

# TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2011 Cilt 54 Sayı 3

ISSN 1016-9164

*December 2011 Volume 54 Number 3*



**TMMOB JEOLOJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
*Chamber of Geological Engineers of Turkey*

# TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2011 Cilt 54 Sayı 3  
December 2011 Volume 54 Number 3

ISBN 1016-9164

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Uğur TEMİZ, Y. Ergun GÖKTEN**

**Ms 6.8 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) Depreminin Coulomb Gerilme Analizi**

*Coulomb Stress Analysis of The 19 April, 1938 Ms 6.8 Akpınar Earthquake (Kırşehir) ..... 81*

**Nizamettin KAZANCI, Mümtaz KİBAR, Yusuf Kağan KADIOĞLU**

**Orta Anadolu Geç Neojen Tortullarında Asteroid Çarpma Bulguları**

*Findings of an Asteroid Impact crater within the Late Neogene Deposits in Central Anatolia, Turkey .... 93*

**Bülent ÖZMEN**

**Kastamonu ve Yakın Çevresi İçin Deprem Olasılığı Tahminleri**

*Earthquake Probability Forecasts for Kastamonu and Near Surroundings ..... 109*

**Nihal ÇEVİK, Zeynep AYAN, Ebru COŞKUN ve İ. Sönmez SAYILI**

**Belkavak Köyü (Yerköy-Yozgat) Civarındaki Kuvars ve Ametist Oluşumlarında Mikrotermometrik Özellikler**

*Microthermometric features in Quartz and Amethyst occurrences around Belkavak village (Yerköy-Yozgat) ..... 123*

**Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM  
Veri Tabanlarında yer almaktadır.

***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

**TÜRKİYE JEOLJİ MÜHENDİSLERİ ODASI**  
***Chamber of Geological Engineers of Turkey***





## Ms 6.8 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) Depreminin Coulomb Gerilme Analizi

*Coulomb Stress Analysis of The 19 April, 1938 Ms 6.8 Akpınar Earthquake (Kırşehir)*

Uğur TEMİZ<sup>1</sup>, Y. Ergun GÖKTEN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bozok Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 66100, Yozgat  
(e-posta: ugur.temiz@bozok.edu.tr)

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Grubu,  
06100, Tandoğan/Ankara (e-posta: gokten@eng.ankara.edu.tr)

### ÖZ

Deprem bakımından sakin bir bölge olarak bilinen Orta Anadolu bölgesinin çeşitli kesimlerinde geçmişte yıkımlara neden olmuş depremler meydana gelmiştir. Bu depremlerden biri olan 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi (Ms 6.8) Kırşehir'in doğusunda KB-GD doğrultusunda uzanan Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatısında yer alan Akpınar segmentinde meydana gelmiştir. 19 Nisan 1938 depreminden sonra yapılan jeolojik ve jeofizik çalışmalar sonucu elde edilen verilerin kullanılmasıyla, bu depreme ait Coulomb gerilme modeli oluşturulmuş ve Seyfe Fay Zonu üzerinde gerilme artışı meydana gelen bölgeler belirlenmiştir. Coulomb gerilme modeline göre, Seyfe Fay Zonu'nu oluşturan segmentler üzerinde 0.137-4.5 bar arasında değişen gerilme artışları olduğu, bu gerilme artışlarının Seyfe Fay Zonu içerisindeki yerleşim yerleri olan Keskin (Kırıkkale) ve Boztepe (Kırşehir) ilçelerinin olduğu alanlarda olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi, Coulomb gerilme modeli, Seyfe Fay Zonu.

