİB, 2001. Türkiye doğal taş envanteri (Kuşçu ve diğ., 2003'den).

Ketin, İ., Erentöz, C., 1963. 1:500.000 jeoloji haritası Kayseri paftası; Maden Tetkik ve Arama Genel Müd., 83 s

Koca, M. Y., Yavuz, B., Kıncal, C., 2001. Andezitlerin dış mekan kaplama taşı olarak kullanımında Bergama örneği; Türkiye 3. Mermer Semp., Afyon, Bildiriler, 99-112

Koralay, T., Kadioğlu, Y. K., 2003. İgnimbiritlerin taban ve tavan ilişkilerini belirleyen petrografik veriler: İncesu (Kayseri) ignimbiriti; Selçuk Üniv. Müh. Mim. Fak. Derg., 18, 1, 43-54

Korkanç, M., Tuğrul, A., 2003. Suitability of Quaternary basalts for concrete aggregates; Intern. Symp. Industrial Minerals and Building Stones, Istanbul, Proceedings, 667-673

Kuşçu, M., Yıldız, A., Bağcı, M., 2003. Investigation of Ağın andesite as a building stone (İscehisar – Afyon, W-Turkey); Intern. Symp. Industrial Minerals and Building Stones, Istanbul, Proceedings, 243-252

Labanis, B., Lecolle, M., 1989. Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8: un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de melange et/ou de contamination crustale; C.R. Acad. Sci. Ser. II, 309, 2023-2029

Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali – silica diagram; Journal of Petrology, 27, 745-750

McDonough, W. F., Sun S.-S., Ringwood A. E., Jagoutz E., Hofmann A. W., 1992. Potassium, rubidium, and cesium in the Earth and Moon and the evolution of the mantle of the Earth. Geochim. Cosmochim. Acta 56, 1001-1012.

MTA, 2002. 1:500.000 jeoloji haritası Kayseri paftası (Ed. M. Şenel); Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.

- MTA, 2007. <http://www.mta.gov.tr>
- Önal, A., Eren, D., Önal, A. ve Depci, T., 2005. Orduzu (Malatya) Volkanitleri'nin mermer ve yapıtaşı olarak kullanılabilirliği; *Geosound / Yerbilimleri*, 46, 229-244
- Pearce, J. A., Cann, J., 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks using trace element analyses. *Earth Planetary Science Letters* 19, 290-300
- Pearce, J. A., Norry, M. J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 69, 33-47
- Rojay, B., Yalınız, K. M., Altın, D., 2001. Tectonic implications of some Cretaceous pillow basalts from the North Anatolian ophiolitic melange (Central Anatolia– Turkey) to the evolution of Neotethys; *Turkish J. Earth Sci.*, 10, 93-102
- Saunders, A. D., Tarney, J., 1979. The geochemistry of basalts from a back-arc spreading centre in the East Scotia Sea; *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 43, 4, 555-572
- Şentürk, A., Gündüz, L., Sarıışık, A., 1995. Yapı ve kaplamataşı olarak kullanılan endüstriyel kayalara teknik bir bakış; *Endüstriyel Hammaddeler Semp.* (Ed: Köse ve Kızıl), İzmir, 331–339
- Taylor, S. R. McLennan, S. M., 1995. The geochemical evolution of the continental crust; *Reviews in Geophysics* 33: 241-265
- Toprak V., Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of the Neogene – Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey; *Geological Journal*, 28, 357-369
- TSE, 1977a. Doğal yapı taşları; *Türk Standart. Enst.*, TS 2513, 6 s
- TSE, 1977b. Kaplama olarak kullanılan doğal taşlar; *Türk Standart. Enst.*, TS 1910, 7 s
- TSE, 1983. Kireçtaşı (kalker) – yapı ve kaplama taşı olarak kullanımı; *Türk Standart. Enst.*, TS 11137, 18 s
- TSE, 1987. Tabii yapı taşları – muayene ve deney metodları; *Türk Standart. Enst.*, TS 699, UDK 691.2, 30 s
- TSE, 1989. Mohs sertlik cetveline göre sertlik tayini; *Türk Standart. Enst.*, TS 6809, 4 s
- Uygun, A., 1976. Hırka (Kayseri) diatomit yatağının jeokimyası ve oluşumu; *Türkiye Jeol. Kur. Bült.*, 19, 2, 127-132
- Weaver, B.L., Tarney, J. 1984. Empirical approach to estimating the composition of the continental crust.; *Nature* 310: 575-577
- Wikipedia, 2007. http://en.wikipedia.org/wiki/Basalt_fiber
- Wilson, M., 1989. *Igneous petrogenesis*; Unwin Hyman Press, London, 456 pp
- Winchester, J. A., Floyd, P. A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements; *Chemical Geology*, 20, 325-343.
- Yalçınlar, İ., 1950. Türkiye'nin yeni volkanik arazisinin bazı morfolojik hususiyetleri; *Türkiye Coğrafya Derg.*, 18, 19, 18-119
- Yener, L., 2000. Andezit üretimi ve kullanımı artıyor; *Mermer ve Doğal Taş Sekt. Derg.*, 24, 118-120

Orta-Şabanözü (Çankırı) Yöresinin Jeolojisi ve Kömür Potansiyeli Geology and Coal Potential of Orta-Şabanözü (Çankırı) Region

İlker ŞENGÜLER

MTA Genel Müdürlüğü Enerji Dairesi, 06520 Ankara

ÖZ

Çalışma alanı, Orta - Şabanözü (Çankırı) bölgesinde yer almaktadır. Bölgede Triyas' tan Kuvaterner' e kadar değişik nitelikte kaya birimleri yüzeylemektedir. Sahada Triyas yaşlı birim Köşrelilik formasyonu, Kretase yaşlı birim Eldivan ofiyolitidir. Miyosen yaşlı kaya birimleri ise Kurtsivrisi volkanitleri, Hançili formasyonu, Karakoçaş formasyonu, Hüyükköy formasyonu, Eregez aglomerası ve Aydos bazaltıdır. Bölgede Pliyosen yaşlı kayalar, Orta formasyonu ve Büyükyakalı formasyonu ile temsil edilir. Kuvaterner' de alüvyon oluşmuştur. Tersiyer yaşlı birimlerden, Eregez aglomerası, Hançili formasyonu ve Orta formasyonu kömür içermektedir.

Havzanın oluşumunun Geç Kretase başından itibaren Neo-Tetis okyanusunun kuzeye doğru hem Sakarya kıtası hem de kendi altına dalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Çankırı havzasının Neojen' deki gelişiminde ise birbirinden farklı yorumlar mevcut olup bunun temelinde gözlem farklılıkları yatmaktadır. Orta ve Şabanözü (Çankırı) arasında kalan bölgede kömürleşme Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller içerisinde yer almaktadır. Pliyosen yaşlı Orta formasyonunun içerdiği linyit düzenli bir yayılıma sahip olmakla beraber havzanın belirli bir bölümünde yer almaktadır. Miyosen yaşlı çökeller içerisindeki linyit oluşumları ise düzenli ve devamlı bir yayılım göstermemektedir. Havzanın kuzeybatısında genellikle Eregez aglomerası olarak ayrılmış olan birim içerisinde, havzanın güneydoğusunda ise Hançili formasyonu içerisinde gözlenen linyit oluşumları Miyosen yaşlı çökellerin girikliği nedeniyle net olarak ayrılmamaktadır.

ABSTRACT

The study area is located in the Orta-Şabanözü (Çankırı) region. Various rock units of Triassic to Quaternary crop out. Triassic unit in the area is Köşrelilik formation, the Cretaceous unit is Eldivan ophiolite. The Miocene rock units are Kurtsivrisi volcanics, Hançili formation, Karakoçaş formation, Hüyükköy formation, Eregez agglomerate and Aydos basalts. Pliocene rocks in the area are represented by Orta formation and Büyükyakalı formation. Alluvium is formed in Quaternary. Of Tertiary units, Eregez agglomerate, Hançili formation and Orta formation contain coal.

It is considered that formation of the basin is associated with northward subduction of Neo-Tethys ocean under both Sakarya continent and itself since the beginning of Late Cretaceous. There are various comments on the Neogene evolution of Çankırı basin resulting from various observations. In the area between Orta and Şabanözü (Çankırı) coalification is within Miocene and Pliocene deposits. Although lignites of Pliocene Orta formation show a regular extent, they are occurred in a specified part of the basin. Lignite formations within Miocene deposits have no regular and continuous extent. Lignite formations, generally observed within the unit differentiated as Eregez agglomerate in NW of the basin and within Hançili formation in SE of the basin, are not differentiated clearly owing to the interference of Miocene deposits.

Key words: Orta-Şabanözü (Çankırı), geology, coal (lignite)

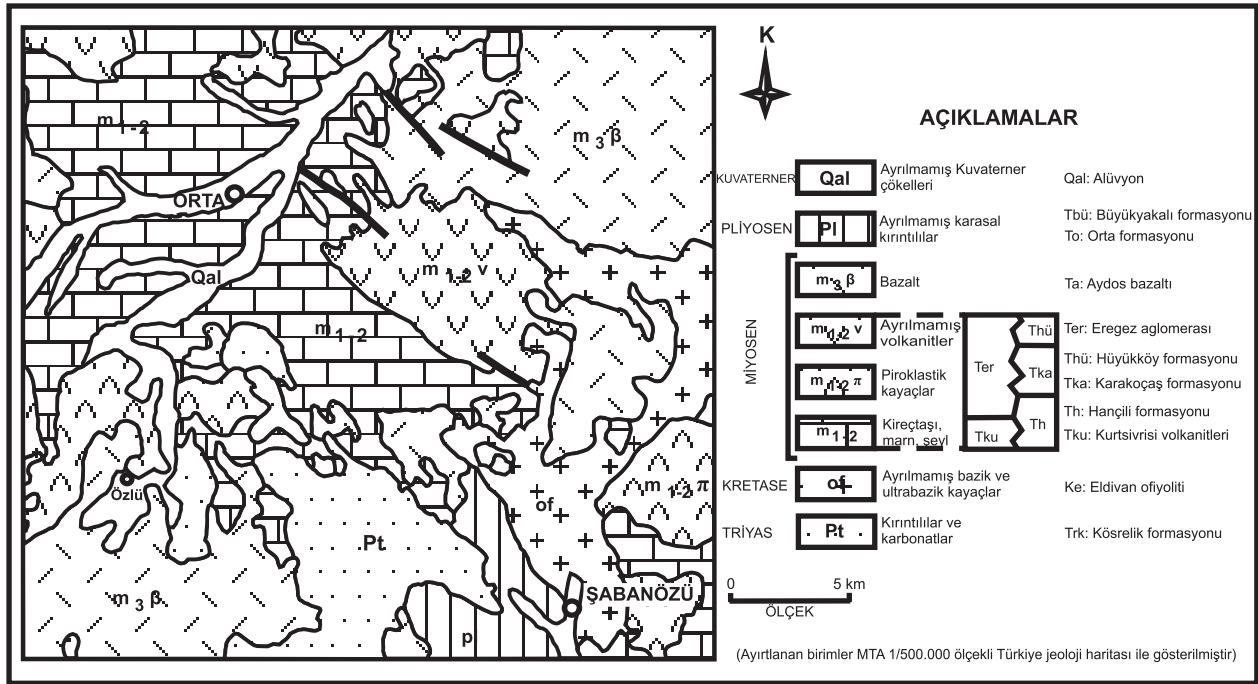
GİRİŞ

Çankırı havzası Orta Anadolu'da önemli sedimanter havzalardan biridir. Bölgede Birgili ve diğ. (1975) ayrıntılı jeolojik haritalar yaparak, petrolü olabilecek alanları belirlemişlerdir. Akyürek ve diğ. (1980) bölgenin stratigrafik ve tektonik durumunu aydınlatmak amacıyla ayrıntılı jeolojik çalışmalar yapmışlardır. Turgut ve Altınay (1981) bölgedeki linyitli mostralardan ve çevresinin etüdünü yaparak, değişik yerlere arama sondajı yapılmasını önermişlerdir. Siyako (1987) yöredeki kömür oluşumlarını incelemiş, sondaj önerilerinde bulunmuştur. Kömür jeolojisi bölümünde volkanitlerdeki kömürleşmeyi ve kömür mostralardan, göl-akarsu çökellerindeki kömürleşmeyi ve kömür mostralardan, gölsel çökellerdeki kömürleşmeyi ve kömür mostralardan ayrı ayrı incelemiştir. İcel (1993) bölgedeki kömürün özelliklerini vermiş ve daha önce sahada yapılmış olan sondajları değerlendirmiştir. Ayrıca sondajlara dayanarak yapılan rezerv hesaplamalarında kullanılan kriterlere de raporunda yer vermiştir. Karadenizli (1999) Çankırı-Çorum Havzası'nın 10.000 m'yi aşkın kalınlıkta ve yaşı Paleosen'den başlayarak Pliyosen'e kadar uzanan yaş aralığında bir dolgununun olduğu belirtmiştir. Karadenizli ve Kazancı (2000) havzanın Geç Eosen-Erken Miyosen aralığına ait istiflerinin havzanın güneyinde ve kuzeyinde farklılıklar gösterdiği belirtmiştir. Bu farklılığın nedeni alt havzalardaki depolanmaya bağlanarak, kuzeyde bulunan alt havzaya Kızılırmak-Bayat Alt Havzası, güneydekine ise Yozgat-Yerköy Alt Havzası isimleri verilmiştir. Bu iki havza Uğurludağ Sulakyurt yükselimi tarafından ayrılmıştır. Kızılırmak-Bayat Alt Havzası'nda alüvyal yelpaze ve daimi göllerden oluşan ortam yer alırken, Yozgat-Yerköy Alt Havzası'nda sığ denizel, kısmen karasal ortamların hakim olduğu vurgulanmıştır. Karadenizli ve diğ.

(2004) Çankırı-Çorum Havzasının Batı ve Güney Kesimini içeren çalışmalarında Çankırı-Çorum havzasının Oligosen-Pleyistosen zaman aralığındaki stratigrafisini ele almıştır. Stratigrafinin kurulmasında memeli paleontolojisi önemli bir yer tutmakta olup ayrıca bölgenin Oligosen sonrası tektonik rejimi de ortaya konmuştur. Yapılan sedimantolojik çalışmalar sonucu havzada 3 evre halinde evaporitik gelişim belirlenmiştir. Bunlar Oligosen, Geç Miyosen ve Pliyosen dönemlerinde yer almaktadır. Bölgedeki farklı yaş aralıklarındaki karasal istifler, sürekli evaporit özelliklerini koruyamayan ve zaman zaman da acı su ve tatlı su özelliği kazanan göl ortamlarında çökelmişlerdir. İklimsel değişimlerin yanında tektonizmanın da etkili olduğu drenaj sistemlerinin göl sedimantasyonunda rol oynadığı çalışma ile ortaya konmuştur. Çankırı-Çorum havzasında Erken-Geç Miyosen döneminde tropik-yarı tropik iklim koşullarının geliştiği ve evaporitik olmayan istiflerin olduğu gözlenmektedir. Bu zaman aralığında Kumartaş ve Hançili formasyonları depolanmıştır. Miyosen'deki Hançili gölü havzanın batı kenarında çok geniş alanları kaplamış ve organik maddece zengin kiltaşları (bitümlü şeyller), kireçtaşları ve kıyı alanlardaki bataklıklarda ise kömürler oluşmuştur. Bu gölün çevresindeki kara alanlarında ise alüvyon yelpazeler ve akarsular gelişmiştir.

JEOLJİ ve STRATİGRAFI

Bölgede Triyas-Kuvaterner zaman aralığında oluşmuş metamorfik, magmatik ve sedimanter kayaçlar yüzeylemektedir (Şekil 1). Önceki çalışmalarla bütünlük sağlaması için eski adlamalar kullanılmış olup bölgesel jeoloji ve stratigrafi yine eski çalışmalara dayanarak yeni gözlemler ışığında yorumlanarak sunulmuştur (Şekil 2).



	BİRGİLİ vd. 1975	AKYÜREK vd. 1980	SİYAKO 1987	KARADENİZLİ vd. 2004	ŞENGÜLER 2007	
KUVATERNER	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	Alüvyon	
PLİYOSEN	Değim	Büyükyakalı	Büyükyakalı	Değim	Eski Alüvyon	
		Aydos		Bozkır	Büyükyakalı	
MIYOLEN	Bozkır	Eregez	Aydos	Bayındır	Aydos	
	Kızılırmak	Karakoçuş	Bozkır	Hançili	Eregez	
	Bayındır	Hançili	Kızılırmak			Kumartaş
		Kumartaş	Ödek	Karakoçuş	Kumartaş	Karakoçuş
		Kurtsivrisi	Kurtsivrisi	Hançili	Kılçak	Kurtsivrisi
					Hançili	

Kösrelilik formasyonu (Trk)

Bölgede Kösrelilik formasyonu; metakonglomera, metakumtaşı, metasilttaşı, kumlu kireçtaşı, kuvars-mikaşist ve metavolkanitlerden oluşmuştur. Genellikle sarı-boz ve kahverengidir. Formasyonun alt sınırı görülmemekte olup Eldivan ofiyoliti (Ke), Kösrelilik formasyonu üzerinde tektonik dokanakla yer almaktadır. Kösrelilik formasyonunun kalınlığı yaklaşık 500 m, yaşı ise Triyas olarak verilmektedir (Siyako, 1987).

Eldivan ofiyoliti (Ke)

Serpantinit, spilit, gabro, çörtlü kireçtaşı, radyolarit ve diyabaz litolojilerinin karışımından oluşmuştur. Ayrıca; Triyas, Jura ve Kretase yaşlı bloklar içermektedir. Ofiyolit, Triyas yaşlı formasyonlar üzerine tektonik dokanakla gelmiştir (Siyako, 1987). Eldivan ofiyolitinin yerleşme yaşı Akyürek ve diğ., (1980) tarafından Erken Kretase olarak verilmiştir.

Kurtsivrisi volkanitleri (Tku)

Birim çoğunlukla sarı ve kırmızı renklere, sert ve soğuma eklemli olarak görülür. Genellikle andezit ve andezitik tüflerden oluşmuştur. Triyas ve Kretase yaşlı birimleri kesmiş ve üzerlerine akarak yerleşmiştir (Siyako, 1987). Kurtsivrisi volkanitleri Hançili formasyonu ile eş zamanlı olup yaşı Miyosen'dir (Akyürek ve diğ., 1980).

Hançili formasyonu (Th)

Kalecik'e bağlı Hançili Köyü çevresinde geniş bir alanda yayılım gösterir. Açık sarı, boz ve yeşilimsi renkli kumtaşı, silttaşı, marn, killi kireçtaşı ve tüfit aralanmasından oluşmuştur (Siyako, 1987), (Akyürek ve diğ., 1980). Özellikle alt ve orta seviyeleri linyit ve bitümlü şeyl içermektedir. Birim ince tabakalı ve laminalı olup kırılma ve ayrışması pulcuklar şeklindedir. Kumtaşları polijenik özellikte olup tanelerde boylanma ve yuvarlaklaşma

oldukça belirgindir. Kireçtaşı, kuvars, feldspat, metamorfik ve volkanik kayaç parçalarından oluşan taneler az tutturulmuş olup çimentosu karbonat, silis ve kilden oluşmuştur. Hançili formasyonu yanal olarak Kurtsivrisi volkanitleri ve Eregez aglomerası ile giriktir. Üzerinde ise kaba detritiklerden oluşan Karakoçaş formasyonu ile geçişlidir. Formasyonunun kalınlığı daha önceki çalışmacılar tarafından 500 m olarak verilmektedir (Akyürek ve diğ., 1980). Hançili formasyonu fosil bakımından oldukça fakirdir ancak bazı kömürlü seviyelerden alınan örneklerin pollen analizlerinden Geç Miyosen yaşı elde edilmiştir (Akyürek ve diğ., 1980). Birim bölgede gelişen göl ortamında çökelmiştir. Yersel olarak görülen jipsli seviyeler ile omurgalı fosilleri gölün zaman zaman kurumaya varan sığlaşma süreci geçirdiğini göstermektedir. Hançili formasyonunun Eregez aglomerası ile olan girikliği havzanın batısında görülmekte olup volkanik etkinlik merkezinin daha batıda olduğuna işaret etmektedir.

Karakoçaş formasyonu (Tka)

Kırmızı-boz-yeşil renkte alacalı bir görünümündedir. Genellikle konglomera ve kumtaşlarından oluşmuştur. Konglomeralar kaba taneli, kötü boylanmalı ve az yuvarlaklaşmıştır. Polijenik özellikte olan konglomeralar genellikle tane destekli olup bazı kesimlerinde kil matriks ile tutturulmuştur. Birimde tabakalanmaya her yerde rastlanmamakta olup yer yer bentonitik kil seviyeleri ve lav akıntıları gözlenmektedir. Hançili formasyonu üzerinde uyumlu olarak yeralan Karakoçaş formasyonu yer yer de Eregez aglomerası ile yanal geçişlidir (Siyako, 1987). Formasyonun kalınlığı daha önceki çalışmacılar tarafından 150 m, yaşı ise Geç Miyosen olarak kabul edilmiştir (Akyürek ve diğ., 1980).

Hüyükköy formasyonu (Thü)

Formasyon tuf-tüfit-kireçtaşı litolojisinde olup, bunların yanında, çört, konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn tabakaları da içermektedir. Beyaz-sarı-kirli beyaz, yeşilimsi beyaz, boz, açık kahverengi tuf-tüfit-kiltası-miltaşı ardalanması ile göze çarpar. Bazen kalın tuf, bazen de kalın kil tabakaları halindedir. Tüfler oldukça altere olup, bazen tamamen kaolenize olmuşlardır. Üst seviyelere çıkıldıkça silisleşme görülmektedir. Yer yer birkaç metre kalınlığında çörtler, yer yer de silisleşmiş ağaçlar izlenmektedir. Formasyonun üst seviyelerine doğru beyaz-sarı renkli kireçtaşlarına geçmektedir. Kireçtaşları kalsit kristalli olup, yer yer silislidirler (Türkecan ve diğ., 1991). Birimdeki turba seviyelerinden alınan örneklerin palinolojik incelemesi sonucu Orta-Geç Miyosen yaşı verilmiştir. Turbaların üzerine gelen gösel kireçtaşı düzeyinden alınan örnekler ise Geç Miyosen-Pliyosen yaşı vermiştir. Bu fosil içeriği göz önüne alınarak, Hüyükköy formasyonunun Geç Miyosen yaşında olduğu kabul edilmiştir (Türkecan ve diğ., 1991). Hüyükköy formasyonunun, gerek arazi gözlemlerinden (turbalık, silisleşmiş ağaç, kireçtaşları), gerekse fosil kapsamından, bol bitki fosilli, tatlı sulu bir göl veya hafif somatr göl ortamında çökeldiği anlaşılmaktadır (Türkecan ve diğ., 1991).

Eregez aglomerası (Ter)

Eregez aglomerası genellikle yuvarlak ve yarı köşeli, çoğunluğu andezit çakıl ve bloklarının andezitik tuf ile tutturulmasından oluşmuştur. Aglomeralar arasında tüfit ve silttaşı tabakaları da yaygın olarak yer almaktadır. Genellikle çeşitli renkler gösteren aglomeralar veya aglomera içinde yer alan tüfler boz, sarımsı, beyaz ve yersel olarak demir oksit boyaması nedeni ile kırmızı renkler gösterir ve bazı tüfitli kesimler kömür seviyeleri içerir. Eregez aglomerası yer yer

yanal olarak Hançili, Hüyükköy ve Karakoç formasyonları ile giriktir. Eregez aglomerası ortalama 400 m kalınlıktadır (Akyürek ve diğ., 1980). Hançili ve Karakoç formasyonları ile eşzamanlılığı ve girikliği nedeni ile Eregez aglomerasının Üst Miyosen yaşlı olduğu kabul edilmektedir. Kurtsivrisi volkanitlerinin olduğu dönemde bölgede bulunan göllere taşınan çeşitli boyutlardaki volkanik malzemenin bu ortamda çökmesi ile oluşmuştur (Akyürek ve diğ., 1980).

Aydos bazaltı (Ta)

Birim koyu siyah renkli, soğuma eklemli, sert, keskin ve parlak kırılma yüzeyli, gaz boşluklu olup, akma yapıları yer yer korunmuştur. Gaz boşlukları kükürt ve kloritle dolmuştur. Bölgedeki volkanizmanın son ürünü olan Aydos bazaltı, kendinden önceki tüm birimleri uyumsuz olarak örter. Aydos bazaltı, Eldivan-Şabanözü-Hasayaz-Çandır bölgesinde yaklaşık 75 m görünür kalınlık sunar. Geç Miyosen yaşlı birimlerin üzerinde oluşu ve Pliyosen yaşlı Büyükyakalı formasyonu tarafından örtülmesi nedeni ile Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı olarak kabul edilmiştir (Akyürek ve diğ., 1980).

Orta formasyonu (To)

Formasyon H28-a2 paftasında beyaz-gri-boz renkte, kalın, yatay ve yataya yakın tabakalanmalı volkanik konglomera şeklinde yüzeylenmektedir. Tuf matriks ile tutturulmuş volkanik kayaç çakıl ve blokları ile silisifiye tuf ve kilden oluşmaktadır. Çakıllar kötü boylanmış ve az yuvarlaklaşmışlardır. G29-b3 ve G30-a4 paftalarında ise, konglomera kumtaşı ve silttaşından oluşur. Konglomeralar, kalın tabakalı, tane destekli, çapraz katmanlı olup kumtaşı mercikleri içerir. Kumtaşları kalın tabakalı, çapraz katmanlı ve kalın laminalıdır. Tane boyu incelemek kumtaşı mercikleri içeren kalın tabakalı, paralel ve çapraz laminalı silttaşlarına geçer (Türkecan

ve diğ., 1991). Akarsu koşullarında çökelmiş olan formasyonun kalınlığı daha önceki çalışmacılar tarafından yaklaşık 150 m olarak verilmiştir. Formasyonda omurgalı fosil olarak, Archidiskondon sp. Humerus distali parçaları bulunarak tanımlaması yapılmış ve Üst Pliyosen (Alt-Orta Villafransiyen) yaşı, mikromemeli çalışmasına dayanarak ise Geç Pliyosen yaşı verilmiştir. (Türkecan ve diğ., 1991). Orta sahasındaki killer, asit volkanik ürünlerin ortasında çanak şeklindeki bir gölde akarsuların yardımı ile çökelmiş ve ortamdaki humus asidinin etkisiyle kalitesi artmıştır. Dünyada kömür veya linyitle birlikte bulunan bentonitin ve ateş killerinin oluşumu kesin olarak anlaşılmamıştır. Ancak volkanik küllerin, olduğu yerde (in situ) bentonitleşmesi ve asit ortamda göreceli olarak ateş kiline dönüşmesi görüşü kimyasal, mineralojik ve mikromorfolojik incelemelere dayanarak önem kazanmıştır (Türkmenoğlu ve diğ., 1991). Karabalçık dere vadisindeki kesit incelendiğinde kil seviyelerinin K80° B doğrultulu, 32° GB eğimli tabakalardan oluştuğu görülmüştür. En üstteki kırmızı renkli toprak ve silt tabakası altında değişen kalınlıklarda açık kahverengi beyazımsı kil ve linyit tabakaları gözlenir. Formasyonun alt seviyelerine doğru 1.5 m ve 30 cm kalınlıklarda üst ve alt linyit damarları vardır. Bu damarların altında 1 m ve 15 cm kalınlıklarda kil tabakaları bulunur. Bu formasyonun kilce zengin seviyelerinde makro bitki fosilleri vardır. Dünyada kömür ve linyit ile bulunan kaolen ve bentonitik kil yataklarının volkanizmanın ürünleri olan piroklastik kayalarla yakın ilgisi bulunmuş ve bu tür malzemenin göl ve bataklık ortamında diyajenez ile oluştuğu mineralojik ve kimyasal verilerle kanıtlanmıştır. Volkanik kökenli minerallerden kuvars, biyotit, sanidin ve kristobalitin varlığı ile volkanik cam parçalarına ait doku ve bozuşma ürünleri bu tip jeolojik oluşumu işaret ederler (Türkmenoğlu

ve diğ., 1991). Orta havzası kil yatakları, Pliyosen döneminde bataklık göl ortamına taşınan kilin zamanla göl sularının etkisi sonucu kaolinleşmesiyle oluşmuştur. Gölün çevresindeki kayaları oluşturan piroklastik ve volkanik kökenli kayaların bozuşma ürünü olarak gelişen simektitçe zengin toprak, çökeltme havzasına akarsularla taşınan kilin başlıca kaynağı olmalıdır. Özellikle andezit bileşimindeki tüflerdeki volkanik camın simektite dönüşmesi bu kanıyı güçlendirmektedir. Bazı simektit kristallerinin ise diyatome yüzeylerinde otijenik olarak büyüdüğünü gösteren veriler de elde edilmiştir. Linyitle ara tabakalı olarak çökelen killerin, tuf (air-fall tuff) kökenli olduğunu gösteren dokuya rastlanmamış olması, bunların oluşumunda diyajenez sırasında simektitin kaolinite dönüşüm modelini geçerli kılmaktadır (Türkmenoğlu ve diğ., 1991).

Büyükakal formasyonu (Tbü)

Sarımsı boz renklerde, genellikle tutturulmamış veya az tutturulmuş, çeşitli boyda polijenik çakıllar içeren konglomeralardan oluşmuştur. Kısmen ince taneli, belirsiz tabakalanmalı seviyeler içerir. Çakılları genellikle üzerine geldiği birimlerden türemiş olmasına rağmen volkanik parçalar yaygındır. Az tutturulmuş kesimlerdeki bağlayıcı malzeme tuf ve kildir. Birim içerisinde bentonitik kil seviyeleri izlenir. Büyükakal formasyonunun Eldivan-Şabanözü-Hasayaz-Çandır bölgesinde üst sınırı izlenememiştir. Bu bölgede yaklaşık görünür kalınlığı 200 m dir (Akyürek ve diğ., 1980). Büyükakal formasyonu, Üst Miyosen yaşlı birimler üzerinde bulunur. Bu birimle eşdeğer tutulabilen seviyelerde ayırtlanamamış da olsa Çandır kuzeyinde Hırsız deresi mevkiinde bazı omurgalı fosiller ile Pliyosen yaşı saptanmıştır (Tekkaya ve diğ., 1975).

Alüvyon(Qal)

Alüvyonlar, bugünkü nehir, çay ve derelerin yatakları boyunca oluşmuş güncel çökellerdir. Yamaç molozu ve birikintileri ise, yükseltelerin eteklerinde, heyelan bölgelerinde görülen düzensiz geometrili güncel oluşuklardır (Siyako, 1987).

PALEOCOĞRAFYA

Erken Triyas'ta bölgede konglomera, kumtaşı, silttaşı, kumlu kireçtaşı litolojileri ile belirginleşen ve kısmen derinleşen sığ bir deniz vardır. Bu ortamda bulantı akıntıları zaman zaman etkin olmuştur. Bu akıntılarla çökme ortamının sığ bölümlerinden derin kesimlere malzeme taşınmıştır. Bu dönemde bölgeyi etkileyen gerilme kuvvetleri etkisi ile gelişen tektonik hatlardan yüzeye ulaşan bazik volkanizma ürünleri (spilit, diyabaz ve tüfler) detritiklerle girik olarak gelişmiştir. Aynı gerilme kuvvetleri etkisi ile havzada bloklaşma hareketleri gelişmiş ve Karbonifer ile Permiyen yaşlı litolojiler çökelim havzasına bloklar halinde gelmiştir. Orta Triyas (Anisiyen) öncesi sıkışma kuvvetleri havzayı etkilemiş, bunun sonucunda Alt Triyas yaşlı birimler kıvrımlanmış ve yeşil şist fasiyesinde metamorfize olmuştur (Akyürek ve diğ., 1980). Orta Triyas döneminde deniz transgresif olarak bölgeyi işgal etmiştir. Alt Triyas yaşlı birimlerin parçalarından oluşan, konglomera ile başlayan kumtaşı ve kumlu kireçtaşı çökeli, Orta-Geç Triyas'ta karbonat çökeli ile devam etmiştir (Akyürek ve diğ., 1980). Bölgeye Erken Kretase döneminde tektonik süreçlerle gelerek yerleşen ofiyolitler, bölgedeki bir dalma zonundan üzerlemeler ile diyajenezini tamamlamış Liyas ve Erken Kretase yaşlı blokları içine alıp melanj karakterini kazanarak Austriyen fazında yerleşmiştir (Akyürek ve diğ., 1980). Ofiyolit yerleşimi sonrası ofiyolitli melanjdan, kumdan blok boyutuna kadar malzeme alarak oluşan

olistostromal karakterli bir sedimantasyon başlamıştır. Kaotik yapılı olan bu birim, ortamın sakinleşmesi sonucu türbiditik karakterli çökeller ile devam eder. Türbiditik istiflerde görülen kaval yapısı, kanal yapısı ve Bouma istifinin çeşitli bölümlerini izlemek olağandır. Bulantı akıntılarının etkinliğini kaybetmesi sonucu normal okyanus koşulları altında çökelen pelajik kireçtaşları oluşmuştur. Laramiyen fazının bölgeyi etkilemesi sonucu yükselme ve aşınma dönemi bölgede etkin olmuştur. Bu etkiye bağlı olarak granodiyorit bölgeye yerleşmiştir (Akyürek ve diğ., 1980). Geç Miyosen başlangıcında bölge göllerle işgal edilmiştir. Bu göllerin ilk ürünleri olarak kaba detritikler giderek gelişen derinleşme daha ince taneli çökellerin oluşumunu sağlamıştır. Bu dönemde zaman zaman kurumaya varan sığlaşmalar olmuş ve jipsler meydana gelmiştir. Göllerin giderek dolması ile regresif karakterli detritiklerden oluşan birim çökelmiştir. Aynı evrede bölgede volkanizma etkinliğini göstermiş ve aynı dönemin çökelleri içerisinde zaman zaman akarak yerleşmişlerdir. Bu volkanizmanın etkin olduğu kesimde göller bol malzeme gelişine bağlı olarak daha hızlı dolmuştur. Üst Miyosen sonrası bölgeyi etkileyen yatay kuvvetler sonucu Mesozoyik yaşlı birimler Üst Miyosen çökelleri üzerine itilmişlerdir (Akyürek ve diğ., 1980). Bölgedeki volkanizmanın son ürünü olarak Geç Miyosen yaşlı çökeller üzerine yayılmış halde bazalt örtüsü yer almaktadır. Pliyosen döneminde bölgede yayılım gösteren göller batıda volkanizmanın etkinliği nedeni ile daha çabuk dolarken doğuda daha yavaş çökelimler olmuştur. Pliyosen sonrası bölgede zayıf düşey hareketler gelişmiş ve bunlara bağlı olarak nehirlerin yataklarını derine kazması sonucu eski nehir çökelleri daha yüksekte kalmış ve düşey hareketlere bağlı normal faylar oluşmuştur.

BÖLGEDEKİ KÖMÜR OLUŞUMLARI

Bölgede linyit oluşumu Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller içerisinde yer almaktadır. Erken-Orta Miyosen yaşlı çökeller Haççili formasyonu ve Eregez aglomerası olarak, Pliyosen yaşlı çökeller ise Orta formasyonu olarak ayırtlanmıştır.

Miyosen Yaşlı Kömür Oluşumları Haççili Köyü Kömür Oluşumu

Geniş alanda yayılım gösteren Haççili formasyonu içinde birçok yerde linyit bantları bulunmaktadır. Bu zuhurlara dayanarak Kalecik civarında Otto-Gold firması tarafından iki adet sondaj yapılmış ancak ekonomik bir kömür damarına rastlanmamıştır (Turgut ve Altınay, 1981). Haççili köyünde marn ve marnlı kireçtaşı arasında linyit yer almaktadır. Buradaki ocak eskiden bir süre çalıştırılmış ve terkedilmiştir. Günümüzde Haççili köyü güneyinde yol kenarında linyit ve bitümlü şeyl oluşumları gözlenmektedir.

Kılçak Köyü Kömür Oluşumu

Kalecik Çandır ana yolunun batısında Kılçak köyü yakınında yer alan mostrada yaklaşık 1.50 m kalınlıkta linyit damarı işletilmiştir. Kıltaşı ve marn içerisinde gözlenen linyitin yüksek kalori değerine sahip olduğu önceki raporlarda ifade edilmektedir (Siyako, 1987).

Bulduk Köyü Kömür Oluşumu

Bulduk Köyü'nün 1 km güneybatısında 0.10 m kalınlıkta linyit oluşumu yer almaktadır. Eregez aglomerası içerisindeki bu linyit damarı ekonomik değer taşımamaktadır (Turgut ve Altınay, 1981).

Yaylakent (Bastak) Yaylası Kömür Oluşumu

Yaylakent'in 10 km güneybatısında yer alan linyit damarı kıltaşı, marn ardalması

arasındadır (Turgut ve Altınay, 1981), (Siyako, 1987). Bu kömür oluşumu bölgedeki diğer çalışmalarda Bastak Yaylası Gökçeviran Köyü ve Yeniyayla kömür oluşumu olarak da adlandırılmış ve anlatılmıştır.

Elden Köyü Kömür Oluşumu

Elden Köyü'nün 2 km batısında dere içinde linyit mostrasına rastlanmaktadır. 0.60 m kalınlıkta linyit tuf ve kıltaşı içerisinde yer almaktadır (Turgut ve Altınay, 1981).

Aydoğan Yayla Kömür Oluşumu

Aydoğan Yayla'daki kömür oluşumu tüfit, konglomera ve kumtaşı altında yer almaktadır. Yaklaşık 5 m kalınlıkta linyitli zonun tabanında tüflerin hakim olduğu konglomera ve kumtaşı düzeylerine rastlanmaktadır. Bölgede birim üzerine bazaltlar örtü şeklinde gelmektedir.

Kiliseköy Kömür Oluşumu

Havzanın batısında Kiliseköy'ün 1.5 km kuzeyinde tuf ve aglomera içerisinde 2.0 m kalınlıkta linyit damarı yer almaktadır.

Pliyosen Yaşlı Kömür Oluşumları Orta Kömür Oluşumu

Orta formasyonu olarak ayırtlanan birim Yeniyayla sahasında yüzeylemektedir. Genellikle kıltaşı, siltaşı ardalımasından oluşan birim linyit içermektedir. Alt damar olarak adlandırılan kömür zonunun kalınlığı 30 m ye, üst damar olarak adlandırılan kömür zonunun kalınlığı ise 40 m ye ulaşmaktadır. Linyitin ortalama ısı değeri 1000 kcal/kg olup yaklaşık rezervi 100.000.000 ton'dur (Gökmen ve diğ., 1993), (Tuncalı ve diğ., 2002).

DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Çankırı havzası Orta Anadolu'da önemli sedimanter havzalardan biridir. Havzanın oluşumunun Geç Kretase başından itibaren

Neo-Tetis okyanusunun kuzeye doğru hem Sakarya kıtası hem de kendi altına dalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Birgili ve diğ., 1975; Şengör ve Yılmaz, 1981; Tüysüz ve Dellaloğlu, 1992; Tüysüz ve diğ., 1995; Erdoğan ve diğ., 1996; Görür ve diğ., 1998). Çankırı havzasının Neojen'deki gelişiminde ise birbirinden farklı yorumlar mevcuttur. Bunun temelinde gözlem farklılıkları yatmaktadır. Koçyiğit ve diğerlerine göre (1995) kıtalararası yakınlaşma Pliyosen'e kadar devam etmektedir. Kaymakçı ve diğerleri (2001) ise bu yakınlaşmanın Erken Miyosen sonunda bittiğini belirtmektedir. Aynı çalışmada araştırmacılar, Orta Miyosen'deki genişlemeli rejimin Geç Miyosen'den sonra yanal sıkışmalı bir tektonik rejime döndüğünü savunmaktadır. Seyitoğlu ve diğerleri (2000) ve (2004) ise bölgede Erken Miyosen'den itibaren genişlemeli tektonik rejimin hakim olduğunu ve Geç Pliyosen'den sonra Kuzey Anadolu Fayı ve onun bir kolu olan Kırıkkale-Erbaa Fayı'nın yarattığı KB-GD sıkışma sonucu batı kenarı normal faylı doğu kenarı bindirmeli bir tektonik kamanın Çankırı havzası batı kenarını parçaladığını belirtmektedir. Orta ve Şabanözü (Çankırı) arasında kalan bölgede kömürleşme Miyosen ve Pliyosen yaşlı çökeller içerisinde. Pliyosen yaşlı Orta formasyonunun içerdiği linyit düzenli bir yayılıma sahip olmakla beraber havzanın belirli bir bölümünde yer almaktadır. Miyosen yaşlı çökeller içerisindeki linyit oluşumları ise düzenli ve devamlı bir yayılım göstermemektedir. Havzanın kuzeybatısında genellikle Eregez aglomerası olarak ayırtlanmış olan birim içerisinde, havzanın güneydoğusunda ise Hançili formasyonu içerisinde gözlenen linyit oluşumları Miyosen yaşlı çökellerin girikliği nedeniyle net olarak ayırtlanamamaktadır. Hançili formasyonunun çok net olarak gözlenebildiği Çankırı-Çorum havzasının batısında, Miyosen' den itibaren yaklaşık KB-

GD yönlü normal faylar ile bölünen paleoyükselteler yer alır. Paleoyükselteleri oluşturan kara alanlarının kıyılarındaki göl kıyıları organik maddece zengin kayaların çökeli için uygun alanlar oluşturmuştur (Karadenizli ve diğ., 2003). Kaynak alandan kırıntılı getiriminin kısıtlı olduğu ve fay dikliklerinin azaldığı bölgelerde ve zamanlarda ise karbonat çökeli gerçekleşmiştir. Zaman içerisinde su seviyesi yükselmiş ve bu süre boyunca mevcut paleoyükselteler sular altında kalmıştır. Miyosen yaşlı Hançili gölü yarı tropikal açık göl karakterinde olan ve çok geniş alanları kaplayan bir göl olduğunu yapılan çalışmalarda elde edilen memeli fosilleri de desteklemektedir (Karadenizli ve diğ., 2004). Hançili gölünün kıyı bölgeleri linyit ve bitümlü şeyl çökeli için uygun bataklık ve göl alanları oluşturduğundan önem kazanmaktadır. Bölgede Miyosen çökelleri genişlemeli tektonik rejimde depolandıktan sonra Geç Pliyosen'de batı kenarı normal faylı, doğu kenarı bindirmeli tektonizma ile şekillenmiştir. Bu aktivite ile Miyosen çökelleri deforme olmuş ve parçalanmıştır. Havzada, Miyosen çökellerindeki süreksizlik ve değişimin nedeni olarak bu olgu dikkate alınabilir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Akyürek, B., Bilginer, E., Çatal, E., Dağ, Z., Soysal, Y., ve Sunu, O., 1980, Eldivan-Şabanözü (Çankırı), Hasayaz-Çandır (Kalecik-Ankara) dolayının jeolojisi: MTA derleme rap. No: 6741, (yayımlanmamış), Ankara.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünal, G., 1975, Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları: MTA derleme rap. No: 5621, (yayımlanmamış), Ankara.
- Erdoğan, B., Akay, E. and Uğur, M.S., 1996, Geology of the Yozgat region and evolution of the collisional Çankırı basin: International Geology Review, 38, 788-806.

- Gökmen V., Memikoğlu O., Dağlı M., Öz O., ve Tuncalı E., 1993, Türkiye Linyit Envanteri: MTA Yayını 356s., Ankara.
- Görür, N., Tüysüz, O. and Şengör, A.M.C., 1998, Tectonic evolution of the Central Anatolia Basin: *International Geology Review*, 40, 831-850.
- Has, F., Sezer, C., ve Özgen, S., 1977, Çankırı-Orta linyit sahası fizibilite araştırması: MTA derleme rap. No: 6077, (yayımlanmamış), Ankara.
- İçel, İ. 1993, Çankırı-Orta-Yeniyayla ve Aydoğan Yayla linyit sahalarının jeoloji ve rezerv raporu: MTA derleme rap. No: 9585, (yayımlanmamış), Ankara.
- Karadenizli, L., 1999, Çankırı-Çorum Havzasındaki Orta Eosen-Erken Miyosen Tortullarının Sedimentolojisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 51-195, Ankara.
- Karadenizli, L., Kazancı, N., 2000, Çankırı-Çorum Havzasındaki Paleoyükselti ve Alt Havzalar, Cumhuriyetimizin 75. Yıldönümü ve Madencilik Kongresi MTA, 209-227., Ankara.
- Karadenizli, L., Seyitoğlu, G., Saraç, G., Kazancı, N., Şen, Ş., Hakyemez, Y. ve Savaşçı, D., 2003, Çankırı-Çorum Havzası Batı kenarının Erken-Orta Miyosen Paleocoğrafik Evrimi. MTA Dergisi 126, 69-86, Ankara.
- Karadenizli, L., Saraç, G., Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Antonie, P. O., Kazancı, N., Varol, B., Alçiçek, C., Gül, A., Ertan, H., Esat, K., Özcan, F., savaşçı, D., Antonie, A., Filoreau, X., Hervet, S., Bouvrain, G., Bonis, L., ve Hakyemez, Y., 2004, Çankırı-Çorum Havzasının Batı ve Güney Kesiminin Memeli Fosillerine Dayalı Oligo-Miyosen biyostratigrafisi ve Dolgulanma Modeli. MTA derleme rap. No: 10706 (yayımlanmamış), Ankara.
- Kaymakçı, N., Özçelik, Y., White, S. H. and Van Dijk, P. M., 2001, Neogene tectonic development of the Çankırı basin (Central Anatolia, Türkiye): *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 13, 27-56, Ankara.
- Koçyiğit, A., Türkmenoğlu, A., Beyhan, A., Kaymakçı, N. and Akyol, E., 1995, Post collisional tectonics of Eskişehir-Ankara-Çankırı segments of İzmir-Ankara-Erzincan Suture Zone: Ankara Orogenic Phase: *Turkish Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 6, 77-83.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B. and Karabıyıkoglu, T., 2000, Rockfall avalanche deposits associated with normal faulting in the NW of Çankırı basin: Implications for the postcollisional tectonic evolution of the Neo-Tethyan suture zone: *Terra Nova*, 12, 245-251.
- Seyitoğlu, G., Kazancı, N., Karadenizli, L., Şen, Ş., Varol, B. and Saraç, G., 2004, Neogene tectono-sedimentary development of the western margin of the Çankırı basin, central Turkey: reply to the comment of Kaymakçı 2003: *Terra Nova*, 16, 163-165.
- Siyako, F. 1987, Şabanözü-Çankırı-Çandır çevresinin jeolojisi ve kömür olanakları: MTA derleme rap. No: 8149, (yayımlanmamış), Ankara.
- Şengör, A.M.C. and Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Tekkaya, İ., Atalay, Z., Gürbüz, M., Ünay, E. ve Ermumcu, M., 1975, Çankırı-Kalecik bölgesi karasal Neojeni'nin biostratigrafi araştırması: *T.J.K. Bül. c.18 s1* Ankara.
- Tuncalı, E., Çiftçi, B., Yavuz N., Toprak S., Köker A., Gencer Z., Ayçık H. ve Şahin N., 2002 Türkiye Tersiyer Kömürlerinin Kimyasal ve Teknolojik Özellikleri: MTA Yayını, 401s., Ankara.
- Turgut, A.T. ve Altınay, A. 1981, Çankırı-Şabanözü ve Orta ilçeleri civarındaki linyitli sahaların jeoloji raporu: MTA derleme rap. No:7017, (yayımlanmamış), Ankara.
- Türkecan, A., Hepşen, N., Papak, İ., 1991, Seben-Gerede (BOLU), Güdül-Beypazarı (ANKARA) ve Çerkeş-Orta-Kurşunlu yörelerinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrolojisi. MTA derleme rap. No: 9193, (yayımlanmamış), Ankara.
- Türkmenoğlu, A., Akıman, O., Aker, S. ve Tankut, A., 1991, Orta (Çankırı) Yöresi Kil Yataklarının Jeolojisi ve Oluşumu. MTA Dergisi 113, 127-132, Ankara.
- Tüysüz, O. ve Dellaloğlu, A. A., 1992, Çankırı havzasının tektonik birlikleri ve jeolojik evrimi: Türkiye 9. Petrol Kongresi Jeoloji Bildirileri, Ankara, 333-349. Ankara.
- Tüysüz, O., Dellaloğlu, A. A. and Terzioğlu, N., 1995, A magmatic belt within the Neo-Tethyan suture zone and its role in the tectonic evolution of northern Turkey: *Tectonophysics*, 243, 173-191.

Fethiye-Burdur Fay Zonunun Bazı Neotektonik ve Paleosismolojik Özellikleri, GB-Türkiye *Some Neotectonic and Paleosismological features of the Fethiye-Burdur Fault zone, SW-Anatolia.*

Mustafa BOZCU*, **Fuzuli YAĞMURLU**** ve **Murat ŞENTÜRK****

* Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Jeoloji Müh. Bölümü, 17020 Çanakkale

** Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, 32260, Isparta
mbozcu@comu.edu.tr, yagmurlu@mmf.sdu.edu.tr, msenturk@mmf.sdu.edu.tr

ÖZ

Bu inceleme, GB Anadolu'da Fethiye-Burdur fay zonunun bazı neotektonik ve paleosismolojik özelliklerinin ortaya konmasını amaçlar. Fay zonu, Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasında yaklaşık 300 km uzanımlı ve sol oblik atım bileşenine sahip çok sayıda normal faylardan oluşur. Bu zon aynı zamanda, GB Anadolu'nun en önemli aktif faylarını içermektedir. KD-GB yönünde kesikli (an achelon=aralı aşmalı) bir uzanım gösteren Burdur fay zonu, KB gidişli faylar tarafından kesilerek farklı uzunlukta segmentlere ayrılır. Burdur Gölünün güney bölümünde yer alan Burdur ve Tefenni segmentleri 60-70 km.' ye ulaşan uzunlukları ile yörenin en aktif kırık hatlarını meydana getirir.

Tarihsel deprem kayıtları ve yüzey kırık verileri, 7.1 büyüklüğündeki 1914 depreminin ve 6.2 büyüklüğündeki 1971 depreminin Burdur segmenti üzerinde oluştuğunu gösterir. 1914 ve 1971 depremleri ile ilgili olarak meydana gelen düşey yer değiştirmelerin, deformasyonların ve kolüviyal oluşukların detaylı biçimde incelenmesi amacıyla Burdur segmenti üzerinde Burdur ve Yassıgüme mevkiğinde hendek (trench) çalışmaları yapılmıştır.