### ABSTRACT

*In central Anatolia which was known as a quiescent region in terms of earthquake in general, some devastated earthquakes have occurred in several places of the region in the past. One of these earthquakes is the April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake (Ms 6.8) which occurred on the Akpınar segment located in northwest of the NW-SE trended Seyfe Fault Zone in the east of Kırşehir. After April 19, 1938 earthquake, by using the data of the geological and geophysical studies done in the region, a Coulomb stress model of the earthquake on the Seyfe Fault Zone has been obtained. The stress increase caused by the earthquake ranges between 0.137-4.5 bar. This has increased the seismic hazards around the residential areas around the Seyfe Fault Zone such as Keskin (Kırıkkale) and Boztepe (Kırşehir) regions.*

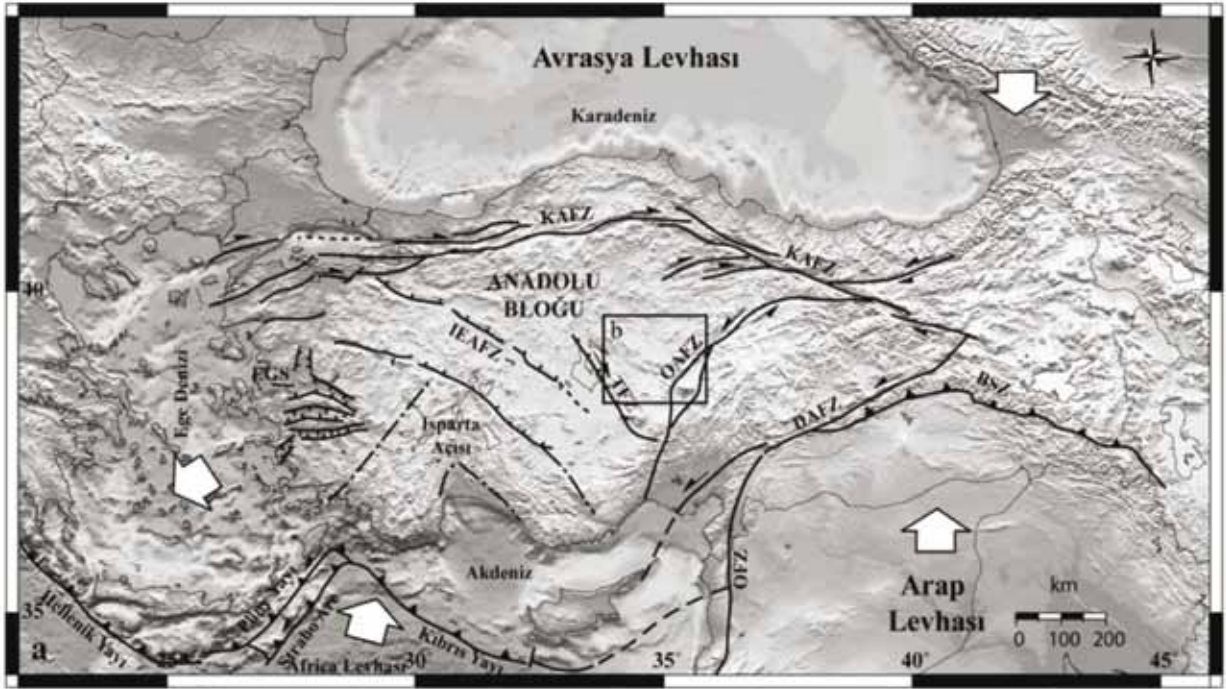
**Keywords:** 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake, Coulomb stress model, Seyfe Fay Zone.

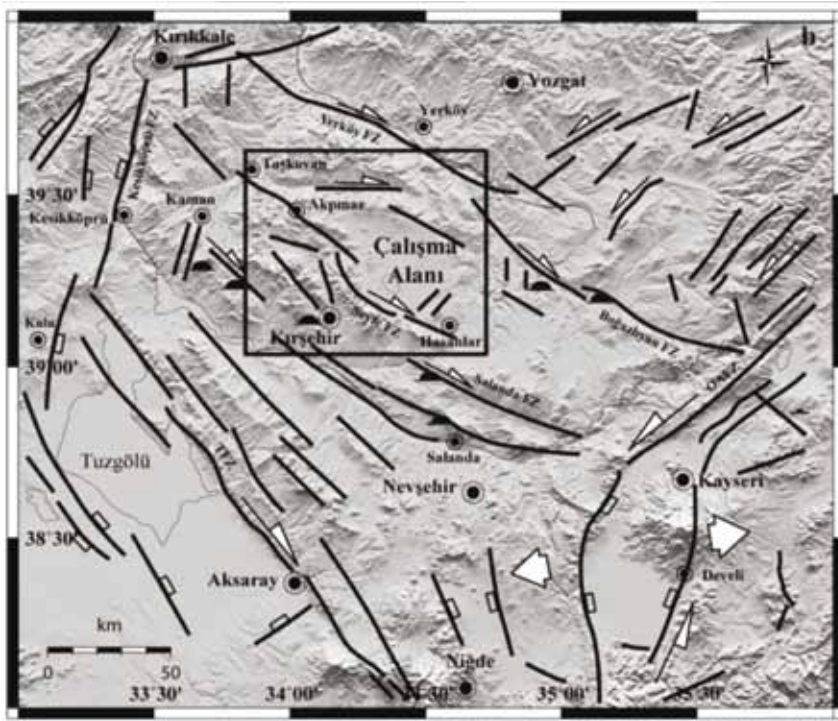


## GİRİŞ

Herhangi bir deprem çalışmasının ana hedeflerinden biri gelecekte deprem olma ihtimali olan bölgelerin araştırılmasıdır. Bu hedefe ulaşmada depremi oluşturan süreçlerin iyi bir şekilde anlaşılması önem taşımaktadır. Sismik olarak tehlikeli aktif fay bölgelerinde, depremler nedeniyle oluşan gerilme değişimleri tehlikeli bölgelerin tahmin edilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır. Bir deprem kendisinden sonra meydana gelebilecek depremlerin normal oluş zamanını öne çekebilme, geciktirebilme veya başka fayları tetikleyebilmektedir (Stein ve diğ., 1997; Çakır ve diğ., 2003; Nalbant, 2005).

Yerkabuğunda meydana gelen yamulmalara bağlı olarak özellikle önceki zayıflık zonları üzerinde düşük hızda bir gerilme birikimi meydana gelmekte ve bu gerilmeler depremlerle boşaltılmaktadır. Bir fay düzleminde gelişen yeniden kırılma ve kaymaya bağlı olarak oluşan depremler gerilmeyi düşürmekte ve deprem fayı üzerinde yeni bir gerilme birikim süreci başlamaktadır. Yeniden artan efektif gerilme fayın maksimumuna ulaştığı noktalarında yeni yenilmelerin ve depremlerin oluşmasına sebep olabilmektedir (Chinery, 1963). Fayların hareketi neticesinde meydana gelen yer değiştirmelerin neden olduğu Coulomb gerilme değişiminin, deprem civarında bulunan diğer





**Şekil 1. (a)** Türkiye ve yakın bölgesinin tektonik bölümleri ve ana tektonik hatları: Kısaltmalar: KAFZ, Kuzey Anadolu Fay Zonu; DAFZ, Doğu Anadolu Fay Zonu; OFZ, Ölü deniz Fay Zonu; BSZ, Bitlis Suture Zonu TFZ; Tuzgölü Fay Zonu; OAFZ, Orta Anadolu Fay Zonu; IEFZ, İnönü-Eskişehir-Akşehir Fay Zonları, EGS, Ege Graben Sistemi, **(b)** Orta Anadolu bölgesindeki ana tektonik yapılar (Koçyiğit, 2003; Temiz ve diğ., 2009).

**Figure 1. (a)** Tectonic divisions and distribution of major lineaments in Turkey and adjoining regions. The abbreviations are: KAFZ, North Anatolian Fault Zonu; DAFZ, East Anatolian Fault Zonu; OFS, Dead Sea Fault System; BSZ, Bitlis Suture Zone TFZ; Salt Lake Fault Zone; OAFZ, Central Anatolian Fault Zone; IEFZ, İnönü-Eskişehir-Akşehir Fault Zones, EGS, Aegean Graben System, **(b)** Simplified map showing major structural elements of Central Anatolia (modified from Koçyiğit, 2003; Temiz et al., 2009).

faular üzerindeki kırılma gerilmesine olan etkisi 1990 yılından itibaren yoğun bir şekilde incelenmektedir (Harris ve Simpson, 1992; Stein ve diğ., 1992, 1994, 1997; King ve diğ., 1994, 2001; Hubert ve diğ., 1996; Harris, 1998; Nalbant ve diğ., 1998; King ve Cocco, 2000). Bu gerilme alanlarının belirlenmesinde Coulomb gerilme analizi en etkin yöntemlerden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Bu metod kullanılarak yapılan birçok çalışma ile güvenilir sonuçlar elde edilmektedir.