Burdur fayı Yassıgüme yöresinde tek bir fay çizgisinden yapılı olup, topoğrafyada genç tortullar içinde oluşturduğu eşikler ve yersel gözlenen fay aynası üzerindeki sol oblik bileşenli kayma çizikleri ile açık olarak ayırtdedir.

Yassıgüme yöresinde açılan hendekte farklı fasiyeste gelişmiş alüviyal ve kolüviyal oluşukların yanı sıra 1971 depremi sırasında 70 cm lik bir düşey yer değiştirmenin meydana geldiği saptanmıştır.

Burdur fay zonunun en önemli bileşenini oluşturan Burdur segmenti Burdur Gölünün güney bölümünde, gerçekte birbirine paralel gelişmiş KD uzanımlı ve basamak şekilli 4 farklı oblik fay sisteminden oluşur. Aynı zamanda Burdur şehir merkezinden geçen bu faylar, yerleşim alanı içinde basamaklı bir topoğrafik yapının gelişmesine neden olmuşlardır. Burdur yerleşim alanının güneyinde pekleşmemiş genç tortullar içinde açılan hendeklerde görsel çamurtaşları ile plaj ortamına ait iyi boylanmış çapraz katmanlı kumların yanısıra kolüviyal oluşuklar ayırtdedilmiştir. 1914 depremi ile yaşıt olabilecek fay düzlemi ve bununla ilişkili yarık dolgu fasiyesine ait kolüviyal tortullar ile bunlara eşlik eden çamur daykları bu yöredeki yarmalar ve hendeklerde yer alan en önemli oluşuklardır. Diğer taraftan yarmalarda yer alan faylar genellikle 90 ile 250 cm lik düşey atımlara sahip olup, çoğu yerde kolüviyal oluşukları kesmiş olarak gözlenir. Buna göre hendek ve yarmalarda gözlenen en genç faylar aynı zamanda en fazla düşey atıma sahip faylardır. Genç tortullarda faylanmaya bağlı gelişen eğimlenmeler ve buna eşlik eden yersel uyumsuzluklar olağan yapılardır.

Burdur segmenti üzerinde 03.04.2002 ve 05.04.2002 tarihlerinde meydana gelen 3.9 ve 4.0 büyüklüğündeki depremler, bu segment üzerindeki sismik aktivitenin günümüzde de devam ettiğini göstermesi bakımından önemlidir. Diğer taraftan bu son depremlere ait fay çözümleri, Burdur segmentinin sol oblik atımlı bir normal fay olduğunu doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fethiye-Burdur fay zonu, Paleosismoloji, Tersiyer, Tektono-stratigrafi.

Abstract:

The purpose of this investigation is to explain some neotectonic and paleoseismological features of Fethiye-Burdur Fault zone that is located in SW- Turkey between gulf of Fethiye and Burdur Lake. This zone, which is about 300 km. in length, is characterized as a combination of a number of normal faults which has generally left lateral oblique-slip in feature. It is, also, characterized as being the most active fault system in Southwest Anotolia. Burdur fault zone, normally, extends in NE-SW direction, but it was segmented in various lengths by several faults tilted in NW direction. Burdur and Tefenni segments, that are 60-70 km. in length, are considered as the most active lines of these segments. It has been reported that two major earthquakes in 1914 and 1971 took place on these segments with a magnitude of 7.1 and 6.2, respectively.

Trench studies have been conducted on Yassigüme and Burdur locations to investigate deformations caused by the vertical displacements following the 1914 and 1971 earthquakes. The Burdur fault in the Yassigüme location is characterized as a single line fault structure in the field. Its visible fault plane clearly reflects the left lateral oblique – slip moving and related sliding lines. As a result of the trench study performed on this segment a vertical displacement of 70 cm. in length has been identified as belong the 1971 earthquake.

On the other hand, Burdur segment, which is one of the most important branch of Burdur fault zone, consists of four different stepwise oblique fault systems within the south of Burdur Lake which extends in NE direction. These fault systems pass through the city center of Burdur and caused the stepwise topographical features. The unconsolidated sediments within the trench section consists dominantly of cross-bedded sands, mudstones and present slope-debris deposits. Also, fault plane and kolluvial sediments with muddy dike structures were found as most important structural constituents in the trenches. These structures are thought to be developed as a result of 1914 earthquake. Several faults located on the hills show vertical displacements of 90-250 cm. These faults are seen in discordant with the colluvial developments. Thus, the youngest faults located in the trenches and hills can be considered having the highest vertical displacements. Observations of some folds and local discontinuities can be considered as typical in this type of settings.

Two recent earthquakees, which took place in 3rd and 5th April, 2002 with a magnitude of 3,9 and 4,0 respectively, can be considered significant since they highlight the existance of sismic activity on this segment. Futhermore, they help us to prove that this segment can be identified as obliquely left tilted normal fault.

Key Words: Fethiye-Burdur Fault Zone, Paleoseismology, Tertiary, Tectono-Stratigraphy.

GİRİŞ

Batı Anadolu'nun Fethiye-Burdur Fay Zonu (FBFZ) ve Eskişehir-İnönü Fay Zonu (EİFZ) ile Orta Anadolu ve Isparta açısından ayrıldığı ve bu fayların kontrolünde batı ve güney batıya doğru hareket ettiğini, hareket hızının ise kuzeyden güneye doğru dereceli olarak arttığını Barka ve diğ. (1995) belirtmişlerdir.

Fethiye-Burdur fay zonu ülkemizin önemli neotektonik yapılarından birisi olmasına rağmen, bu zonunun paleosismolojisine yönelik çalışmalar sınırlı sayıda yer almaktadır. GB Anadolu ve Burdur çevresinin bölgesel neotektonik özellikleri McKenzie, 1978; Koçyiğit, 1983; Karaman, 1986;1990; Taymaz ve Price, 1992; Barka ve diğ., 1995; Yağmurlu, 2000; Şentürk, 2003 tarafından incelenmiştir. Ancak bölgesel ve yerel çalışmalarda Burdur çevresinde geniş yayılım gösteren Pliyosen yaşlı gölssel birimler ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı kaba kırıntılı tortulların yayılımları, çökme özellikleri ve bunların tektonizmaya bağlı gelişen deformasyonları yeterince incelenmemiştir.

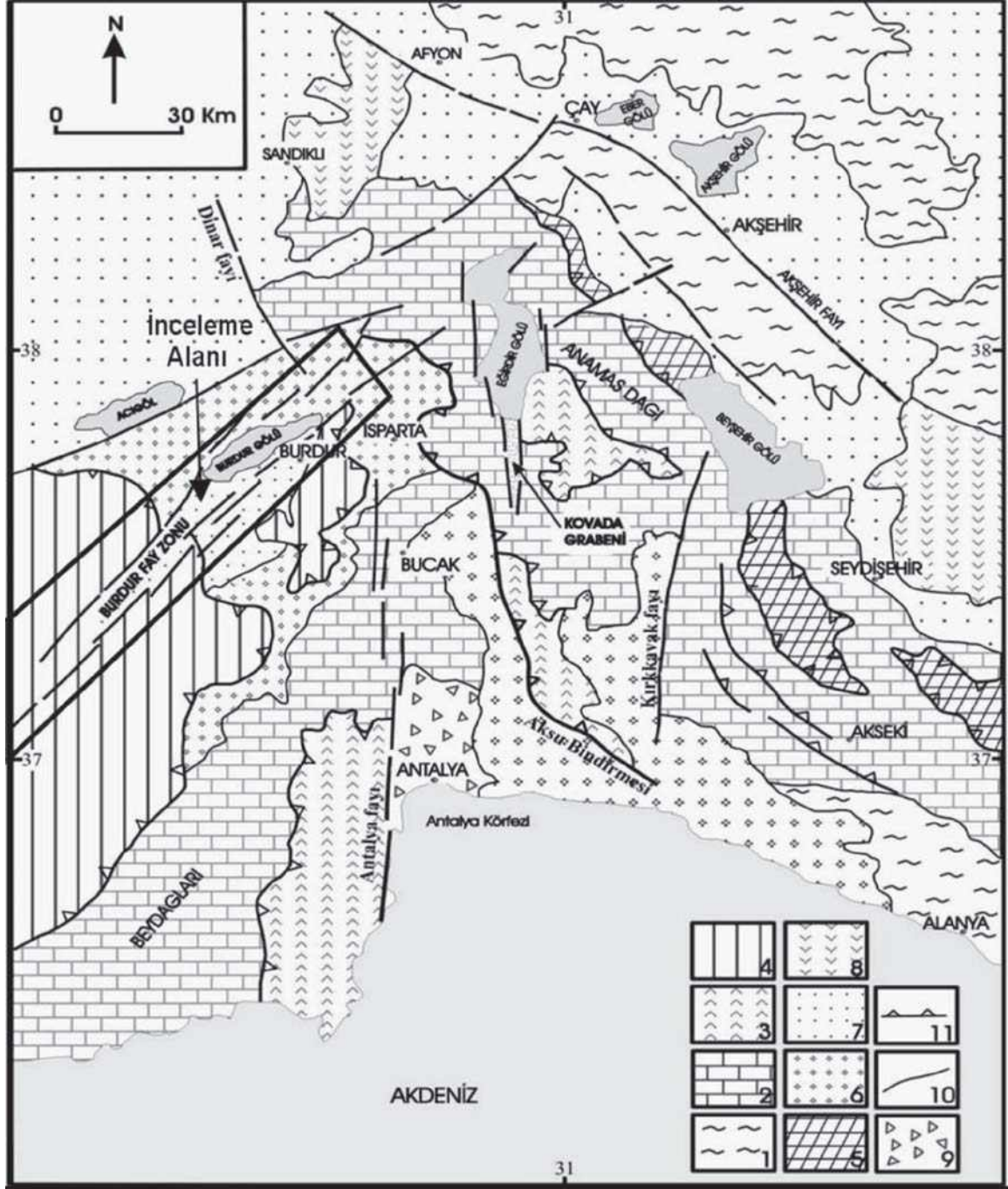
Bu çalışmanın amacı, Fethiye-Burdur fay zonunun neotektonik ve paleosismolojik özelliklerini ortaya koymaktır. Bu amaçla Burdur-Fethiye arasındaki alanın uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları incelenmiş, fay zonu boyunca ayrıntılı jeolojik ve jeomorfolojik gözlemler yapılmış, tarihsel ve aletsel dönemlerde oluşmuş deprem verileri değerlendirilerek, Burdur segmenti üzerinde yapılan hendek (trench) çalışmalarıyla fay zonu üzerinde oluşan depremlerin tekrarlanmaları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Fethiye-Burdur fay zonu üzerinde gerek tarihsel dönemlerde gerekse 20. yüzyıl içinde büyüklüğü 7'nin üzerinde ve yerleşim birimlerinde önemli derecede hasarlara neden olan depremler meydana gelmiştir. Rodos adasıyla Burdur arasında yaklaşık 300-350 km

lik bir zon üzerinde oluşmuş olan çok sayıda depremlerin odak çözümlerinden ve istatistiksel olarak yapılan risk analizleri, bölgenin yüksek risk alanı grubunda yereldiğini ortaya koymaktadır.

BÖLGESEL JEOLJİ VE NEOTEKTONİK

Çalışma Bölgesi GB- Anadolu' da -Isparta Açısı- olarak bilinen bölgesel jeolojik yapının batı kenarı üzerinde yer almaktadır. Bunun yanısıra, KB-uzanımlı Akşehir-Simav fayı (Koçyiğit, 2000), Isparta Açısını doğudan sınırlayan önemli bir tektonik yapıyı oluşturur. Çalışmanın konusunu oluşturan Fethiye-Burdur fay zonu (Barka ve diğ., 1995) aynı zamanda, Isparta Açısını Batı Anadolu'nun genişleme bölgesinden ayıran bir yapısal çizgiye karşılık gelmektedir.

Isparta Açısı, otokton Toros karbonat ekseninin Antalya Körfezi kuzeyi ile Isparta çevresinde ters "V" şeklinde bükülmesi sonucu oluşmuş bölgesel bir jeolojik yapıdır (Şekil 1). Bu yapı, K-G yönünde 180 km.'lik uzunluğa ve D-B yönünde ise yaklaşık 100 km.'lik genişliğe sahiptir. Isparta açısını oluşturan otokton (batıda Beydağları otoktonu, doğuda Anamas-Akseki otoktonu) ve allokton birimler (Antalya napları, Beyşehir-Hoyran napları, Likya napları) bir çok araştırmacı tarafından (Blumenthall, 1963; Altınlı, 1944; Brunn ve diğ., 1971; Graciansky, 1972; Dumont ve Kerey, 1975; Dumond ve diğ., 1979; Özgül, 1976; Monod, 1977; Poisson, 1977; Marcoux, 1987; Poisson ve diğ., 1984; 2003; Ricou ve diğ., 1979; Gutnic, 1977; Gutnic ve diğ., 1979; Şenel, 1984; Şenel ve diğ., 1991,1996; Koçyiğit, 1983,1984; Şengör ve Yılmaz, 1981; Hayward, 1984; Robertson ve Woodcock, 1984; Robertson ve diğ., 2003) araştırılmıştır. Isparta açısını batıdan KD gidişli Fethiye-Burdur Fay zonu (Barka ve diğ., 1995), doğudan ise KB gidişli Akşehir-Simav Fay zonu (Koçyiğit, 2000) sınırlamaktadır.



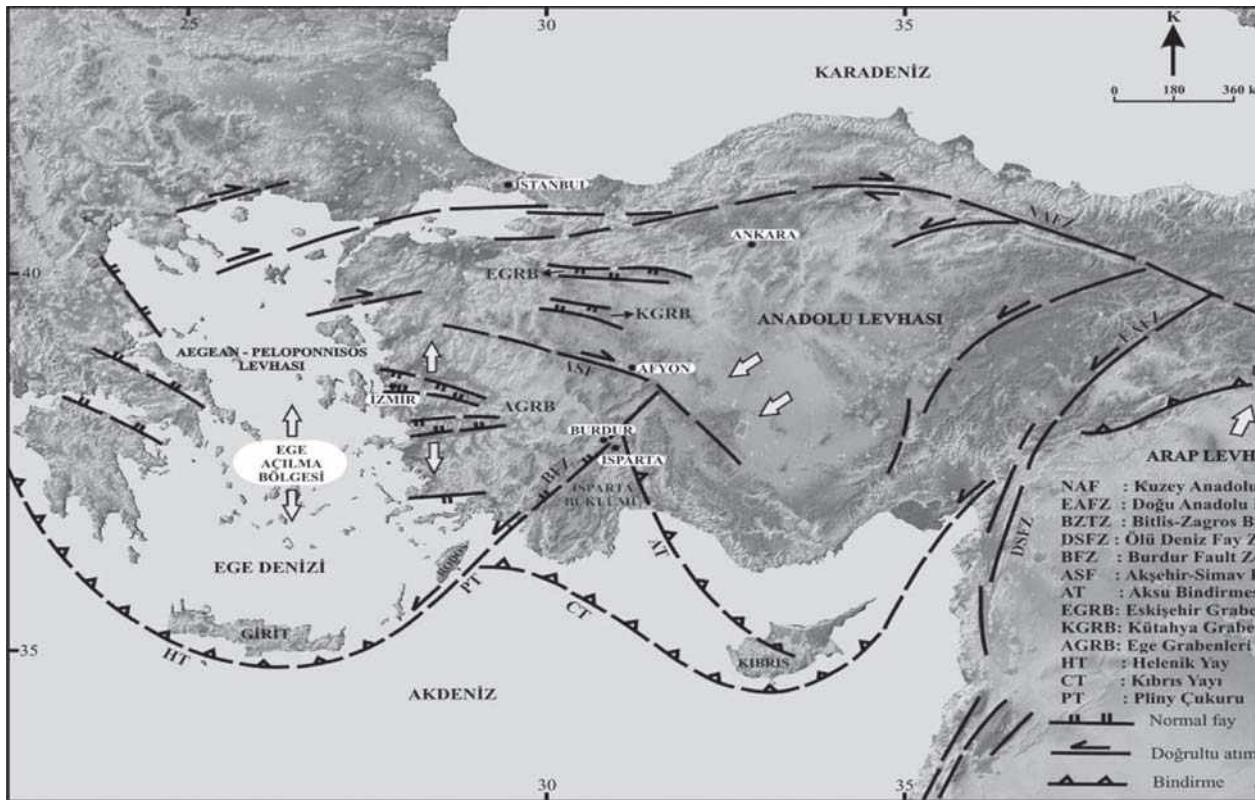
Şekil 1: Isparta Açısı ve yakın çevresinin basitleştirilmiş jeoloji haritası: (Şenel,1983 ve Poisson,1984 den değiştirilerek) (1) Paleozoik yaşlı metamorfik kayalar, (2) Mesozoik yaşlı karbonat kayalar, (3) Antalya napları, (4) Likya napları, (5) Beyşehir-Hoyran napları, (6) Denizel Tersiyer tortulları, (7) Karasal neojen tortulları, (8) Neojen volkanitleri, (9) Antalya travertenleri (10) Normal faylar, (11) Bindirme fayları.

Figure.1. Simplified regional geological map of Isparta Angle area (Modified after Şenel, 1983 and Poisson,1984) 1. Paleozoic metamorphic rocks, 2. Mesozoic Carbonate rocks, 3. Antalya nappes, 4. Lycian nappes, 5. Beyşehir Hoyran nappes, 6. Tertiary marine deposits, 7. Neogene Terrestrial deposits, 8. Neogene volcanics, 9. Antalya travertines, 10. Normal faults, 11. Thrust faults.

Barka ve diğ., (1995) işaret ettikleri gibi K-G gerilmeli Batı Anadolu ve Ege levhası, Fethiye-Burdur fay zonu ile birlikte BKB-DGD gidişli Eskişehir fay zonunun denetiminde (McKenzie, 1978; Barka ve diğ., 1995) denetiminde yaklaşık 15-30 mm/yıllık bir hızla (McClusky ve diğ., 2000; Yılmaz, 2000) güney batıya doğru (aynı zamanda kuzey-güney yönlü genişleme yaratarak) hareket etmektedir (Şekil 2).

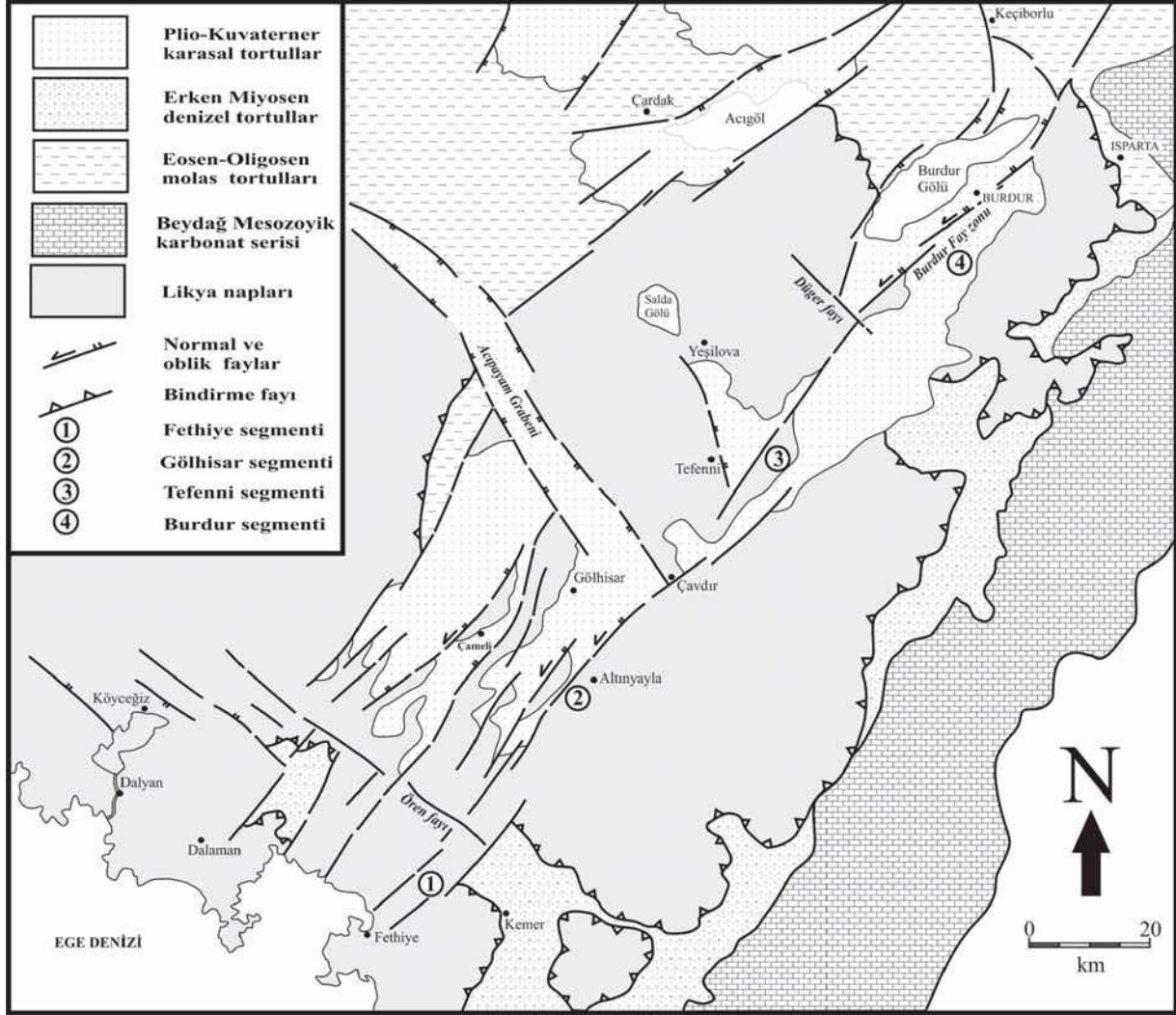
Fethiye ile Burdur Gölü arasındaki fay sistemlerini KD-GB, KB-GD ve K-G uzanımlı olmak üzere başlıca 3 grup içerisinde toplamak mümkündür (Şekil 3). Özellikle Burdur Gölü'nü kuzeyden ve güneyden sınırlayan KD gidişli faylar sol oblik atımlı normal fay

karakterine sahiptirler. Bu faylar çoğu yerde Kuvaterner oluşuklarını keserek, bunlara yüksek eğimler kazandırmışlar ve alüvyonlar içerisinde gözlenebilen basamaklı yapılar oluşturmuşlardır. KB uzanımlı faylar ise büyük bölümüyle normal fay karakterinde olup; KD gidişli fayları değişik mevkilerde keserek bu faylar üzerinde farklı segmentlerin oluşumuna sebep olmuşlardır. Fethiye-Burdur arasındaki bölgede, Burdur fay zonu üzerinde KB-gidişli faylarla sınırlanmış olan başlıca dört ayrı segmentin varlığı (Yağmurlu ve diğ., 2005) tarafından saptanmıştır (Şekil 3). Bunlar güneybatıdan kuzeydoğuya doğru; (1) Fethiye segmenti, (2) Gölhisar segmenti, (3) Tefenni segmenti ve (4) Burdur segmentinden oluşur.



Şekil 2: Batı Anadolu da yeralan belli başlı aktif fay sistemleri ve bunların birbirleriyle olan geometrik ilişkileri (Barka ve diğ., 1995 ile Yağmurlu, 2000'den değiştirilerek).

Figure 2: Main active fault systems in western Anatolia and their geometric inter-relationships (modified from Barka et al., 1995 and Yağmurlu, 2000).