Bu çalışmalardan bazıları, ülkemizdeki en önemli aktif yapılarından Kuzey Anadolu (KAFZ) ve Doğu Anadolu Fay (DAFZ) zonlarında yapılmıştır (Şekil 1a). Geçen yüzyılda KAFZ üzerinde meydana gelen ve doğudan batıya doğru göç eden depremlere dayanan Coulomb gerilme analizleri, bir depremin bir sonraki depremi tetiklediğini ortaya koymaktadır (Stein ve diğ., 1997; Nalbant ve diğ., 1998; Çakır ve diğ., 2003; Martin ve diğ., 2006). 1939 Erzincan depreminden bu yana KAFZ

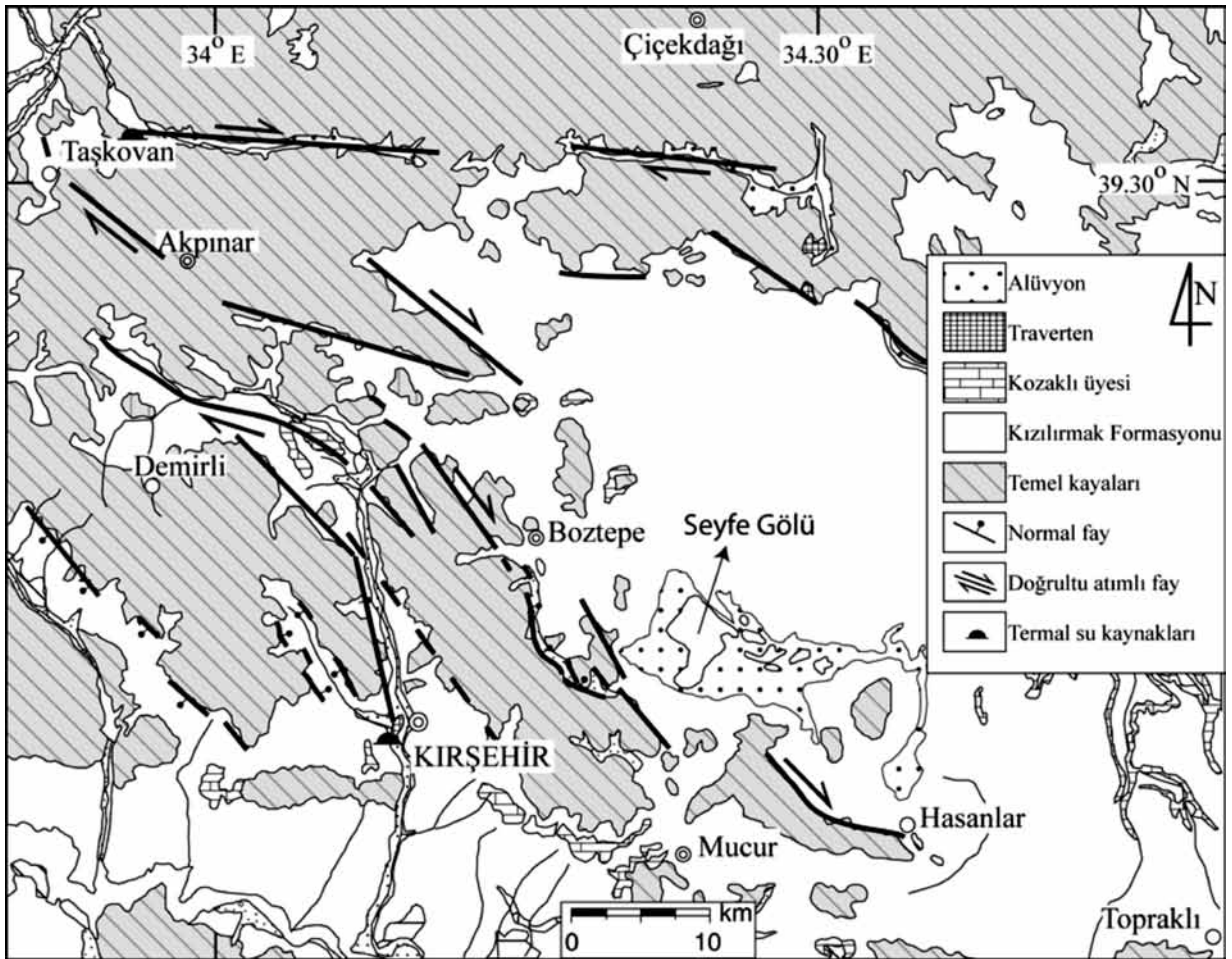
üzerinde meydana gelen magnitudü 6.5'ten büyük depremlerin, 1-2 bar oranında gerilim artışının olduğu alanlarda meydana geldiği saptanmıştır (Stein ve diğ., 1997). Benzer şekilde bir çalışma da, DAFZ üzerinde 1822 yılından itibaren meydana gelen depremler ve neden oldukları tektonik yüklemeler dikkate alınarak fay zonu boyunca meydana gelen gerilme değişimleri incelenmiş ve DAFZ üzerinde gerilme artışının meydana geldiği sismik boşluklar saptanmıştır (Nalbant ve diğ., 2002).