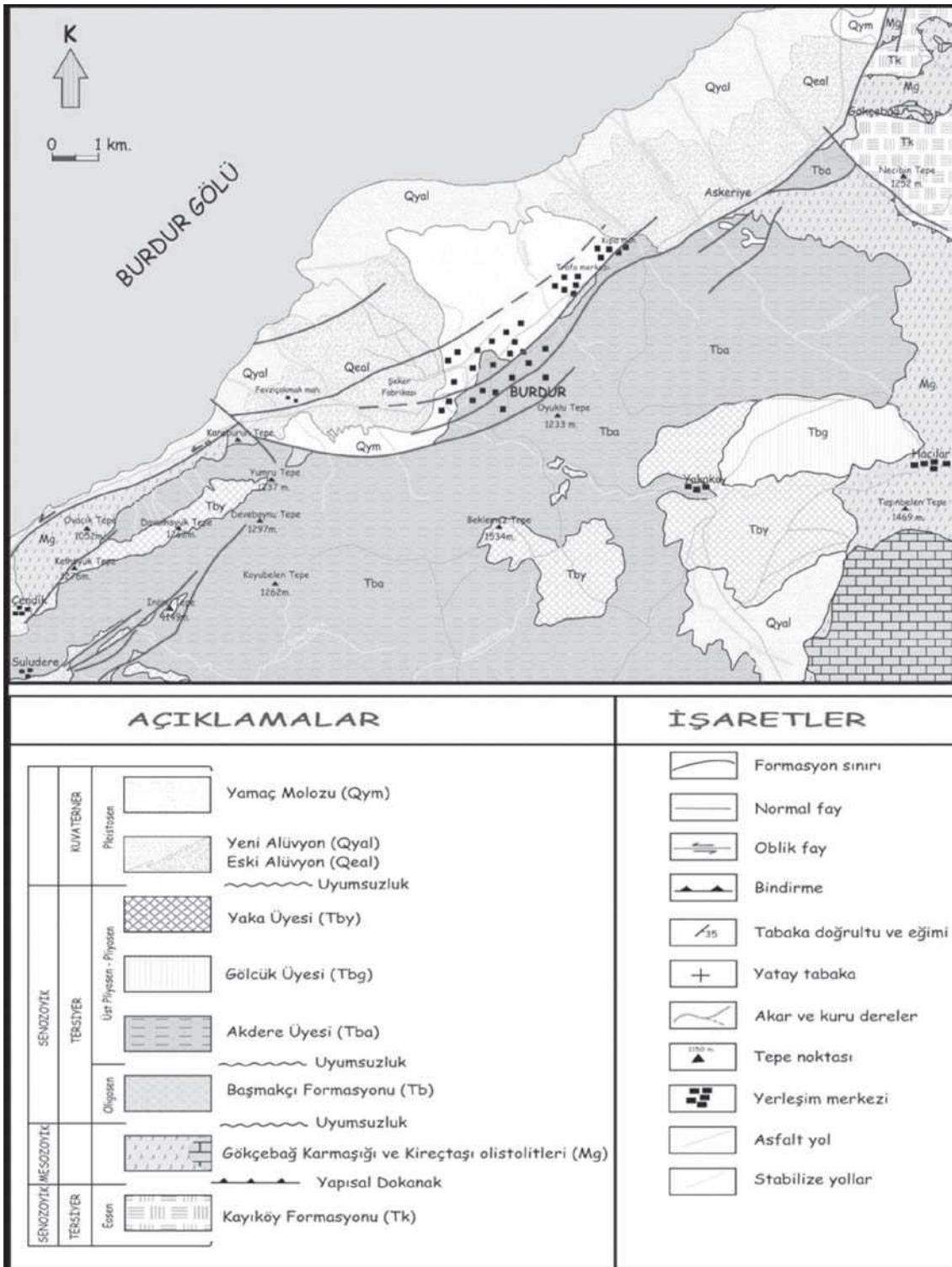
Şekil 3: Fethiye Körfezi ile Burdur Gölü arasındaki bölgede Burdur fayını oluşturan segmentlerin konumları ve diğer fay sistemleri ile olan ilişkileri.

Figure 3: Situation of segments of the Burdur fault in the area between Fethiye Gulf and Burdur Lake and their relationships with other fault systems.

Fethiye-Burdur fay zonu üzerinde yer alan Burdur segmenti, bu çalışmanın en önemli konusunu oluşturan bölümdür. Burdur segmentini meydana getiren fay sistemlerinin uzanımlarının, jeolojik konumlarının ve birbirleriyle olan geometrik ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla, Burdur Gölünün güneyinde ayrıntılı jeolojik harita alımı yapılmış ve yöredeki kaya birimlerinin dağılımları ve bunların birbirleriyle olan

stratigrafi özellikleri ortaya çıkarılmıştır (Şekil 4).

Şekil 4'te verilen jeoloji haritası incelendiğinde özellikle Burdur şehir merkezi çevresinde Pliyosen yaşlı Burdur formasyonu ile Kuvaterner yaşlı alüvyonların geniş bir yayılım gösterdiği gözlenir. Bunun yanısıra Pliyosen ve Kuvaterner yaşlı oluşuklar, KD-uzanımlı ve birbirine paralel gelişmiş basamak şekilli faylar tarafından değişik kesimlerde

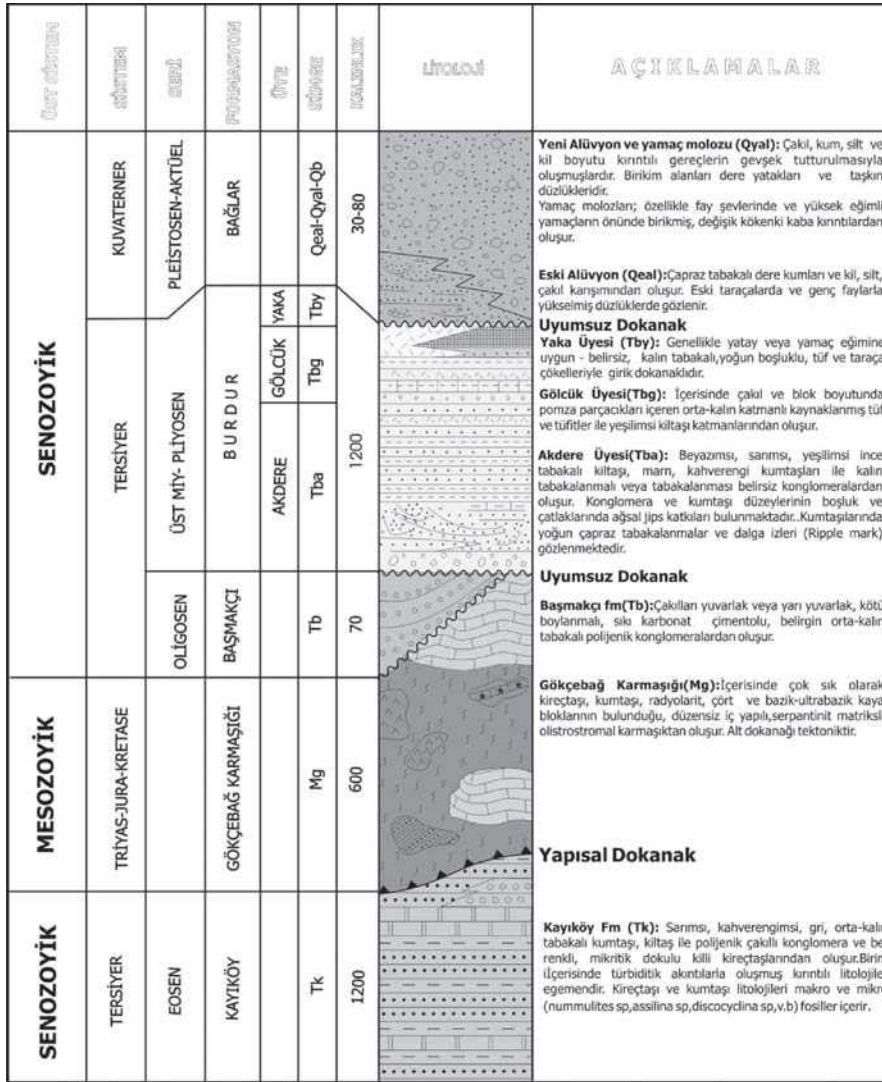


Şekil 4: Burdur ve çevresinde yer alan kaya birimlerinin yayılımlarını ve fay gidişlerini gösteren jeoloji haritası (Ertunç ve diğ., 2001'den revize edilerek alınmıştır).

Figure 4: Geological outcrop map of Burdur area and fault alignments.

kesilir. Diğer taraftan, KD-uzanımlı Burdur segmentine ait fay sistemleri faylar tarafından sınırlanır. Burdur Gölünün güney bölümünde yeralan KD-gidişli faylar yanal yönde kesikli uzanımına sahip olup, çoğu yerde topoğrafya da oluşturduğu basamaklı yapılar sayesinde tanınmaktadır. Genç tortullarda gözlenen aşırı eğimlenmeler, alüvyonlar içinde ayırt edilebilen topoğrafik eşikler ve yersel gözlenen maden suyu ve H₂S çıkışları, Burdur fayının bu bölümünde yeralan olağan yapılarıdır.

Burdur Gölünün güney bölümünde yeralan kaya birimleri ve bunların stratigrafik konumları Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre Burdur çevresinde yeralan Pliyosen öncesi Otokton kaya birimleri egemen olarak türbidit tortullardan oluşan Eosen yaşlı Kayıköy formasyonu ile, Oligosen yaşlı molas tortullarından oluşan Başmakçı formasyonundan meydana gelir. Likya naplarına ait ofiyolitik karmaşığında oluşan kaya topluluğu ise bu çalışmada, Gökçebağ karmaşığı olarak ayırt edilmiştir.

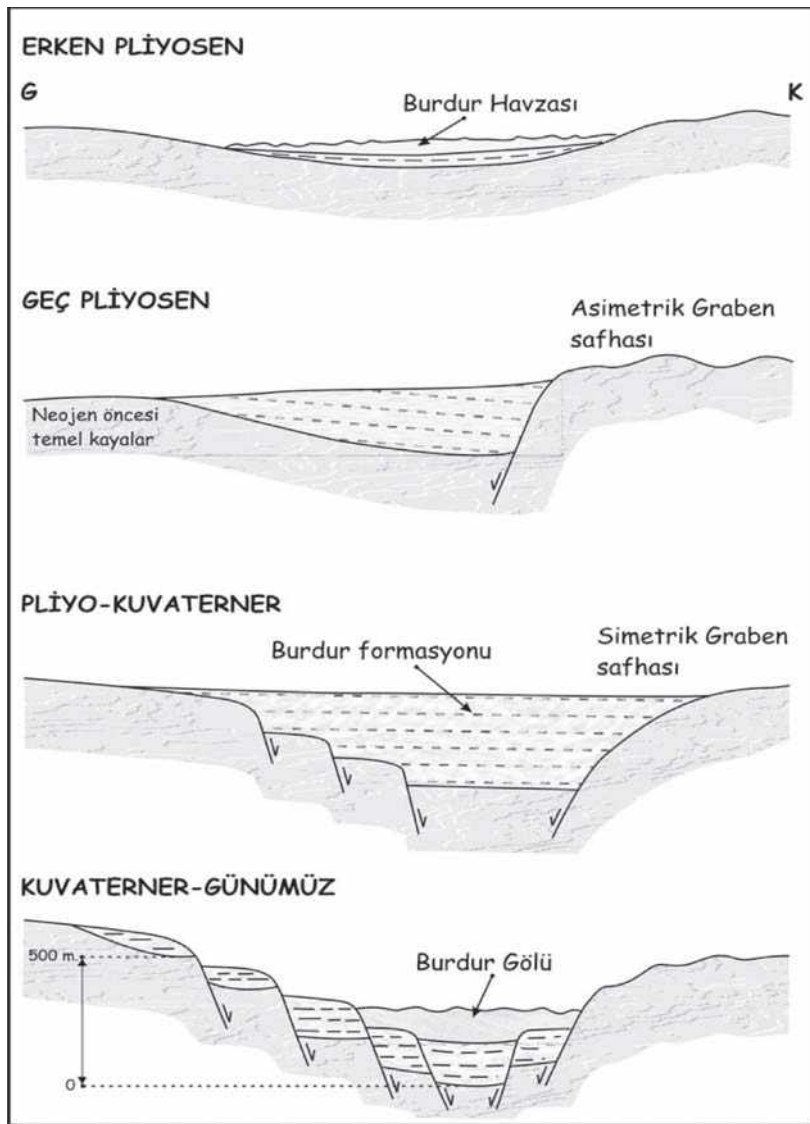


Şekil 5: Burdur ve çevresinde yüzeyleyen kaya birimlerinin stratigrafisi.
Figure 5: Generalized stratigraphic section of Burdur area.

Egemen olarak Pliyosen yaşlı akarsu ve göl tortulları tarafından doldurulmuş olan Burdur havzasının stratigrafik ve tektonik evrimi (Şekil 6) da verilmiştir. Buna göre Burdur havzasının başlangıçta asimetrik bir çöküntü alanı olarak geliştiği öngörülmektedir. Burdur havzasının günümüzdeki simetrik graben yapısı büyük olasılıkla Pliyo-Kuvaterner döneminde kazanılmıştır. Havzayı güneyden sınırlayan basamak şekilli faylar yöredeki en genç fay sistemleri olup, sismik

aktivitelerini günümüzde de sürdürmektedir. Özellikle Burdur Gölünün güney bölümünde yer alan bu normal faylar boyunca, maden suyu ve H₂S çıkışları olağan olarak gözlenmektedir.

Buna paralel olarak güneydeki fayların güncel devrimine bağlı olarak gelişen birikinti konileri ile yüksek eğimli vadiler ve vadiler arasındaki sırtların fay tarafından kesilmesi ile oluşmuş üçgen yüzeyler olağan morfolojik yapılarıdır.



Şekil 6: Burdur grabeninin Pliyosen başından günümüze tektono-sedimanter evrimi.

Figure 6: Tectono-sedimentary evolution of Burdur graben from early Pliocene to present.

DEPREMSELLİK VE PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMALARI

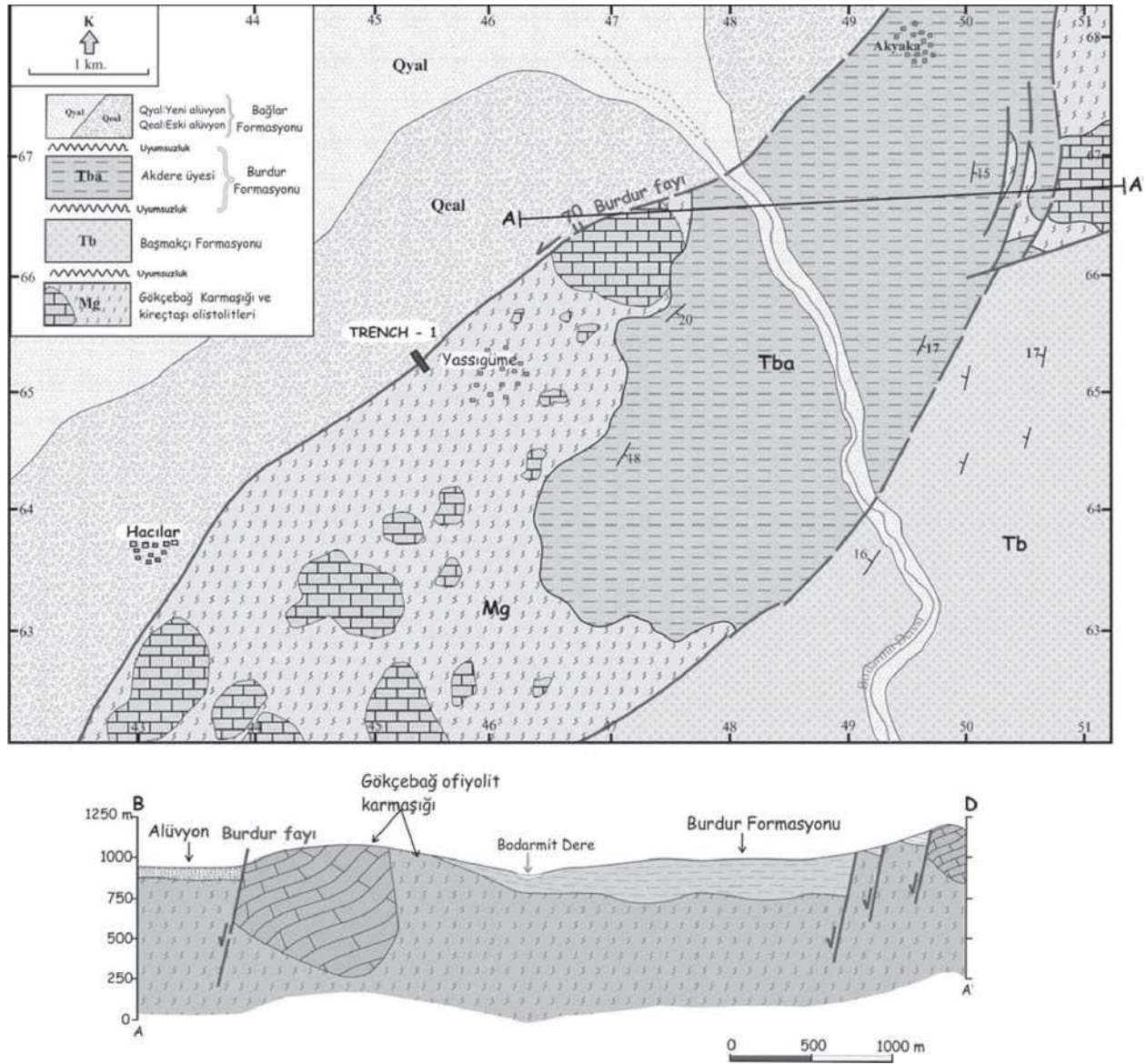
Burdur ve Fethiye yerleşim alanları GB Anadolu'nun en aktif fay zonu olan FBFZ (Fethiye-Burdur Fay Zonu) üzerinde kurulmuştur ve her iki yerleşim birimide büyük bir bölümü ile zayıf tutturulmuş alüvyon zemin üzerinde yer almaktadır. Bölgede oluşmuş hasar verici depremler (Tablo 1) incelendiğinde 5 ve daha büyük magnitüdü depremlerin Rodos'dan Burdur'a doğru KD doğrultusunda uzanan bir zon boyunca yoğunlaştıkları görülmektedir. Bu çizgiselliğin yüzeydeki izlerinin en iyi gözlemlendiği yerler Burdur ve yakın çevresinde yer alır. Yakın tarihte (1914 ve 1971) iki büyük depreme maruz kalmış ve bu depremlerin izlerini belirgin bir şekilde taşıyor olması nedeniyle trench (hendek) çalışmaları öncelikle Burdur ve çevresinde yapılmıştır.

Burdur fayının sismotektonik özellikleri daha çok Burdur segmenti üzerinde incelenmiştir. Çünkü son yüzyıl içinde meydana gelen yıkıcı depremlerin en önemlileri bu segment üzerinde oluşmuştur. Çalışmanın bu bölümünde, Burdur fay zonu üzerinde meydana gelen 03.10.1914 ve 12.05.1971 depremlerinin oluşturduğu kırıkların yeraltındaki konumları ile yapısal özellikleri ve bunların tarihsel dönemlerdeki davranış biçimleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, tarihsel depremlerin paleosismolojik özelliklerinin belirlenmesi için, Burdur fay zonu üzerinde Yassıgüme-Hacılar yöresi ile, Burdur Kum Ocakları Mevkiinde çeşitli noktalarda hendekler (trench) açılmıştır. Yassıgüme-Hacılar yöresindeki açılan hendeğin (trench) jeolojik konumu ile, 1971- deprem kırığının uzanımını belirlemek amacıyla, Yassıgüme-Hacılar yöresinde ayrıntılı jeolojik harita alımı yapılmıştır (Şekil 7).

TARİH	YER	BÜYÜKLÜK (M)
03.10.1914	BURDUR	7.1
07.08.1925	Dinar/AFYON	5.9
08.02.1926	Milas/MUĞLA	4.7
23.05.1941	MUĞLA	6.0
13.12.1941	MUĞLA	5.7
25.04.1957	Fethiye/MUĞLA	7.1
25.04.1959	Köyceğiz/MUĞLA	5.7
14.01.1969	Fethiye/MUĞLA	6.2
12.05.1971	BURDUR	6.2
01.10.1995	Dinar/AFYON	5.9

Tablo 1: Burdur-Fethiye arasındaki bölgede son yüzyıl içinde meydana gelen hasar yapıcı depremlerin yıllara göre dağılımı (Demirtaş ve diğ., 2000).

Table 1: The annual distribution of constructive earthquakes in the past century in Burdur and Fethiye area (Demirtaş et al., 2000).



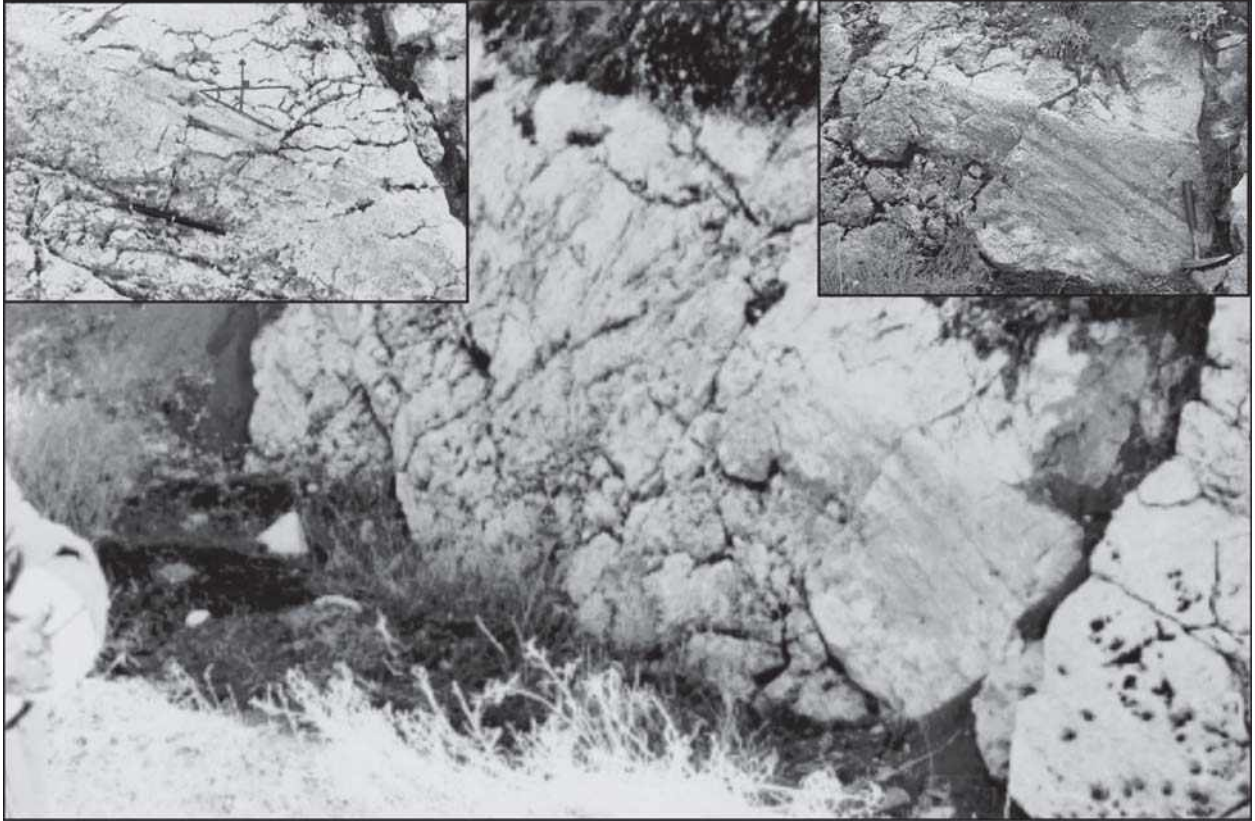
Şekil 7: Hacılar-Yassıgüme çevresinin jeoloji haritası ve jeolojik enine kesiti.
Figure 7: Geological map and cross-section of Hacılar-Yassıgüme area.

Yassıgüme-Hacılar yöresine ait Şekil 7'de verilen jeoloji haritası incelendiğinde, Ofiyolit

(03.10.1914) Burdur Gölü güneyinde yaklaşık 30-40 km uzunluğunda bir yüzey kırığı oluşturmuş olduğu yöre sakinleri yanısıra, değişik araştırmacılar tarafından (Taymaz ve Price, 1992; Koçyiğit, 2000) doğrulanmaktadır. Ancak bazı kaynaklar (örneğin, Sintubin ve diğ., 2001) tüm bu verilere karşın, 1914 depreminin merkez üssünün Burdur Gölünün kuzeyinde olduğunu belirtmektedir. 1971 yılında (12.05.1971) meydana gelen 6.2 büyüklüğündeki Burdur depremi Burdur'un 25 km güneyinde Akyaka ile Hacılar arasında meydana gelmiş ve bu bölgede yaklaşık 10 km

uzunluğunda bir yüzey kırığının oluşumuna neden olmuştur. Yöre sakinlerinin verdiği bilgiler yanısıra, topoğrafyada genç tortullar içinde yanal yönde yersel olarak izlenebilen eşikler (ve/veya fay sarplıkları), 1971 depreminin bu yörede önemli yüzey kırıkları meydana getirdiğini doğrulamaktadır. Ancak yine bazı kaynaklar (Temiz ve diğ., 1997; Sintubin ve diğ., 2001), 1971 depreminin Burdur grabeninin kuzeyinde meydana geldiğini vurgulamaktadır.

Burdur fay zonunun özellikle Burdur



Şekil 8: Yassıgüme yöresinde Burdur fayının görünümü (Fay aynası üzerindeki kayma çizikleri, sol oblik atımın varlığını yansıtmaktadır).

Figure 8: View of Burdur fault in Yassigüme area (Slickensides showing left lateral-oblique displacement)

segmenti üzerinde son yüzyıl içinde ve daha önceki dönemlerde meydana gelen depremlere bağlı olarak, genç tortullar ve alüvyonlar içinde gelişen deformasyon yapılarının ortaya çıkarılması amacıyla, paleosismolojik çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla iki tanesi Burdur yerleşim merkezinin güneyinde, bir tanesi Yassıgüme-Hacılar arasında olmak üzere toplam üç adet hendek (trench) açılmıştır. Diğer taraftan Burdur'un güneyinde kum ocakları mevkiinde kum işletmecileri tarafından açılmış olan yarmalardan uygun olanları üzerinde mostra çalışmaları yapılarak önemli yapısal veriler toplanmıştır.

HENDEK ÇALIŞMALARI

Hendek Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

Şekil 7 ve 10'da görüldüğü gibi, hendekler Burdur fay zonu içinde yeralan aktif fay kolları üzerinde ve alüvyonal zeminlerde fay eşiklerine dik olarak açılmıştır. Hendek açılmasında hidrolik kanal kazıcı kepeçler kullanılmıştır. Açılan hendeklerin uzunluğu 20-25 m, derinliği 3-4 m, genişliği ise 1 m. dolayındadır. Hendekler açıldıktan sonra yüzeyleri süpürge ve fırça ile temizlenmiş, ve 50 cm aralıklı olarak karelej yapılmış ve ortaya çıkan görüntüler ayrıntılı ve ölçekli biçimde çizilerek değerlendirilmiştir. Görüntülerin net olarak belli olması için renkli bayraklı çiviler ve ipler kullanılmıştır. Bunun yanı sıra hendek içinde yeralan tortul fasiyesler tanımlanmış ve bunların birbirleriyle olan stratigrafi ilişkileri detaylı biçimde irdelenmiş ve elde edilen veriler fotoğraflanarak arşivlendirilmiştir. Diğer taraftan hendek içinde ayırte edilen tortul fasiyeslerden, zemin türünün saptanması ve yaş tayini amacıyla, sistematik örnekler alınmıştır.

Yassıgüme Hendeği (Trench-1)

Yassıgüme hendeği Şekil 7'de görüldüğü gibi, Yassıgüme Köyünün batısında günümüzde hala korunmuş olan, 1971 deprem sarplığına dik olarak alüvyonlar içinde açılmıştır. Hendeğin uzunluğu 20 m.,

yüksekliği 300-350 cm. arasında olup, genişliği ise 100 cm. dolayındadır. Hendek duvarlarında yüzeyleyen alüvyonlar içinde alttan üstte doğru üç farklı litofasiyes ayırt edilmiştir (Şekil 9).

A-Litofasiyesi çamurtaşı içerisinde yeralan pekleşmemiş kum ve çakıl arakatkılarından oluşur. Çakıl ve kum arakatkılar yanal yönde süresiz olup, yersel iyi yıkanmış kanal dolgusu ve yamaç döküntüsü oluşuklarından yapıdır. B-Litofasiyesi daha çok gevşek yapılı ve kötü boylanmış yamaç döküntüsü çakıllardan yapıdır. F2 fayının KB'sında yeralan B2 litofasiyesine ait tortullar, büyük olasılıkla F2 fayının gelişmesinden sonra B1 litofasiyesinden türemiş yamaç birikintisi ve/veya kolüviyal oluşukluklardır. En üstte bulunan C-litofasiyesine ait tortullar büyük bölümüyle tutturulmamış çamurtaşı ve toprak örtüsünden oluşur. C-litofasiyesinin kalınlığı F2 fayının kuzey batısında önemli derecede artış göstermektedir.

Yassıgüme hendeği içinde başlıca dört ayrı fay saptanmıştır (Şekil 9). Bunlardan F1 fayı en eski fay olup F2 fayı tarafından kesilmiştir. F2 fayı 1971 deprem kırığına karşılık gelen faydır ve düşey atımı yaklaşık 50 cm.dir. F1 fayı 20 cm.lik bir düşey atıma sahip olup, büyük olasılıkla, 1971'den önce oluşmuş bir depreme ait olmalıdır. Diğer taraftan çok düşük atımlara sahip olan F3 ve F4 fayları ise F2'nin antitetik ve sintetik bileşenleri olarak, 1971 depremi sırasında, F2 ile yaşıt olarak gelişmiş olmalıdır.

Şekil 9'da görüldüğü gibi, Yassıgüme hendeği içinde yeralan F1 fayı B-litofasiyesi tarafından kısmen örtülmektedir. Diğer taraftan F3 ve F4 fayları da benzer şekilde B2 ve C-litofasiyesleri tarafından örtülmektedir. Bu durum, B2 litofasiyesinin 1971 depreminden sonra geliştiğini ve B1

litofasiyesinden türemiş olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

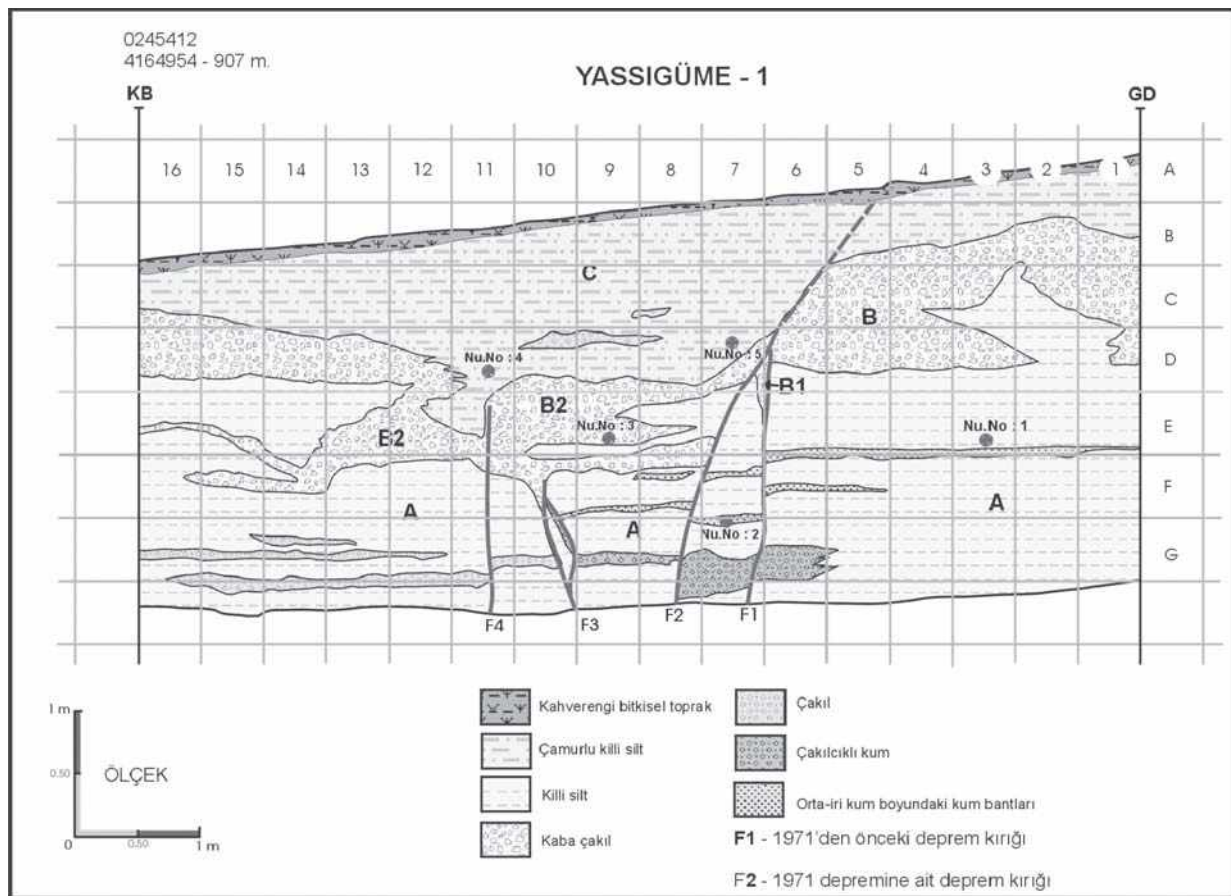
Karaburun -1 Hendeği (Trench -2)

Karaburun hendeği Şekil 10'da görüldüğü gibi Burdur yerleşim merkezinin güneyinde Kum Ocakları mevkiinde, Burdur Gölüne ait eski pekleşmemiş plaj tortulları içinde açılmıştır. Bu mevkide yeralan Pliyosen yaşlı tortullar, Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, plaj tortulu ve güncel alüvyonlardan, topoğrafyada izlenebilen faylar ile ayrılmıştır. Yöredeki plaj tortulları genellikle çok zayıf pekleşmiş, iyi boylanmış yersel çapraz katmanlanma gösteren ince kum ve çakıl bileşenlerinden oluşur. Alüvyonlar içinde gözlenen faylar

birbirine paralel gelişmiş basamak şekilli fay sistemlerini oluşturur (Şekil 10).

Bu mevkide açılmış olan hendeğin boyu yaklaşık 20 m., yüksekliği 3 m. ve genişliği ise 1 m. dolayındadır. Hendeğin duvarlarında gözlenen alüvyonal istif içinde alttan üste doğru üç farklı tortul fasiyes ayırt edilmiştir (Şekil 11).

İstifin en alt bölümünde yeralan A-litofasiyesini oluşturan tortullar çoğunlukla yersel çapraz katmanlı iyi yıkanmış ve pekleşmemiş kumlardan ve çamurtaşı ile killi-siltten oluşan aradüzeylelerden ve/veya arakatlılardan oluşur. Kuzey batıya doğru 20 derece eğimlenmiş olarak bulunan A-

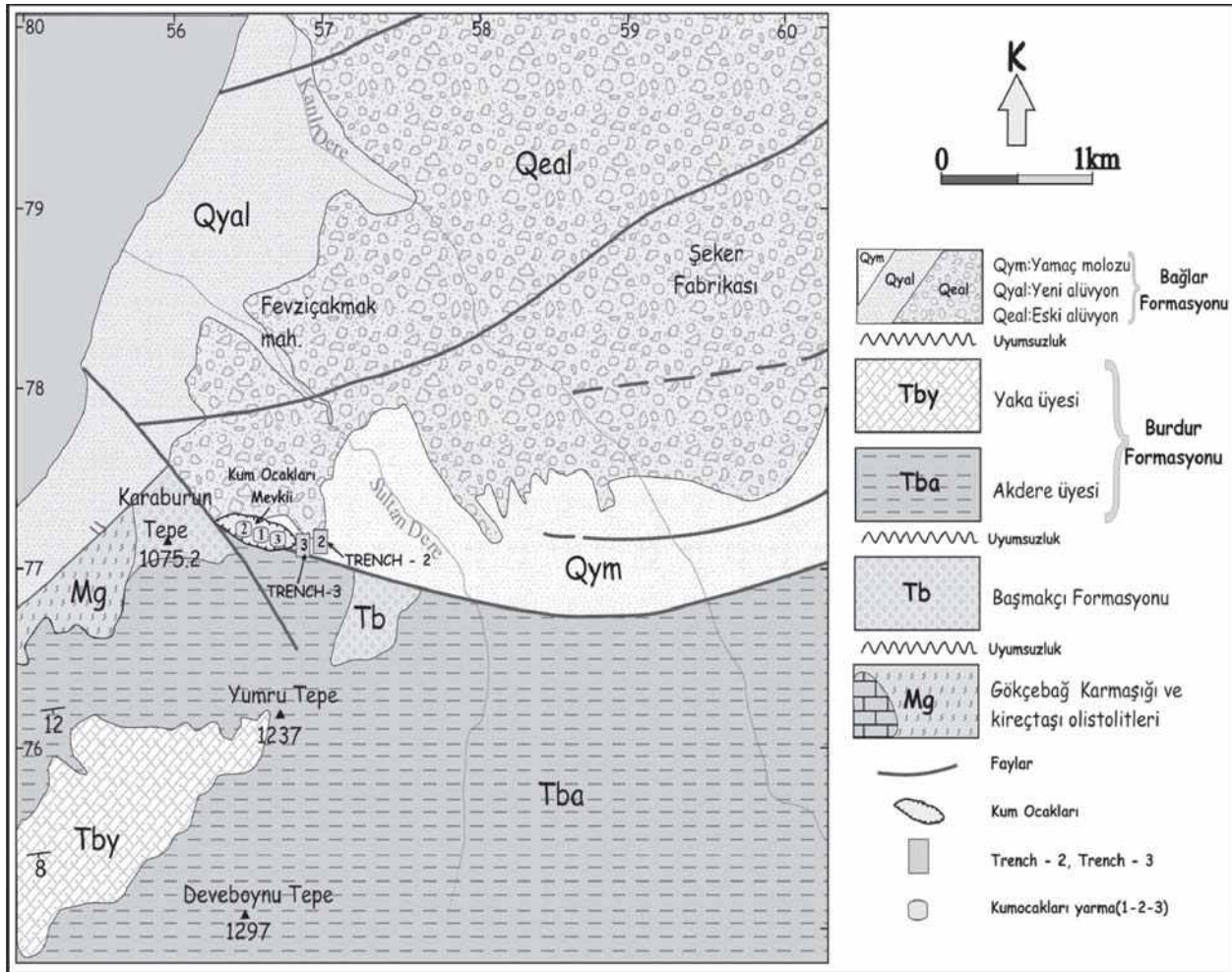


Şekil 9: Yassıgüme hendeğine ait kesit.
Figure 9: Cross-section of the Yassıgüme trench.

litofasiyesine ait tortullar içinde yersel olarak, zemin sıvılaşması sonucu gelişmiş silt daykları (S1) gözlenir. A-litofasiyesine sahip tortullar üzerine uyumsuz bir dokanakla B-litofasiyesine ait tortullar yatay konumlu olarak gelir. B-litofasiyesine ait tortullar da egemen olarak, çapraz katmanlı iyi boylanmış kumlardan oluşur. Bu fasiyes içinde, zemin sıvılaşması sonucu gelişmiş siltli-kumdan oluşan bir kum daykı açık olarak gözlenir. En üstte yer alan C-litofasiyesine ait tortullar büyük bölümüyle beyazımsı çamurtaşından yapılabılı olup alttaki tüm tortulları aşınmalı bir

dokanakla uyumsuz olarak üstler (Şekil 11).

Karaburun-1 hendeği içinde, kum daykları dışında, herhangi bir fay gözlenmemiştir. A ve B litofasiyesine ait tortullar litolojik özellikler bakımından birbirine çok benzemekte olup, Burdur Gölünün eski plaj ortamına ait tortullarını temsil etmektedir. Ancak A-litofasiyesine ait tortulların 20 derece kadar eğimlenmesi ve B-litofasiyesine ait tortulların yatay olarak gözlenmesi, her iki litofasiyes arasında önemli



Şekil 10: Burdur Batısının (Karaburun Mevkii) jeoloji haritası ve bu yörede açılan hendeklerin yerleri.

Figure 10: Geological map of the western Burdur (Karaburun area) with the locations of trenches in this area.

bir tektonik olayın gelişmiş olabileceğini gösterir. Buna göre A-litofasiyesinin çökmesinden sonra yörede gelişen bir depreme bağlı olarak A-litofasiyesine ait tortullar eğimlenmiş ve bunların üzerine B-litofasiyesine ait tortullar yatay olarak çökelmişlerdir. Nitekim, A-litofasiyesi içinde gözlenen S1 kum dayk bu olayı doğrulamaktadır. Diğer taraftan, B-litofasiyesi içinde yer alan S2 kum dayk ise daha yakın tarihte gelişmiş bir depremle ilgili olmalıdır.

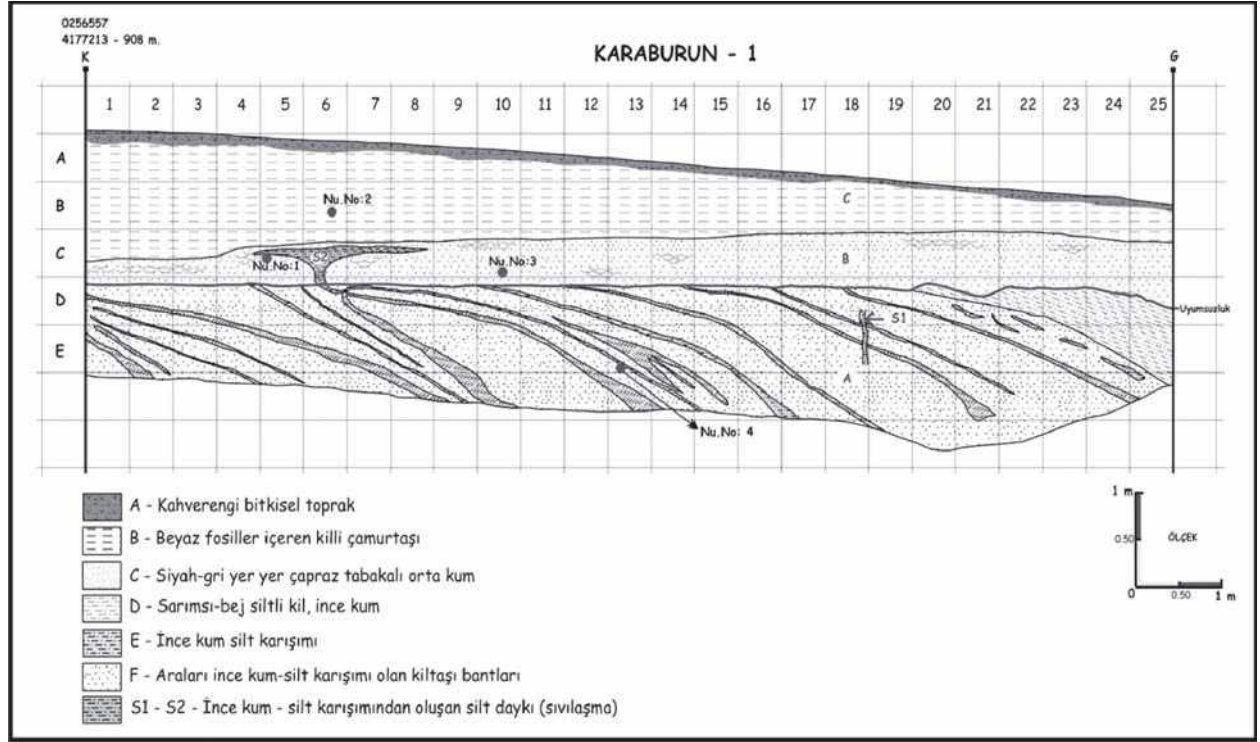
Karaburun – 2 Hendeği (Trench – 3)

Karaburun– 2 hendeği Kum ocakları mevkiinin batısında tutturulmamış yamaç tortulları içinde açılmıştır (Şekil 10). Hendeğin boyu 20m., yüksekliği ise 300 cm.dir. Bu hendeğin duvarlarında sadece yamaç birikintisine ait tortullar gözlenmiş olup, hendeğin içinde farklı litofasiyede tortullar bulunamamıştır. Bunun yanısıra Karaburun – 2 hendeği içinde yamaç tortullarını kesen

herhangi bir fay bulgusuna rastlanmamıştır.

Kum Ocakları – 1 Yarması

Burdur yerleşim alanının güneyinde Kum ocakları mevkiinde, kum ocağı işletmesi sırasında ortaya çıkan yarmalar, bu çalışma sırasında ayrıntılı olarak gözden geçirilmiştir. İncelemeler sonucunda bu mevki de üç farklı yarmanın değerlendirmeye alınması uygun görülmüştür. Kum ocaklarında yer alan 1 nolu yarmada dört farklı tortul fasiyes gözlenmektedir (Şekil 12). A – litofasiyesine ait tortullar iyi boylanmış düzenli laminalanma özelliği gösteren pekleşmemiş kumlardan oluşmaktadır. B-litofasiyesine ait tortullar ise gölsel ortama ait bol gastropod (*Dressensia sp.*) içerikli kalkerli çamurtaşlarından oluşmaktadır. Kalkerli çamurtaşını üstleyen C-litofasiyesine ait tortullar büyük bölümüyle yersel laminalanma özelliği gösteren pekleşmemiş çakıllı kumlardan oluşur. D-



Şekil 11: Karaburun hendeğine ait enine kesit ile sıvılaşma sonucu oluşmuş kum daykının görünüşü.
Figure 11: Cross-section of the Karaburun trench and view of sand dyke formed by liquefaction.

litofasiyesine ait tortullar tümüyle kötü boylanmalı yamaç döküntüsünden yapılı olup, yarık dolgu fasiyesini temsil etmektedir. Bu fasiyese ait tortullar içinde yersel olarak bez ve sicim kalıntıları gözlenebilmektedir.

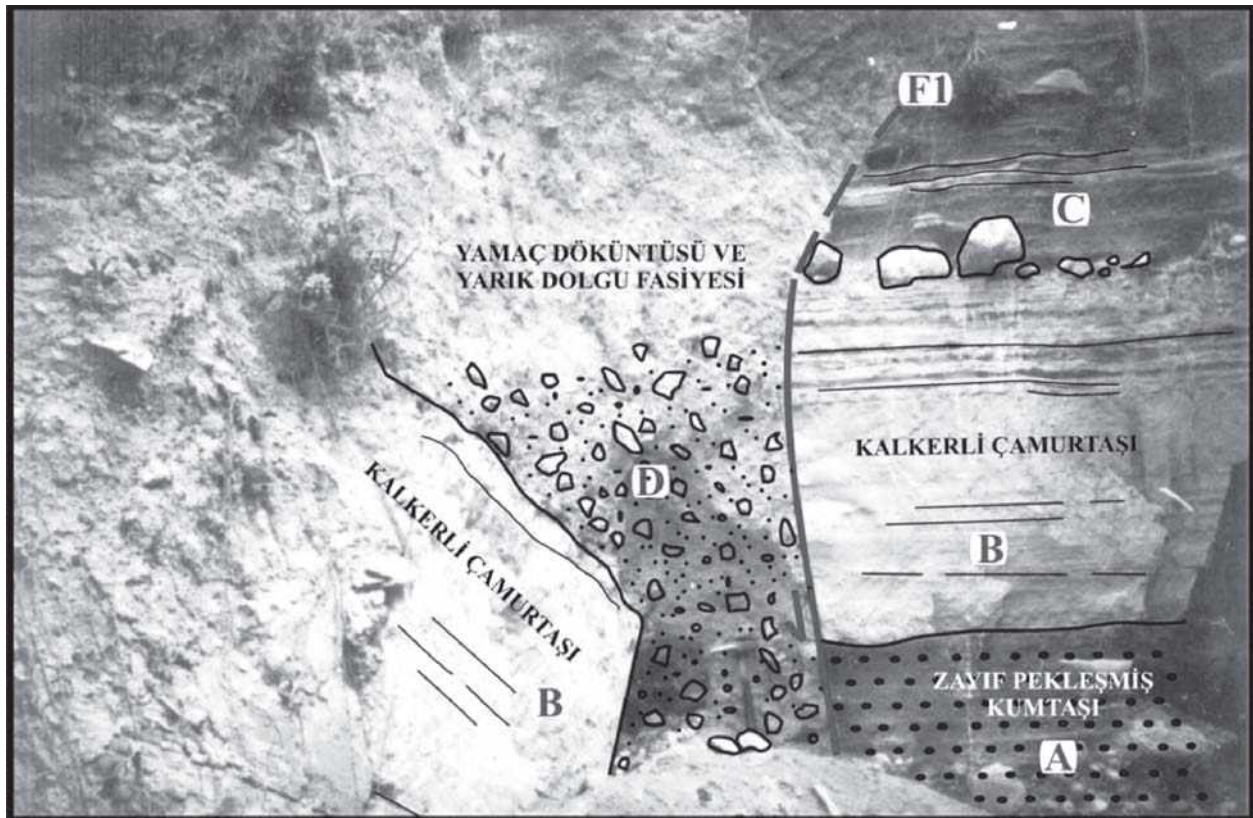
Şekil 12'de görüldüğü gibi, Kum ocakları-1 yarmasındaki en önemli yapısal unsur F1 fayı ve buna eşlik eden yarık dolgu fasiyesidir. F1 fayı aynı zamanda A, B ve C litofasiyeslerini sınırlamaktadır. Özellikle en altta bulunan A-litofasiyesine ait pekleşmemiş kumlar, düşey konumlu olan çok keskin bir dokanakla, yarık dolgu fasiyesinden ayrılmaktadır. Bu yarmada F1 fayının konumu K65D / 85 KB olup, fay boyunca ölçülen düşey yerdeğiştirme miktarı 90 cm dir.

Diğer taraftan, Kum ocakları-1

yarmasının yaklaşık 20 m güneyinde, F1 fayı ile benzer uzanım ve konuma sahip bir çamur daykısı, gösel tortulları kesmiş olarak bulunur (Şekil 13).

Yaklaşık 50 ile 90 cm genişlikte olan çamur daykısı, yüzeye çıktıktan sonra yanal yönde bir çamur yaygısı oluşturmuştur. Bu mevkide çamur yaygısı oluşukları üzerine yamaç döküntüsü oluşukları (kolüviyal tortullar) doğrudan gelmektedir. Bu çamur daykısının F1 fayı ile benzer uzanım ve konuma sahip oluşu yanısıra, yarık dolgu fasiyesine benzer kolüviyal oluşuklar tarafından üstlenmesi, F1 fayı ve çamur daykısının yaşıt gelişmiş yapılar olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

F1 fayı ile buna eşlik eden yarık dolgu



Şekil 12: Kum Ocakları-1 yarmasında ayırt edilen litofasiyeslerin ve F1 fayının konumunu gösteren fotoğraf.
Figure 12: Photograph showing locations of lithofacies identified in sand quarries-1 and F-1 fault.

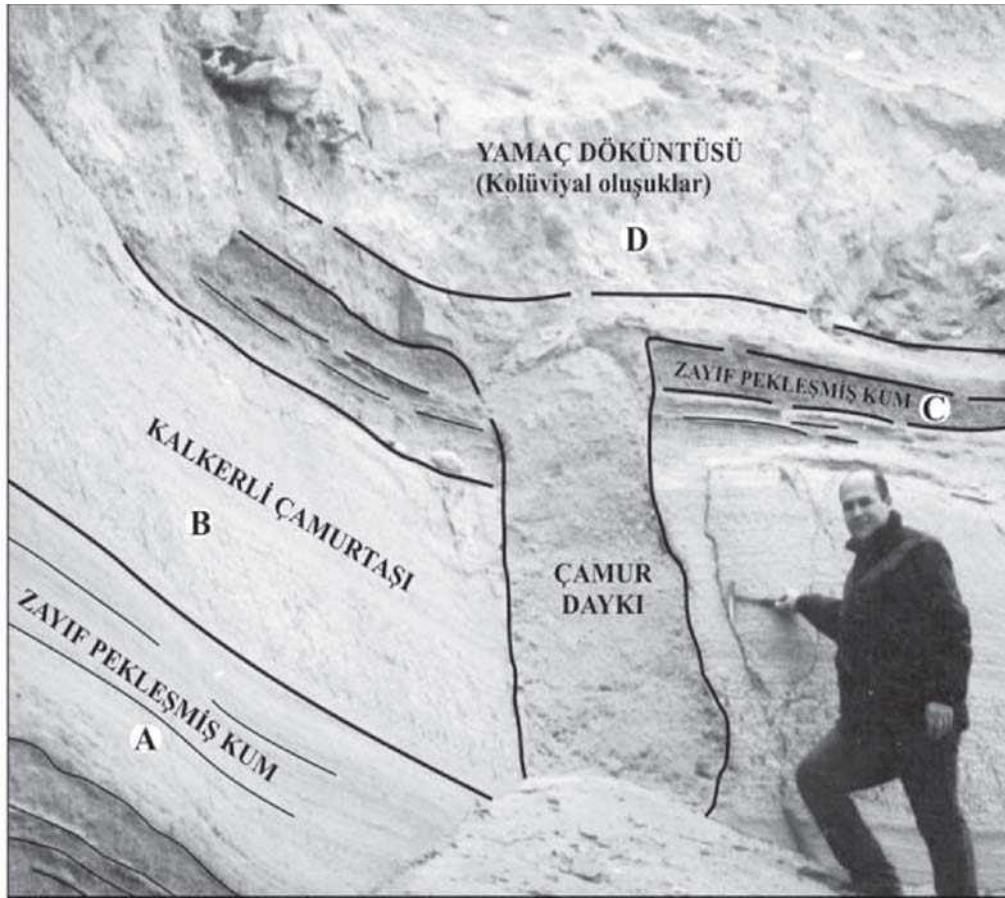
fasiyesine ait kolüviyal oluşuklar ile Şekil 13'de gözlenen çamur daykı, büyük olasılıkla, 1914 depremi ile ilgili olmalıdır. Yöre sakinlerinin sözlü ifadeleri yanısıra, yarık dolgu fasiyesi içinde bulunan sicim, kumaş ve naylon kalıntıları, bu varsayımı destekleyen veriler olarak değerlendirilebilir.

Kum Ocakları-2 Yarması

Şekil 10'da verilen lokal jeoloji haritasında görüldüğü gibi, 2- nolu yarma Kum Ocakları Mevkiinde 1- nolu yarmanın yaklaşık 100 m güneyinde yer alır. 1-nolu yarmada alttan üste doğru başlıca üç farklı litofasiyes ayırt edilmiştir (Şekil 14). En altta yer alan A-litofasiyesine ait tortullar egemen olarak ince ile orta düzenli katmanlı ve yersel laminalı olan

eski plaj ortamına ait pekleşmemiş kum ve çamur arakatkılarından oluşur. Oluksal çapraz katmanlanmalar ve Dressensia sp. den oluşan fosilli arakatkılar A-litofasiyesine ait tortullar için olağandır. B-litofasiyesi egemen olarak iyi boylanmış plaj kumlarından yapıları olup, A-litofasiyesine ait tortulları açılı uyumsuzlukla üstler. B-litofasiyesini aşınmalı bir dokanakla üstleyen C-litofasiyesine ait tortullar büyük bölümü ile kötü boylanmalı pekleşmemiş kolüviyal oluşuklardan yapılarıdır.

Bu yarmada yer alan F1 ve F2 fayları ile A ve B litofasiyesleri arasındaki açılı uyumsuzluk en önemli yapısal unsurları oluşturur. F2 fayı kolüviyal oluşuklarda dahil olmak üzere, yarmada gözlenen tüm



Şekil 13 : Kum Ocakları-1 yarmasının 20 m. güneyinde yer alan çamur daykının ve eşlik eden litofasiyeslerin konumları.
Figure 13: Locations of mud dyke in 20 meters south of sand quarries-1 trench and lithofacies.

litofasiyesleri kesen en genç faydır. Yaklaşık 90 cm'lik düşey atıma sahip olan F2 fayının konumu K60D / 70 KB olup, Kum Ocakları-1 yarmasında ki F1 fayının konumu ile benzerdir. Şekil 14'de gözlenen F1 fayı daha yaşlı bir fay olup, sadece en altta ki A-litofasiyesine ait tortulları etkilemiştir.

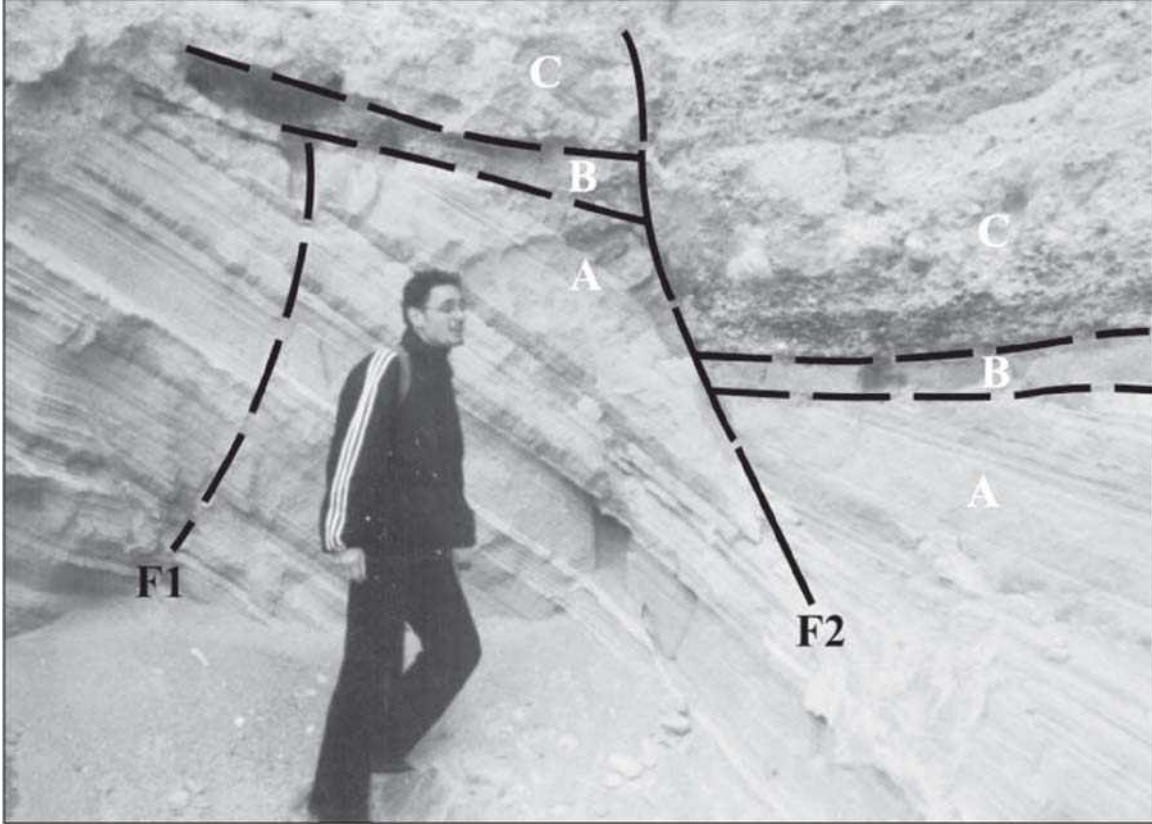
Kumocakları-3 Yarması

Bu yarma Şekil 10'da verilen haritada görüldüğü gibi, 1-nolu yarmanın yaklaşık 100 m kuzeydoğusunda yer alır. 3- nolu yarmada alttan üste doğru üç farklı litofasiyes ayırt edilmektedir (Şekil 15). En altta yer alan A-litofasiyesi egemen olarak ince ile orta düzenli katmanlı ve yersel laminalı olan eski plaj ortamına ait pekleşmemiş kum ve silt düzeylerinden oluşur. Oluksal çapraz katmanlanmalar ve pekleşmemiş çakıltaşından oluşan aradüzeyler, A-litofasiyesi için olağan

oluşuklardır. Bu yarmadaki A-litofasiyesine ait kum-silt istifi içinde yer alan çakıllı arakatmanlar, istifin kendi içinde farklı düzeylere ayrılmasına neden olmuştur. Bu çakıllı arakatmanlara göre A-litofasiyesi içinde A1, A2, A3 ve A4 olmak üzere dört farklı düzey ayırt edilmiştir.

Yarmanın en üst bölümünde yer alan B- ve C-litofasiyesine ait tortullar büyük bölümüyle kötü boylanmalı, düzensiz katmanlı, ve çamur matriksli pekleşmemiş yamaç döküntü (kolüviyal) oluşuklarından yapıldır.

C-litofasiyesine ait kolüviyal oluşuklar çoğunlukla A4 tortul düzeyinden türemiş olup, aynı zamanda yarı dolgu malzemesini oluşturmuştur. İki farklı kolüviyal oluşuğun bulunuşu bu yarmanın en önemli



Şekil 14: Kum Ocakları-2 yarmasında gözlenen fayların ve litofasiyelerin birbirleriyle olan ilişkilerinin görünümü.

Figure 14: View of faults observed in sand quarries-2 and their relationship to lithofacies

özelliklerinden biridir. Bu yarmada gözlenen fayın düşey atımı yaklaşık 250 cm. olup, fay aynasının üzerindeki konumu K70D/85 KB'dır.

Hendek ve Yarmaların Değerlendirilmesi

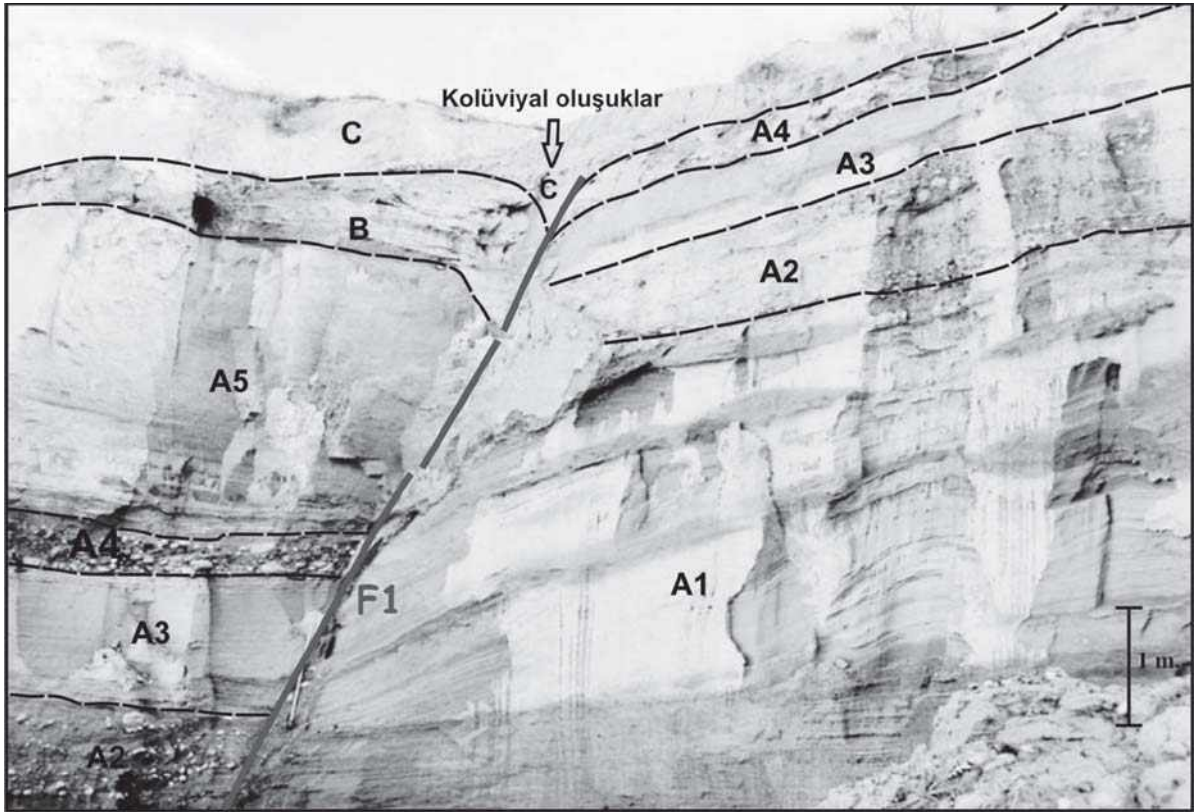
Yassıgüme ve Burdur yörelerinde açılan hendeklerde çoğunlukla iyi boylanmış ve çapraz katmanlı pekleşmemiş kumlardan oluşan plaj tortulları kesilmiştir. Gerek plaj tortulları içinde ve gerekse bunları üstleyen kolüviyal oluşuklar içinde, radyometrik yaş tayinine elverişli olabilecek kömürleşmiş bitki kalıntısı yada odun parçası bulunamamıştır.

Bu nedenle hendeklerde ve yarmalarda rastlanan katmanların ve fayların yaşlandırmalarında bağıl stratigrafi ve yapısal

ilişkileri göz önüne alınmıştır.

Burdur Kum Ocakları Mevkiinde incelenen 1 ve 2 nolu yarmalarda yeralan genç fayların tümü birbirleriyle benzer yapısal konuma ve düşey atım miktarına sahiptir. Diğer taraftan bu yarmalarda gözlenen genç fayların atım miktarları yaşlı olanlara göre daha büyüktür.

Bu nedenle söz konusu yarmalarda yeralan ve kolüviyal oluşukları kesen yaşıt gelişmiş genç fayların tümü, büyük olasılıkla, 1914 depreminden kalıtsal olup, gerçekte Burdur fayının yöredeki uzanımını karşılamaktadır.



Şekil 15: Kum Ocakları-3 yarmasında yeralan Kuvaterner istifinin alttan üste doğru görünümü ve F1 fayının konumu. İstif içerisinde yeralan kılavuz seviyeler harflerle gösterilmiştir. F1 fayının burada gözlenen düşey yerdeğiştirme miktarı 2.5 metredir.

Figure 15: View of Quaternary sequence from bottom to top in the sand quarries-3 and location of F1 fault (indicator levels in the sequence is shown with letters, here, the amounts of vertical displacement of F1 fault is 2.5 meters).

Ancak, Kum Ocakları-3 yarmasında iki farklı kolüviyal oluşuğun bulunması, ve bu yarmadaki fayın diğer yarmalardakinden farklı olarak, yaklaşık 250 cm'lik düşey atıma sahip olması, farklı dönemlerde gelişen iki ayrı depremin aynı fay üzerinde gelişmiş olmasıyla açıklanabilir.

Kum Ocakları mevkiinde elde edilen veriler, 1914 depremi sırasında bu mevkide yüzey yarıklarının yanısıra zemin sıvılaşmasına bağlı olarak çamur dayklarının meydana geldiğini göstermektedir. Yöredeki yüzey yarıklarının dolgu oluşukları ile çamur dayklarının benzer doğrultu ve eğim derecesine sahip olmaları yanısıra birbirlerine yakın konumda bulunmaları, bunların yaşıt olarak geliştiğini göstermesi bakımından önemlidir.

SONUÇLAR

· Fethiye-Burdur arasında KD- yönünde yaklaşık olarak 300 km'lik bir uzanım gösteren Burdur fayı, çoğu yerde sol-oblik atım özelliği gösteren, ve günümüzde hala aktif olan bir fay zonundan oluşur.

· Burdur fay zonu, tek bir çizgi halinde olmayıp, KD-yönünde kesikli uzanımına sahip ve birbirine paralel olabilen basamaklı fay sistemlerinden yapıldır. Burdur Gölü, tümüyle Burdur fay zonu içinde kalan, ve her iki yanı aktif faylarla sınırlanmış bir çöküntü gölüdür.

· Burdur Neojen havzası, büyük bölümü ile Pliyo-Kuvaterner yaşlı alüvyonal ve gölsel tortulların doldurduğu, KD-GB uzanımlı bir çöküntü alanıdır. Pliyo-Kuvaterner yaşlı tortulların havza içindeki dağılımı ve stratigrafi özellikleri, Burdur Neojen havzasının başlangıçta asimetrik bir çöküntü alanı olarak geliştiğini, daha sonra ise simetrik bir havza özelliği kazandığını yansıtır. Burdur Gölünün bulunduğu alanın yanısıra, Yassıgüme çevresine ait, jeolojik enine kesitlerden ölçülebilen, Burdur fayına ait düşey yerdeğiştirme miktarı yaklaşık olarak

500 m civarındadır.

· Son yıllara ait GPS ölçüm sonuçları (McCLUSKY ve diğ., 2000), Burdur fay zonunun kuzeyinde yer alan Ege levhasının, yılda 3 cm'lik bir hızla güneybatıya doğru hareket ettiğini belgeler. Buna karşın, Burdur fay zonunun güneyinde ve Isparta Büklümü bölgesinde, GB- yönlü genişleme hareketi hemen hemen hiç gözlenmez (BARKA ve diğ., 2000). Bu verilere göre Burdur fay zonu, Batı Anadolu'da sıkışma tektoniğinin egemen olduğu Isparta Büklümü ve Batı Toros Kuşağını, Ege genişleme bölgesinden ayıran önemli bir yapısal çizgidir. Diğer taraftan Güneybatı Anadolu'da yer alan genç tektonik yapılar incelendiğinde, Burdur fay zonunun kuzeyinde kalan bölgede, GB-yönlü genişlemeye bağlı olarak gelişen KB- uzanımlı aktif grabenlerin (örneğin, Dinar, Acıpayam ve Muğla-Yatağan grabenleri) yaygın olarak geliştiği gözlenir. Oysa, Burdur fay zonunun güney bölümünde, daha çok sıkışma tektoniğine bağlı olarak gelişmiş, ve günümüzde halen aktif olan bindirme fayları (örneğin, Aksu bindirmesi), yer almaktadır.

· Burdur fay zonu, Fethiye-Burdur arasında kalan bölgede, KB-uzanımlı fayların denetiminde dört farklı segmente bölünür. Bunlar GB'dan KD'ya doğru; (1) Fethiye segmenti, (2) Gölhisar segmenti, (3) Tefenni segmenti ve (4) Burdur segmentinden yapıldır. 7.1 büyüklüğündeki 1914 depremi ile 6.2 büyüklüğündeki 1971 depremleri, Burdur segmenti üzerinde meydana gelmiş olan en önemli sismik olaylardır. 1957-Fethiye depremi (25.04.1957) ise Fethiye Körfezinin güneybatısında Rodos'un doğusunda, meydana gelmiştir.

· Burdur-Kum Ocakları Mevkiinde ve Yassıgüme yöresinde açılan hendeklerde ve yarmalarda, 1914 ve 1971 depremlerine ait yapılar incelenmiştir. Bu yapılar arasında çok genç kolüviyal oluşukların yanısıra, sözü edilen depremlerle yaşıt olarak gelişmiş kum daykları ve yarıklar dolgu oluşukları, en belirgin

yapılardır. Burdur-Kum Ocaqları Mevkiinde ortaya çıkarılan 1914-deprem yarığında, ölçülebilen düşey yerdeğiştirme miktarı 2-2.5 metre arasında değışmektedir.

KATKI BELİRTME:

Bu çalışma, Tübitak-ÇAYDBAG tarafından desteklenen 101Y027 nolu "Burdur-Fethiye Arasındaki Burdur Fayı'nın Sismotektonik Özelliklerinin Araştırılması" isimli proje kapsamında yapılmıştır. Ayrıca saha çalışmaları sırasında Burdur Belediyesi ve Burdur Valiliği'nin destekleri olmuştur. İlgili kurumların yetkililerine teşekkür ederiz.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Altınlı, İ. E., 1944. Antalya bölgesinin stratigrafik etüdü: İ. Ü. F. F. Mecmuası, Seri: B-C, IX, 3, 227-238
- Barka, A., Reilinger, R., Şaroğlu, F., and Sengör, A. M. C., 1995. The Isparta Angle: Its evolution and importance in the tectonics of the eastern Mediterranean region: Int. Earth Sci. Collog. Aegean Region: Proceedings, 3-17.
- Blumenthal, M., 1963. Le systeme structural du Taurus sud-Anatolien. In Livre a memoire du Professeur P. Fallot. Memoire de la Societe Geologique de France 2: 611-662.
- Brunn, J. H., Dumont, J.F., Graciansky, P. C., Gutnic, M., Juteau, T., Marcoux, J., Monod, O., Poisson, A., 1971. Outline of the geology of the western Taurides. In Geology and History of Turkey, Campbell As (ed). Petroleum Exploration Society of Libya Tripoli, 225-255.
- Demirtaş, R. ve Erkmen, C., 2000. Odak mekanizması çözümü, Deprem ve Jeoloji, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 52, s: 91-94.
- Dumont, J. F. ve Kerey, E., 1975. Eğirdir gölü güneyinin temel jeolojik etüdü .TJK. Bült., 18/2 169-174,
- Dumont, J. F., Uysal, Ş., Şimşek, Ş., Karamanderesi, I. H., and Leteouzey, J., 1979. Formations of the grabens in Southwestern Anatolia. Bull. Min. Res. Explor. Inst Turkey, 92, 7-18.
- Ertunç, A., Karagüzel, R., Yağmurlu, F., Türker, E. ve Keskin, N., 2001. Burdur Belediyesi kent

merkezi ve yakın çevresinin deprenselliği ve yerleşime uygunluk açısından incelenmesi, Sonuç Raporu, SDÜAR-GE.

- Gutnic, M., 1977. Geologique du Taurus Pisidien au Nord d'Isparta(Turquie). Tru. Lab., Geol.Hist.Univ., Paris.XI, p:112.
- Gutnic, M., Monod, O, Poisson, A. et Dumont, J.F., 1979. Géologie des Taurides occidentales (Turquie). Mémoire de la Société Géologique de France, 58, 137, 1-112, 2 cartes HT.
- Graciansky, PC de. 1972. Recherches geologiques dans le Taurus Lycien Occidental . These Doctorat d'Etat Universite de Paris-Sud. Orsay-France .
- Hayward, A. B., 1984. Miocene clastic sedimentation related to emplacement of the Lycian Nappes and Antalya complex. SW Turkey: In the Geological Evolution of the Eastern Mediterranean. Dixon JF, Robertson AHF (eds) Geological Society, London, Special Publication 17, 287-300.
- Karaman, M. E., 1986a. Burdur dolayının genel stratigrafisi. Akd. Üniv. Isp. Müh. Fak. Derg., 2, s: 23-35.
- Karaman, M. E., 1986b. Burdur İli çevresindeki yerleşim alanlarının deprenselliği, Müh. Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bült. No. 8., 23-30.
- Karaman, M. E., 1990. Isparta güneyinin temel jeolojik özellikleri. TJK. Bült., 33, s: 57-67.
- Koçyiğit, A., 1983. Hoyran gölü (Isparta bükümü) dolayının tektoniği. TJK. Bült., 26/1, 1-10,
- Koçyiğit, A., 1984a. Tectono-stratigraphic characteristics of Hoyran Lake Region (Isparta bend), in: Tekeli, O. and Göncüoğlu, M. C., (eds.) Geology of the Taurus Belt: Proc. Int. Symposium, p: 53-67.
- Koçyiğit, A., 1984b. Intra-plate neotectonic development in Southwestern Turkey and adjacent areas. Bull. Geol. Soc. Turkey, 27, 1-16.
- Koçyiğit, A., 2000. Güneybatı Türkiye'nin deprenselliği: Batı Anadolu'nun deprenselliği sempozyumu (BAD SEM-2000), Bildiriler, s: 30-38. İzmir Valiliği.
- Marcoux, J., 1987. Histoire et topologie de la Neo-Tethys, These de Doctorat Detat. L'Universite

- Pierre et Marie Curie, Paris, 569p.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, M.N., Veis, G., 2000. Global positioning system constrains on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Gucalus: *Journal of Geophysical Research*, V. 105, no.B3, 5695-5719.
- McKenzie, D. P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt: The Aegean sea and its surrounding regions, *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 55, 217-254,
- Monod, O., 1977. Recherches géologiques dans de la Taurus occidental au sud de Beyşehir (Turquie). These, Univ. Paris Sud Orsay. 442p.
- Özgül, N., 1976. Torosların bazı temel jeoloji özellikleri. *Bull. Geol. Soc. Turkey*, 19, 65-78.
- Poisson, A., 1977. Recherches géologiques dans les Taurides occidental (Turquie): These, Univ. Paris. Sud, Orsay, p:795.
- Poisson, A., Akay, E., Dumont, J. F. and Uysal, S., 1984. Isparta Angle (W Taurids): A Mesozoic paleorift. In "Geology of the Taurus belt", eds. O. Tekeli and C. Göncüoğlu, sp. Pub. MTA. Ankara, 11-26
- Poisson, A., Yağmurlu, F., Bozcu, M. and Şentürk, M., 2003. New insights on the tectonic setting and evolution around the apex of the Isparta Angle (SW Turkey): *Geol. J.* 38: 257-282
- Price, S. & Scott, B., 1991. Pliocene Burdur basin, SW Turkey: tectonics, seismicity and sedimentation. *Journal of the Geological Society, London*, 148, 345-354.
- Ricou, L., Marcoux, J. and Poisson, A. 1979. L'allochtonie des Bey Dağları orientaux. Reconstruction palinspastique des Taurides occidentales. *Bull. Soc. Geol. France*, XXI, 125-133
- Robertson, A. H. F., and Woodcock, N. H. 1984. The SW segment of the Antalya Complex Turkey as a Mesozoic-Tertiary Tethyan, continental margin: In the "Geological Evolution of the Eastern Mediterranean". Dixon JF, Robertson AHF (eds) Geological Society, London, Special Publication 17, 251-271.
- Robertson, A. H. F., Poisson, A. and Akıncı, Ö. 2003. Developments in research concerning Mesozoic-Tertiary Tethys and neotectonics in the Isparta Angle, SW Turkey. *Geological Journal*, v.38, p.195-234.
- Sintubin, M., Muchez, P. H., Paulissen, E., and Waelkens, M., 2001. Neotectonics in the territory of the ancient city of Sagalassos (Burdur, SW Turkey): 4 th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology, Abstracts, p. 32.
- Şenel, M. 1984. Discussion of the Antalya nappes. In *Geology of Taurus belt* (eds. by O. Tekeli, M.C. Göncüoğlu), Proceedings, 41- 51
- Şenel, M., Bilgin, A. Z., Dalkılıç, H., Gedik, I., Korucu, M., Uğuz, M. F., Serdaroğlu, M. 1991. Eğirdir-Sütçüler-Yenişarbademli arasının ve yakın dolayının jeolojisi (Batı Toroslar): TPAO Rap. No:3963,
- Şenel, M., Gedik, I., Dalkılıç, H., Serdaroğlu, M., Bilgin, A.Z., Uğuz, M. F., Bölükbaşı, A. S., Korucu, M. ve Özgül, N. 1996. Isparta Büklümü doğusunda, otokton ve allokton birimlerin stratigrafisi (Batı Toroslar): *MTA. Derg.*, 118, s:111-160.
- Şengör, A. M. C., ve Yılmaz, Y., 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach: *Tectonophysics*, 75, 181-241.
- Şentürk, M., 2003. Acıgöl ve Burdur Gölleri arasındaki bölgenin sismotektonik özellikleri, (Y. Lisans Tezi), S. Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. 82 s.
- Taymaz, T., and Price, S. P., 1992. The 12.05.1971 Burdur earthquake sequence: A synthesis seismological and geological observations. *Geophys. J. Int.*, 108, 589-603.
- Temiz., H., Poisson, A., Andrieux, J., and Barka, A., 1997. Kinematics of the Plio-Quaternary Burdur-Dinar cross fault system in SW Anatolia (Turkey). *Annales Tectonica*, v.XI, n. 1-2, 102-113.
- Yağmurlu, F., 2000. Burdur fayının sismotektonik özellikleri: Batı Anadolu'nun depremelliği sempozyumu, *Bildiriler*, s.143-152, İzmir.

- Yağmurlu, F., Bozcu, M., Şentürk, M., 2005. Burdur-Fethiye arasındaki bölgede Burdur fayının sismotektonik özellikleri:Tübitak-ÇAYDAG, Proje No:101Y027, 79 s., (Yayınlanmamış Rapor).
- Yılmaz, Y., 2000. Ege bölgesinin aktif tektoniği; Batı Anadolu'nun Depremselliği Sempozyumu, Bildiriler, s 3-15.

İgnimbiritlerin Jeomekanik Özelliklerinin Yapı Taşı Olarak Kullanımına Etkisi: Nevşehir Taşı

The Effect of Geomechanical Properties of Ignimbrites on Their Usage as Building Stone: Nevşehir Stone

Mustafa KORKANÇ

*Niğde Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 51245 Niğde
mkorkanc@nigde.edu.tr*

ÖZ

Araştırmalar için Nevşehir dolayında geniş alanlarda yüzeyleyen Kavak ignimbiritlerine ait farklı renklerdeki piroklastikler seçilmiştir. Söz konusu birimlerden çıkarılan taşlar önceleri özellikle tarihi yapılarda ve düşük katlı binalarda yapı taşı olarak yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Günümüzde ise daha çok dekoratif özelliklerinden dolayı bina dış yüzey kaplamasında, merdiven, yer döşemesi, korkuluk, havuz ve kenarları, kemer, sütun, şömine balkon süslemeleri ve restorasyon uygulamalarındaki kullanımı giderek artmaktadır. Yakın alanlarda renk ve dokusal özellikleri çok sık değişim göstermelerinden dolayı 6 farklı alanda örnekleme yapılmıştır. Derlenen bu örneklerin öncelikle petrografik ve kimyasal özellikleri belirlenmiş olup, jeomekanik özelliklerini belirlenmek amacıyla da standart kaya mekaniği deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilere göre, incelenen piroklastiklerin iyi kaynaşmamış ignimbirit özelliğinde olduğu, bunların jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli ilişkilerin olduğu ortaya konmuştur. Özellikle opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: İgnimbirit, jeomekanik özellikler, petrografik özellikler, yapı taşı.

ABSTRACT

For this study; different colored pyroclastics belong to Kavak ignimbrite that widely spreads around Nevşehir were chosen. These rocks were widely used as building stone in low storeyed buildings and especially in historical building in the past. Nowadays, they have an increasing usage in outer surface covering of the buildings, stairs, floorings, banisters, pools and their surroundings, arches, columns, fireplaces, balcony decorations and restoration applications because of having decorative properties. Sampling was carried out in 6 different areas in the field because they have different color and texture characteristics that change frequently in close areas. At first petrographical and chemical properties of these samples were determined and then standard rock mechanic experiments were carried out in order to determine their geomechanical properties. According to the results, it is exposed that investigated pyroclastics are non-welded ignimbrite and there are important relationships between their geological, chemical, petrographical properties and geomechanical properties. Especially, the samples having opaque minerals, fine grained rock fragments and higher matrix ratio than grain ratio, have lower porosity and higher density and compressive strength.

Key Words: Ignimbrite, geomechanical properties, petrographical properties, building stone.

GİRİŞ

İnceleme alanı, İç Anadolu Bölgesinde Nevşehir il sınırları içerisinde yer almaktadır. Genç volkanizmanın ülkemizde yaygın ve farklı evrelerde farklı ürünler oluşturduğu bölgelerden biri olan çalışma alanında, özellikle önceki araştırmacılar tarafından, ayrıntılı volkanolojik, jeokimyasal ve jeokronolojik çalışmalar yapılmıştır (Beekman, 1966; Pasquare, 1966; Pasquare vd., 1988; Innocenti vd., 1975; Besang vd., 1977). Kapadokya yöresi genç volkanik oluşumlarının yayılım ve evrimlerine ilişkin çalışmalarda, yaşı ve bileşimleri tanımlanmıştır (Ercan vd. 1990, Ercan vd., 1992, Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Le Pennec vd., 1994; Mues Schumacher ve Schumacher, 1996; Güleç vd., 1997; Temel vd., 1998; Türkecan vd., 2003; Le Pennec vd., 2005; Viereck vd., 2006). Bölgedeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ile bunların dayanım ve ayrışma özelliklerine yönelik çalışmalar ise sınırlı sayıda (Erdoğan, 1986; Topal, 1995; Topal ve Doyuran, 1997; Gökçeoğlu vd., 2000). Son dönemlerde yapılan araştırmalar ise özellikle bölge ignimbiritlerinde geçmişte ve günümüzde çeşitli amaçlar için açılmış kaya yapılarının duraylılıklarına ve mühendislik özelliklerine ilişkindir (Aydan vd., 1999; Ulusay vd., 1999; Aydan ve Ulusay, 2003; Ulusay vd., 2006, Aydan vd., 2007; Ulusay ve Aydan, 2007; Aydan vd., 2007a; Aydan vd., 2007b). Yöredeki ignimbiritlerin yapı malzemesi özellikleri ve mühendislik özelliklerinin araştırıldığı çalışmalarda, bunların jeolojik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin, jeomekanik özelliklerindeki değişimine etkisi ile bunlar arasındaki ilişkilere yeterince değinilmemiştir.

Bu çalışma, yapı taşı olarak kullanılan farklı renklerdeki Kavak ignimbiritlerinin jeomekanik özelliklerinin nasıl değiştiğini ve

bu özelliklerin mühendislik özelliklerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve petrografik incelemeler esnasında, belirlenen farklı renk ve dokuya sahip kayalar, ayrı ayrı örneklenerek bunların ayrıntılı araştırması yapılmıştır.

İnceleme Alanının Tanıtımı

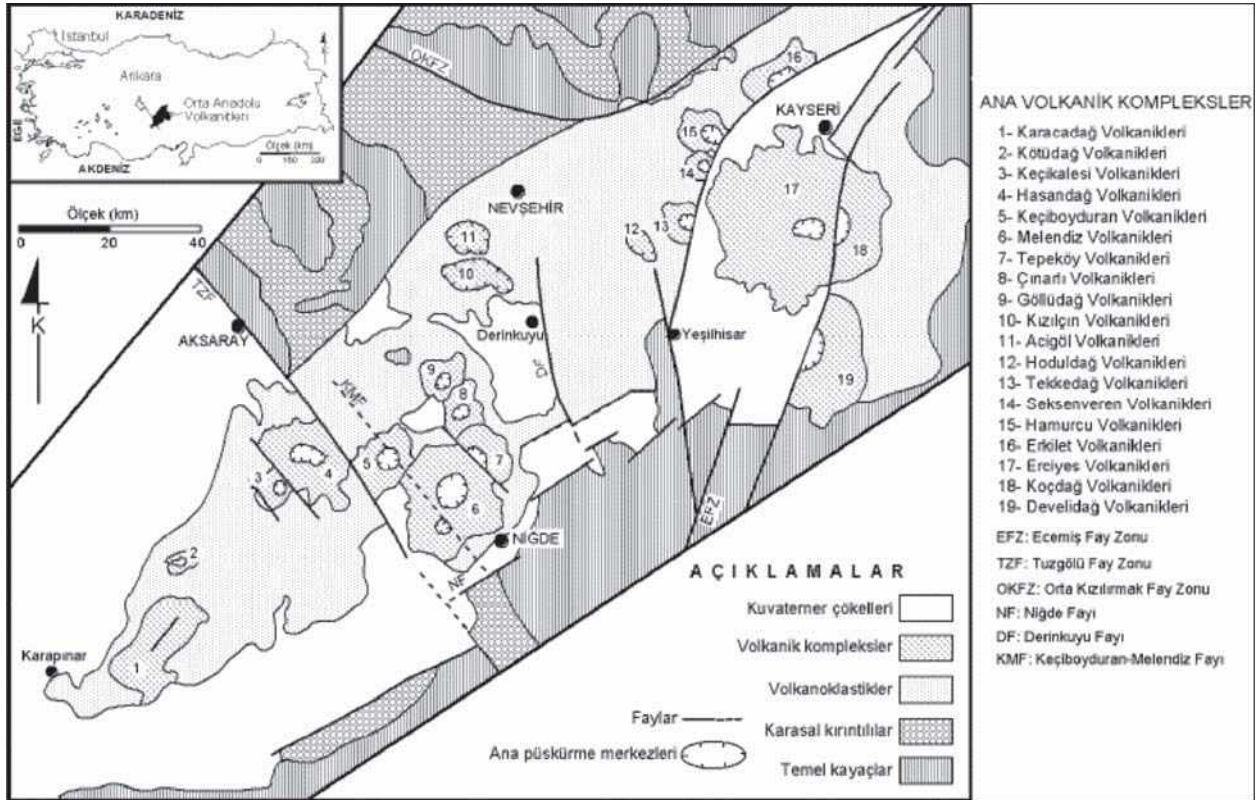
İnceleme alanı, Orta Anadolu'da Nevşehir, Avanos ve Ürgüp arasında, özellikle Kapadokya bölgesinin farklı bileşimlerindeki volkanik kayalarla temsil edilen bölgesinde yer almaktadır (Şekil 1). Araştırmalar için Ürgüp Formasyonunun en alt bölümünü oluşturan Kavak ignimbiritleri olarak tanımlanan farklı renklerdeki piroklastikler seçilmiştir. Bölgede peri bacalarının da oluşumuna imkan veren bu birim, bütün dünyanın şaşkınlıkla izlediği doğa harikası olmuştur. Farklı renkleri ve estetik görünümleri ile insanların ilgisini çeken piroklastikler, yörede ve ülkemizin değişik bölgelerinde yapı taşı olarak yıllardan beri kullanılmakta ve kullanımı gittikçe artmaktadır. Örnek derlemesi ise Nevşehir-Avanos yolunun 8 kilometresinde Yeni Mahalle, Yapraklı Seki Mevkiinde bulunan taş ocaklarında gerçekleştirilmiştir. Yörede yapı taşı olarak kullanılması amacıyla işletilen ocakların hepsi, Ürgüp formasyonuna ait Kavak ignimbiritleri üzerinde açılmıştır.

İgnimbiritlerin Jeolojik özellikleri

İnceleme alanında, ilginç yüzey şekilleri oluşturan, kalın ve geniş yayılım gösteren volkano-sedimanter istif (Miyosen-Pliyosen) temsil edilen Ürgüp formasyonu mostra vermektedir (Temel vd., 1998). Litolojik olarak düşey ve yatay yönde gösterdiği değişimler dikkate alınarak birim Temel vd., (1998) tarafından üyelere ayrılmıştır. Özellikle taş ocaklarının bulunduğu alanlardan örneklenen ignimbirit numuneleri, Ürgüp formasyonuna ait volkano-

sedimanter istifin en alt temelini oluşturan Kavak üyesine aittir. Kavak üyesi, kül ve akıntı ürünlerinin volkanik-kırıntılı malzeme ile ara tabakalanmasından oluşmaktadır (Topal ve Doyuran, 1997). Kavak üyesi, en tipik

gözlemlendiği Kavak köyünden adını almıştır (Pasquare, 1968). Birim yörede Temel vd., (1998)'e göre, 2600 km²'lik bir alan kaplamakta ve 80 km³'lük hacime sahiptir.



Şekil 1. Kapadokya yöresinin jeolojisi haritası ve önemli tektonik yapılar (Toprak ve Göncüoğlu, 1993)

Figure 1. Geological map of the Cappadocia region and important tectonic structures (Toprak and Göncüoğlu, 1993)

Arazi çalışmaları sırasında, işletilen ignimbiritlerin, renk ve dokusal özelliklerinin arazide çok sık değiştiği belirlenmiştir. Bu nedenle farklı renk ve dokusal özelliklere sahip örnekler ayrıntılı olarak tanımlanmış ve temsilci blok örnekleme gerçekleştirilmiştir. Bu örneklerin, ocakta yayılımı, bileşimi, yapısı, ocak nem içeriği ile süreksizlik ve dayanımlarına ilişkin değerlendirmeler topluca Çizelge 1'de sunulmuştur.

İgnimbiritlerin Kimyasal Özellikleri

Araştırmaların yürütüldüğü farklı renk ve dokudaki Kavak İgnimbiriti örneklerinin bulunduğu taş ocağı olarak işletilen alanın değişik yükselti ve yanal yayılım sunan yerlerinden taze örnekler derlenmiş ve bunlar üzerinde kimyasal analizler yapılmak suretiyle; ana element içerikleri saptanmıştır. Analizler, Kanada ACME laboratuvarında ICP-AES yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerin kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Kavak ignimbritlerinin jeolojik özellikleri
Table 1. Geological properties of the Kavak ignimbrite

Örnek kodu	Ticari adı	Kayaç adı	Açıklamalar
D1	Damarlı (formika)	Kaynaşmamış ignimbirit	Hidrotermal alterasyon nedeniyle dekoratif özellikler göstermektedir. İri pomza çakıllı, orta dayanımlı, boşluklu, farklı boyutlarda volkanik kayaç parçacıkları içermektedir.
M1	Mortaş	Kaynaşmamış ignimbirit	Kırmızısı mor renkli, iri pomza çakıllı, ocak neminde kolay kırılabilir (işlenebilir) özellikte, seyrek çatlaklıdır.
S1	Sarı	Kaynaşmamış ignimbirit	Açık sarı, nemli, ince taneli, koyu renkli kayaç parçası içeriği düşük, yumuşak-orta sert, çatlaksız, yer yer limonitik boyanmalar mevcuttur.
K1	Kapadokya bej	Kaynaşmamış ignimbirit	Açık krem, bej renkli, ince taneli, düşük oranda volkanik kayaç parçaları içermekte, nemli, yumuşak-orta sert, seyrek çatlaklı ve daha çok birimin alt kesimlerinde gözlenmektedir.
G1	Gül kurusu	Kaynaşmamış ignimbirit	İri-orta taneli, bol pomza çakıllı, volkanik kırıntılarının boyutları yer yer 15 cm'ye kadar çıkabilmektedir. Oldukça seyrek çatlaklı ve nemli, kalınlığı 15 metreden fazladır.
V1	Vişne	Kaynaşmamış ignimbirit	Açık kırmızısı, vişne renkli, ince pomza taneli, gevrek, kolay işlenebilir özelliklerde, yaklaşık 30-35 metre kalınlıkta, düşük-orta dayanımlı, arazide oldukça boşluklu bir görünüm sunmaktadır.

Çizelge 2. Kavak ignimbritlerinin kimyasal bileşimi
Table 2. Chemical composition of the Kavak Ignimbrites

Özellik (%)	D1	M1	S1	K1	G1	V1
SiO ₂	76,71	68,79	78,44	66,58	70,4	69,35
Al ₂ O ₃	14	17,14	13,9	16,34	13,75	15,04
ΣFe ₂ O ₃	0,77	3,08	0,78	2,81	2	2,57
MgO	0,1	0,19	0,02	0,16	0,33	0,38
CaO	0,11	0,16	0,05	2,28	3,37	2,94
Na ₂ O	0,05	0,11	0,03	0,13	0,06	0,08
K ₂ O	0,41	0,82	0,13	3,46	2,33	1,23
TiO ₂	0,31	0,33	0,23	0,31	0,23	0,27
P ₂ O ₅	0,14	0,19	0,04	0,1	0,06	0,09
MnO	<0,01	0,01	<0,01	0,06	0,04	0,03
Cr ₂ O ₃	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
A.K. (1000°C)	6,2	9	6,4	7,7	7,4	7,9
Toplam	98,92	100,07	100,05	100,05	100,05	100,06

Taze örnekler üzerinde yapılan kimyasal analiz sonuçlarına göre, Kavak İgnimbiritleri; % 66,58- 78,44 arasında değişen miktarda SiO₂ içermektedirler. Al₂O₃ miktarı %13,75 - 17,14 arasında değişim göstermektedir. Toplam Fe₂O₃ oranı, % 0,77 – 3,08 arasındadır. MgO %0,02-0,38, CaO %0,05-3,37 arasında değişim sunmaktadır. Na₂O %0,03-0,13 ve K₂O %0,13 - 3,46 arasında değişen değerlere sahiptir. TiO₂ %0,23-0,33, P₂O₅ %0,04-0,19 değerleri arasındadır. MnO değerleri oldukça düşük olup % <0,01– 0,06 arasında bulunmaktadır. Cr₂O₃ değeri bütün örneklerde % <0,001'den düşük değerdedir. Örneklerin ateşte kayıp değerleri yüksek olup, %6,2-9 arasında değişmektedir.

Örneklerin kimyasal analiz sonuçları ile özellikle basınç dirençleri arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Buna göre, SiO₂ içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca toplam demir içeriği ile ateşte kayıp oranı yüksek olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek değerler aldıkları ortaya konmuştur.

İgnimbiritlerin Petrografik Özellikleri

Farklı renkler sunan Kavak ignimbiritlerinden hazırlanan ince kesitler üzerinde yapılan petrografik incelemelerde; örneklerin mineralojik bileşim, doku, boşluk ve kristal boyutları, fenokristal-matriks oranları ve ikincil mineral içerikleri belirlenmiştir. İncelenen örneklerin hepsi iyi kaynaşmamış ignimbirit özellikleri sunmakla birlikte bunların, ayrıntılı incelemelerinde fenokristal-matriks, opak mineral ile ince taneli kristal oranları değişken olup, volkanik kayaç parçası ve yer yer yönlenmeler gözlenmiştir. Nitekim yapılan petrografik incelemelerden elde edilen veriler ile örneklerin jeomekanik özellikleri arasındaki değişimlerin, bu bulguları destekler biçimde olduğu belirlenmiştir.

D1 örneği petrografik incelemelerine göre plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluşmaktadır. Ayrışma kayaçta oldukça etkin olup, kayacı oluşturan mineral sınırlarında daha da belirgin olarak gözlenmiştir. Yer yer opak mineraller gözlenmekte olup, kayaçta hipokristalin porfirik doku hakimdir. Örneklerde yer yer farklı boyutta volkanik kayaç parçaları gözlenmektedir. Matriks oranı, tane oranından fazladır (Şekil 2).

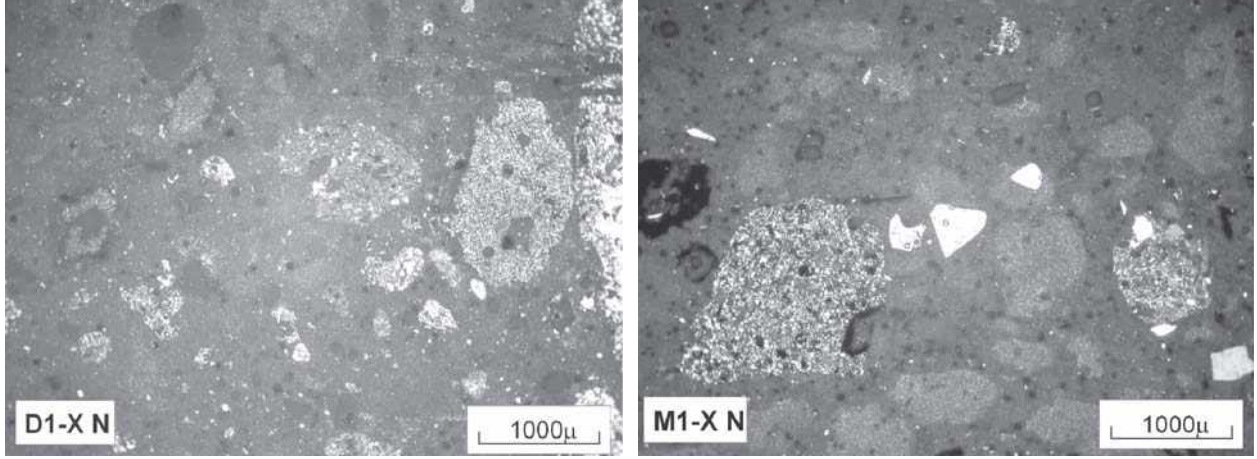
M1 örneği, plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen, sanidin, kuvars minerallerinden oluşmuş olup, hipokristalin porfirik doku sunmaktadır. Bileşimindeki ince taneli volkanik kayaç parçaları, D1 örneğine oranla daha yüksektir. Kayaçta ayrışma etkin olup, boşlukludur ve düşük oranda opak mineraller gözlenmektedir. Tane oranı, matriks oranından nispeten fazladır (Şekil 2).

Plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluşan S1 örneğinde ayrışma oldukça etkindir. Opak mineral içeriği diğer örneklerle göre yüksek olup, hipokristalin porfirik dokuludur. Farklı boyutlarda volkanik kayaç parçaları içermektedir. İri kristal oranı matriks oranından fazladır. Opak mineraller belli alanlarda daha yoğun olarak gözlenmektedir (Şekil 3).

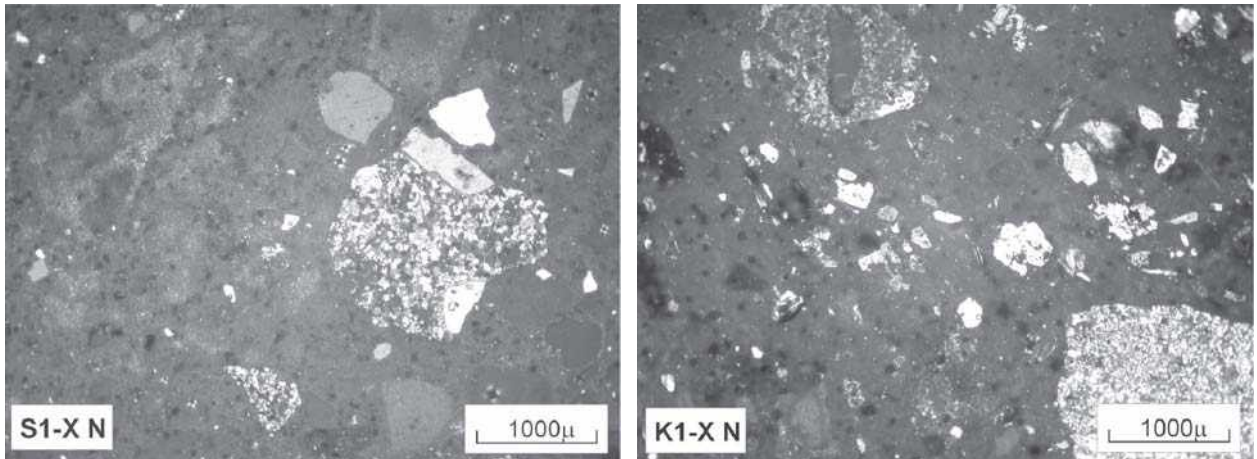
Plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen, kalsit minerallerinden oluşan K1 örneğinde iri fenokristaller yanında ince plajiyoklas kristalleri gözlenmekte olup, kayaçta kısmen yönlenme belirgindir. Kayaçta ayrışma etkin olup, boşluk miktarı diğer örneklerle nazaran fazladır. Ayrıca kayacın matriks oranı, tane oranından fazladır. Kayaçta hipokristalin porfirik doku gözlenmekte olup, opak mineral içeriği mika minerallerinin oksitlenmelerinin de etkisi ile diğer örneklerle oranla fazladır (Şekil 3).

G1 örneğinin plajiyoklas, biyotit, amfibol, piroksen minerallerinden oluştuğu belirlenmiş olup, kayacın ayrışması yüksektir. Hipokristalin porfirik doku belirgin olup, kayacın boşlukları fazladır. Opak mineral içeriği diğer örnekler oranla düşüktür. Örneklerde volkanik kayaç parçaları gözlenmektedir. Matriks oranı, tane oranından fazla olup, fenokristal boyutları daha küçük boyuttadır (Şekil 4).

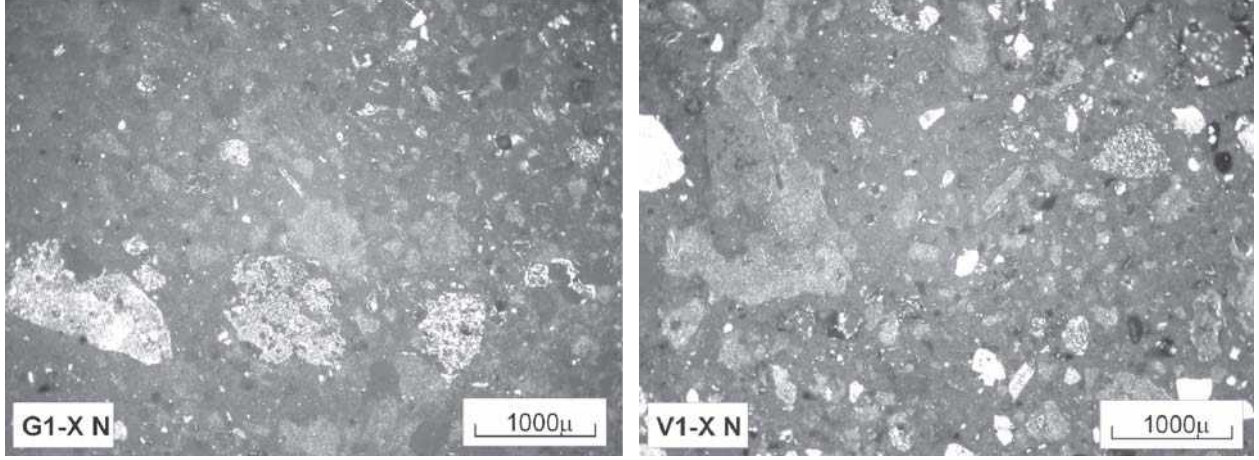
Plajioklas, biyotit, amfibol, piroksen ve kalsit minerallerinden oluşan V1 örneğinde, ayrışma oldukça yaygın şekilde gelişmiştir. Kayaçta ince taneli kayaç parçaları diğer örneklere oranla fazla olup, matriks oranı tane oranından yüksek olarak gözlenmiştir. Kayacı oluşturan minerallerden biyotitlerde ayrışma daha yaygın ve belirgin bir şekilde gelişmiştir. Kayaçta hipokristalin porfirik doku gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 2. D1 ve M1 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 2. Microscopic view of D1 and M1 samples (enlargement 4X)



Şekil 3. S1 ve K1 örneklerinin mikroskopik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 3. Microscopic view of S1 and K1 samples (enlargement 4X)



Şekil 4. G1 ve V1 örneklerinin mikroskobik görüntüsü (büyütme 4X)
Figure 4. Microscopic view of G1 and V1 samples (enlargement 4X)

Örneklerin petrografik incelemelerine göre, S1 örneğinde opak mineral oranı diğer örnekler nazaran yüksek olup, belli alanda yoğunlaşmalar gözlenmektedir. D1 ve V1 örneklerinde ise ince taneli kristal ve matriks oranı, tane oranından nispeten yüksektir. Bu özelliklerdeki kayaçların fiziko-mekanik özellikleri de nispeten yüksektir. İncelenen örneklerin hepsi iyi kaynaşmamış ignimbirit özelliği sunmaktadır. Bu durumun jeomekanik özelliklerin diğer iyi kaynaşmış ignimbiritlere oranla düşük çıkmasında etkin parametre olduğu düşünülmektedir. Bütün örnekler hipokristalin porfirik doku sunmaktadır.

İgnimbiritlerin Jeomekanik Özellikleri

Kayaçların jeomekanik özelliklerinin belirlenmesi, gerek mekanik özelliklerini kontrol etmesi, gerekse de yapı malzemesi olarak kullanım niteliğini değiştirmesinden dolayı uygulamada oldukça önemlidir. Bu araştırmada, Kavak ignimbiritlerinden alınan örnekler ait; kuru ve doymun birim ağırlık, ağırlıkça su emme, efektif ve suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile tek eksenli basınç dayanım değerleri belirlenmiştir.

ISRM (1981) tarafından önerilen yöntemler esas alınarak yapılan deneyler için araziden blok örnekler derlenmiş, daha sonra bu numunelerden laboratuvarında karot ve parça numune hazırlanmıştır. Deneylerden elde edilen jeomekanik özelliklere ait veriler Çizelge 3, 4 ve 5'de sunulmuştur.

Çizelge 3. Kavak İgnimbritlerinin kuru ve doymuş birim ağırlık değerleri ile ağırlıkça su emme değerleri
Table 3. Dry and saturated unit weight, water absorption values of the Kavak ignimbrite

Örnek No	Kuru Birim Ağırlık			Doymuş Birim Ağırlık			Ağırlıkça Su Emme		
	γ_d (kN/m ³)			γ_s (kN/m ³)			W_a (%)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
D1	15.92	16.21	16.05	18.12	18.26	18.20	12.67	20.93	22.48
M1	15.32	15.48	15.38	17.85	18.22	18.01	16.50	25.77	27.93
S1	15.71	15.81	15.75	18.05	18.06	18.06	14.25	22.95	24.03
K1	15.20	15.50	15.35	18.04	18.33	18.18	18.24	28.82	29.00
G1	15.86	16.38	16.03	18.52	19.02	18.69	16.13	26.94	27.20
V1	15.64	15.81	15.74	18.21	18.41	18.33	16.49	26.18	26.58

İncelenen örneklerin kuru ve doymuş birim ağırlık deneyleri sonucunda ortalama en yüksek değerler D1 ve G1 örneklerinden, ortalama en düşük kuru ve doymuş birim ağırlık ise M1 ve K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 3). Kayayı oluşturan mineraller ve bileşime giren minerallerin oranları kayanın birim ağırlıklarının değişiminde son derece etkilidir. Bu nedenle kayanın bünyesinde bulunan ağır minerallerin varlığı ve oranı kayanın yüksek birim ağırlık değerinin oluşmasına neden olmaktadır (Erguvanlı, 1975; Maharaj, 2001). İncelenen farklı renklerdeki İgnimbirit örneklerinin, özellikle ince taneli kristal ve matriks oranı, tane oranından yüksek olanlarının birim ağırlıkları daha yüksek değerdedir. Tüm örnekler NBS (1985)'e göre "düşük birim ağırlıklı" kaya grubunda yer almaktadır.

Nevşehir yöresi İgnimbritleri üzerinde suda doyurma yöntemine göre su emme deneyleri de yapılmış olup, ortalama en yüksek ağırlıkça su emme değeri, M1 ve K1 örneklerinde, ortalama en düşük değer ise D1 ve S1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bu örneklerin efektif porozitelerine yönelik elde edilen verilerde ortalama en yüksek ve en düşük değerler yine aynı örneklerden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bu durum kayanın bağlantılı gözeneklerinin etkisiyle gerçekleşmiştir. Bu iki deney, kayanın içerisindeki boşlukların durumu ve bu boşlukların birbiri ile olan ilişkilerinin ortaya konmasında etkin değerlendirme parametresi olarak kullanılmaktadır. Kayaların su emme değerinin değişiminin belirlenmesi ile donma ve termik genleşmeye karşı dolaylı bilgi sağlanmaktadır (Postacıoğlu 1987; McNally, 1998). Kayaların porozite değerlerindeki değişim, kayanın fiziksel özellikleri yanında mekanik özelliklerini de önemli ölçüde etkilemektedir. Kayalarda porozitenin artmasıyla atmosfer etkilerine karşı direncin düştüğü bilinmektedir. Ayrıca porozitenin artması kayanın düşük yoğunluk kazanmasını sağlamakta, kayanın ısı ve ses iletkenlikleri üzerinde etkili olmaktadır (Goodman, 1989). İncelenen örneklerde ince tane ve matriks oranı yüksek olanların porozite değerlerinin nispeten düşük değerler aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kavak ignimbiritlerinin efektif porozite, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı değerleri

Table 4. Effective porosity, slake durability index and uniaxial compressive strength values of the Kavak ignimbrite

Örnek No	Efektif Porozite			Suda Dağ. Kar. Dur. İndeksi			Tek Eks. Bas. Day.		
	n_e (%)			I_{d2} (%)			σ_c (MPa)		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
D1	20.93	22.48	21.90	74.57	74.91	74.74	130.27	134.68	132.33
M1	25.77	27.93	26.78	65.16	65.76	65.46	62.06	66.50	64.73
S1	22.95	24.03	23.56	78.08	78.67	77.37	128.56	167.73	146.46
K1	28.82	29.00	28.89	61.41	61.90	61.66	60.12	67.34	62.73
G1	26.94	27.20	27.05	67.88	68.61	68.25	77.02	84.94	80.89
V1	26.18	26.58	26.35	71.04	72.29	71.67	104.70	126.83	118.13

Özellikle tüf, marn ve kil içeren zayıf kayaların ıslanma ve kuruma sonucunda parçalanma ve zayıflamaya karşı gösterdiği direnci belirlemek amacıyla, suda dağılmaya karşı duraylılık indeksi deneyi 2 çevrim olarak yapılmıştır. Ortalama en yüksek kayıp K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Bunda, örneğin boşluklarına yerleşen ayrışma ürünü kil minerallerinin etkin rol oynadığı düşünülmektedir. Örnekler 2 çevrim sonucu suda dağılmaya karşı duraylılıkları açısından Franklin ve Chandra (1972)'a göre “orta derecede duraylı” kaya sınıfında yer almaktadır.

Taş ocaklarından örneklenen farklı renklerdeki iyi kaynaşmamış ignimbirit örneklerinin tek eksenli basınç dayanımları, ortalama 62-146 kg/cm² arasında olup, ortalama en yüksek değerler S1 ve D1 örneklerinden, ortalama en düşük dayanımlar ise M1 ve K1 örneklerinden elde edilmiştir (Çizelge 4). Kayaçların bileşim ve dokuları ile birlikte, deney şartları (yükleme hızı, numunenin standartlara uygun hazırlanması vb.) tek eksenli basınç dayanımlarını önemli oranda kontrol etmektedir (Goodman, 1989). İncelenen örneklerin düşük direnç

göstermesinde kayacın iyi kaynaşmamış olması yanında, mineralojik özelliklerinin, birim ağırlık, ayrışma ve porozite değerlerinin yüksek olmasının da etkin olduğu düşünülmektedir. Özellikle opak mineral içeriği ile ince taneli kristal ve matriks oranı fenokristal oranından yüksek örneklerin, diğer örneklerle göre nispeten daha yüksek dayanım değerleri sundukları belirlenmiştir. İncelenen örnekler, ISRM (1981)'e göre, “düşük dirençli” kaya, Deer ve Miller (1966)'e göre, “çok düşük dirençli” kaya sınıflarında yer almaktadır.

Kullanım Alanına İlişkin Öneriler

Kayaçların yüksek poroziteleri sonucu yüksek su emme değerleri, don sonucu etkilerinin belirlenmesinde etkin bir değerlendirme ölçütü olarak kullanılmaktadır. Tarihi ve güncel yapılardaki gözlemlerde, bu taşlardaki en önemli bozulmalar, nemlenme sonucu donma-çözülme süreci sonucunda yaşanmakta olup, pul pul dökülmeler şeklinde olmaktadır. Bu nedenle yapıdaki kullanım alanında donma-çözünme süreçlerinin etkin olduğu yörelerde suyla temas etmemesi, özelliklerinin bozulmaması açısından oldukça önemlidir.

Araştırılan örnekler düşük dayanımlı olmalarına karşın, yöredeki 2-3 katlı yapılarda oldukça başarılı bir şekilde yapı taşı olarak kullanılmaktadır. Çeşitli ticari adlara ve renklere ayrılan örneklerin fiziko-mekanik özelliklerine göre daha doğru kullanımı için yapılan öneride, Gülkurusu ve Kapadokya bejinin; dekoratif özelliklerinden dolayı daha çok bina dış yüzey kaplamalarında kullanımı özendirilmelidir. Sarı ve Damarlı (formika) olarak bilinen örneklerin ise mekanik mukavemetlerinin diğer tüflere göre nispeten biraz daha yüksek olması nedeniyle, daha çok birkaç katlı binalarda yapı taşı olarak kullanımının uygun olacağı düşünülmektedir. Diğer örneklerin ise, mekanik mukavemetleri nedeniyle, daha az katlı binalarda taşıyıcı ve dekoratif amaçlı kaplama malzemesi olarak kullanılmasının önerilmesi oldukça önemlidir. Ayrıca Sarı ve Damarlı diye anılan örneklerin, aşınmanın az olduğu alanlarda yer kaplaması olarak sınırlı bir kullanıma sahip olacağı düşünülmektedir. Özellikle, çok farklı renk ve desenler içeren tüfler iç mekan, dış cephe, merdiven, yer döşemesi, korkuluk, havuz ve kenarları, kemer, sütun, şömine ve balkonlarda başarıyla uygulanmakta, giriş holleri, restorasyon çalışmaları ve peyzaj projelerinde vazgeçilmez elemanlar olarak yer almaktadır.

Ocaktaki farklı renk ve dokusal özellikleri yanında mühendislik özelliklerinin az çok farklılıklar sunması nedeniyle, kullanım alanında yan yana ya da üst üste kullanılmasına dikkat edilmeli, mekanik mukavemeti daha iyi olan ile daha düşük olanın yan yana ya da üst üste kullanılmamasına özen gösterilmelidir. Bu taşların birinde meydana gelebilecek bozulma diğerini de kolaylıkla etkileyebilecektir. Ayrıca, bu taşların kullanım yerinde rüzgar, yağış yönü ve şiddetine bağlı olarak yersel bozulmalar yaygın şekilde gözlenebilmektedir.

SONUÇLAR

Kavak ıgnimbiritleri bölgede oldukça geniş alanlarda yüzeylenen ve çeşitli volkanik kayaç parçalarına ait çakıllar ile pomza çakıllarından oluşmakta, iyi kaynaşmamış ıgnimbirit özellikleri sunmaktadır. Bu araştırma kapsamında, aynı birimden 6 farklı renk ve dokuya sahip ıgnimbirit örnekleri değerlendirilmiştir.

Elde edilen verilere göre, incelenen piroklastiklerin jeolojik, kimyasal ve petrografik özellikleri ile jeomekanik özellikleri arasında önemli etkileşimlerin olduğu belirlenmiştir. Özellikle petrografik incelemelerinde; opak mineral, ince taneli kayaç parçası içeriği ile matriks oranı-tane oranından yüksek olan örneklerin porozitesinin daha düşük, yoğunluklarının ve basınç dayanımlarının da nispeten daha yüksek değerler gösterdikleri belirlenmiştir.

İgnimbiritlerin kimyasal analizlerinden elde edilen verilerine göre özellikle SiO_2 içeriği düşük olan örneklerin basınç dirençleri de düşüktür. Ayrıca toplam demir içeriği ile ateşte kayıp oranı yüksek olan örneklerin basınç dirençlerinin de yüksek olduğu belirlenmiştir.

Renk ve mühendislik özellikleri az çok değişken olan örnekler, yıllardan beri bölgede cami, külliye, kilise, bina vb. yapılarda kullanılmakta, özellikle dekoratif özellikleri itibarıyla ülkemizin diğer bölgeleri için de alternatif yapı taşı olabilecek potansiyele sahiptir. Yoğunluklarının düşük olması nedeniyle, hafif yapı taşı olarak kullanımı, işlenmesi ve taşınması açısından uygun özellikler göstermektedir.

KATKİBELİRTME

Bu çalışma, Niğde Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince desteklenmiştir. Proje No: FEB 2006/03.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Aydan, Ö., Ulusay, R., Yüzer, E., 1999. Man-made structures in Cappadocia, Turkey and their implications in rock mechanics and rock engineering. *ISRM News Journal*, 6 (1), 63-73.
- Aydan, Ö., Ulusay, R., 2003. Geotechnical and geoenvironmental characteristics of man-made underground structures in Cappadocia, Turkey. *Engineering Geology*, 69, 245-272.
- Aydan, Ö., Tano, H., Watanabe, H., Ulusay, R., Tuncay, E., 2007a. Kapadokya bölgesinde antik ve güncel kaya yapılarının kaya mekaniği açısından değerlendirilmesi. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, *Bildiriler Kitabı*, 1-12.
- Aydan, Ö., Tano, H., Ulusay, R., Kumsar, H., Yenipınar, H., 2007b. Derinkuyu yeraltı şehrinin uzun süreli yapısal duraylılığı ve çevre koşullarının incelenmesi üzerine deneysel bir çalışma. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, *Bildiriler Kitabı*, 24-34.
- Beekman, P.H., 1966. The Pliocene and Quaternary volcanism in the Hasandağ-Melendizdağ region. *MTA Bull.*, Vol. 66, 99-106.
- Besang, C., Eckhardt, F., J., Harre, W., Kreuzer, H., Müller, P., 1977. Radiometrische Altersbestimmungen an Neogenen Eruptivgesteinen der Türkei. *Geol.Jb. B* 25, 3-36.
- Deere, D.U., Miller, R.P., 1966. Engineering classification and index properties for intact rock. *Technical Report No. AFWL-TR-65-116*, Air Force Weapons Lab., Kirtland Air force Base, 308 pp.
- Ercan, T., Tokel, S., Can, B., Fişekçi, A., Fujitani, T., Notsu, K., Selvi, Y., Ölmez, M., Matsuda, J. I., Ul, T., Yıldırım, T., Akbaşı A., 1990. Hasandağ-Karacadağ (Orta Anadolu), dolaylarındaki Senozoyik yaşlı volkanizmanın kökeni ve evrimi. *Jeomorfoloji Dergisi*, 18, 39-54.
- Ercan, T., Tokel, S., Matsuda, J., Ul, T., Notsu, K., Fujitani, T., 1992. New geochemical isotopic and radiometric data of the Quaternary volcanism of Hasandağı-Karacadağ (Central Anatolia). *TJK Bülteni*, 7, 8-21.
- Erdoğan, M., 1986. Nevşehir-Ürgüp yöresi tüflerinin malzeme jeolojisi açısından araştırılması. *İ.T.Ü. Maden Fak., Doktora Tezi*, 100 s (yayımlanmamış).
- Erguvanlı, K., 1975. *Mühendislik Jeolojisi*. İTÜ Gümüşsuyu Matbaası, İstanbul, 590 s.
- Franklin, J. A., Chandra, R., 1972. The slake durability test. *Int. J. Rock Mech. Min. Sc.* 9, 325-341
- Goodman, R. E., 1989. *Introduction to Rock Mechanics*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 562 pp.
- Gökçeoğlu, C., Ulusay, R., Sönmez, H., 2000. Factors affecting the durability of selected weak and clay-bearing rocks from Turkey, with particular emphasis on the influence of the number of drying and wetting cycles. *Engineering Geology* 57 (3-4), 215-237
- Güleç, N., Toprak, V., Arcasoy, A., 1997. Evaluation of Melendiz Volcanic Complex using remote sensing and geographic information systems. *ODTU-AFP: 97-03-09-02*, 84 s.
- Innocenti, F., Mazzuoli, G., Pasquare, F., Radicati Di Brozolo, F., Villari, L., 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia; geochronological data on Kayseri-Niğde area. *Geol. Mag.* 112 (4), 349-360.
- ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. *Rock characterization, testing and monitoring. ISRM Suggested methods*. E.T. Brown (ed.), Pergamon Press, 211 pp.
- Le Pennec, J.L., Bourdier, J.L., Froger, Temel, A., Camus, G., Gourgau, A., 1994. Neogene ignimbrites of the Nevşehir plateau (Central Turkey): stratigraphy, distribution and source constraints. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 63, 59-87.
- Le Pennec J.L., Temel, A., Froger, J.L., Sen, S., Gourgau, A., Bourdier, J.L., 2005. Stratigraphy and age of the Cappadocia ignimbrites, Turkey: reconciling field constraints with paleontologic, radiochronologic, geochemical and paleomagnetic data. *Journal of Volcanology And Geothermal Research* 141 (1-2), 45-64.

- Maharaj, R. J., 2001. Assessment of volcanic rock for construction in the Federated States of Micronesia. Proceedings of the Aggregate 2001-Environment and Economy, 6-10 August 2001, (P. Kuula-Vaisaen and R. Uusimäki, editors), Helsinki, Finland, vol. 1, 121-127
- Mcnally, G.H., 1998. Soil and rock construction materials. E and FN Spon, Firms published, London and New York, 403 pp.
- NBG (Norwegian Group for Rock Mechanics), 1985. Engineering Geology and Rock Engineering. Handbook No 2, 249 pp.
- Pasquare, G., 1966. Outlines of the Neogene and Quaternary volcanism of Asia Minor. *Accad. Naz. Dei Linc.*, 40, 1077-1085.
- Pasquare, G., 1968. Geology of Cenozoic volcanic area of Central Anatolia. *Memorie: Roma, Accademia Nazionale Dei Lincei*, 55-204.
- Pasquare, G., Poli, S., Vezzoli, L., Zanchi, A., 1988. Continental arc volcanism and tectonic setting in Central Anatolia, Turkey. *Tectonophysics* 146, 217-230.
- Postacıoğlu, B., 1987. Beton, Bağlayıcı Maddeler, Agregalar, Beton. Cilt 1-2, Teknik Kitaplar Yayınevi, İstanbul, 404 s.
- Schumacher, U. M., Schumacher, R., 1996. Problems in stratigraphic correlation and new K-Ar data for ignimbrites from Cappadocia, Central Turkey. *International Geology Review* 38, 737-746.
- Temel, A., Gündoğdu, M.N., Gourgaud, A., Le Pennec, J.L., 1998. Ignimbrites of Cappadocia (Central Anatolia, Turkey): petrology and geochemistry. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 85, 447-471.
- Topal, T., 1995. Formation and deterioration of fairy chimneys of the Kavak tuff in Ürgüp-Göreme area (Nevşehir-Turkey). PhD Thesis, METU, Ankara, 250 p (Unpublished).
- Topal, T. and Doyuran, V., 1997. Engineering geological properties and durability assessment of the Cappadocian tuff. *Engineering Geology*, 47, 175-187.
- Toprak, V., Göncüoğlu, M. C., 1993. Tectonic control on the development of the Neogene Quaternary Central Anatolian volcanic province, Turkey. *Geological Journal*, 28, 357-369.
- Türkecan, A., Akçay, A. E., Satır, M., Dönmez, M., Ercan, T., 2003. Melendiz Dağları (Niğde) volkanizması. 56. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, 16-17.
- Ulusay, R., Akagi, T., Ito, T., Seiki, T., Yüzer, E., Aydan, Ö., 1999. Long term mechanical characteristics of Cappadocia tuff. Proceedings of the 9th ISRM International Congress, G.Vouille and P. Berest (eds.), Paris, France, A.A. Balkema, 687-690.
- Ulusay, R., Gökçeoğlu, C., Topal, T., Sönmez, H., Tuncay, E., Ergüler, Z.A., Kaşmer, Ö., 2006. Assessment of environmental and engineering geological problems for the possible re-use of an abandoned rock-hewn settlement in Urgüp (Cappadocia), Turkey. *Environmental Geology*, 50, 473-494.
- Ulusay, R., Aydan, Ö., 2007. Kapadokya bölgesinde bazı yeraltı açıklıklarındaki tüflerin kaya mühendisliği açısından değerlendirilmesi. *Kapadokya Yöresinin Jeolojisi Sempozyumu*, 17-20 Ekim 2007 Niğde, Bildiriler Kitabı, 13-23.
- Viereck, G.L., Lepetit, P., Ganskow, G., Gürel A., 2006. The volcanic stratigraphy of Cappadocia, Central Anatolia. *EGU General Assembly 2006, Vienna, Geophysical research Abstracts Vol. 8*, 10301.