Bu çalışmada ise 19 Nisan 1938 yılında Akpınar (Kırşehir)' da  $M_s$  6.8 büyüklüğünde meydana gelen deprem nedeniyle Seyfe Fay Zonu'nda gelişen gerilme alanı değişimlerinin incelenmesiyle gerilme artışlarının olduğu alanların belirlenmesi amaçlanmıştır (Şekil 1b).

## **ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE TEKTONİĞİ**

Orta Anadolu'da yer alan çalışma alanı, yaygın olarak metamorfik kayalar, plütonik kayalar,

mafik kayalar ve örtü birimlerinden oluşur. İnceleme alanındaki kayaları gerek yaş ve gerekse deformasyon özellikleri ile temel ve örtü birimler olarak iki grupta incelemek mümkündür (Şekil 1a). Çalışma alanının temelini Paleozoik yaşlı gnays, şist, mermer, kalşistlerden oluşan metamorfik kayalar oluşturur (Şekil 2). Bu birimleri, Jura-Kampaniyen yaşlı ofiyolitik karışık ile bunun üzerinde tektonik olarak bulunan, ultramafik kayalar tarafından üzerlenir (Seymen, 1985). Bu birimler uyumsuzlukla, Geç Meastrihtiyen yaşlı Hippuritesli bağlamtaşları ve karasal kırıntılardan oluşan birimleri tarafından örtülür (Görür, 1981). Tüm bu birimler, Paleosen yaşlı, diyorit, granodiyorit ve kuvars monzonit ve nefelinli siyenit bileşimli derinlik kayaları tarafından sıcak dokanakla kesilir. Temel kayaları olarak tanımlanan birimler, İpresiyen-Kuvaterner yaşlı örtü birimlerince uyumsuzlukla örtülür (Seymen, 1981). Çalışma alanında temel üzerine uyumsuz olarak gelen örtü birimlerini,



**Şekil 2.** Kırşehir ve Akpınar bölgesinin basitleştirilmiş jeoloji haritası (1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji haritasından düzenlenmiştir (Şenel, 2002; Temiz ve diğ., 2009)).

**Figure 2.** Simplified geological map of the Kırşehir and Akpınar region (modified from 1/500.000 scale Türkiye Jeoloji Haritası, Kayseri sheet (Şenel, 2002; Temiz et al., 2009)).

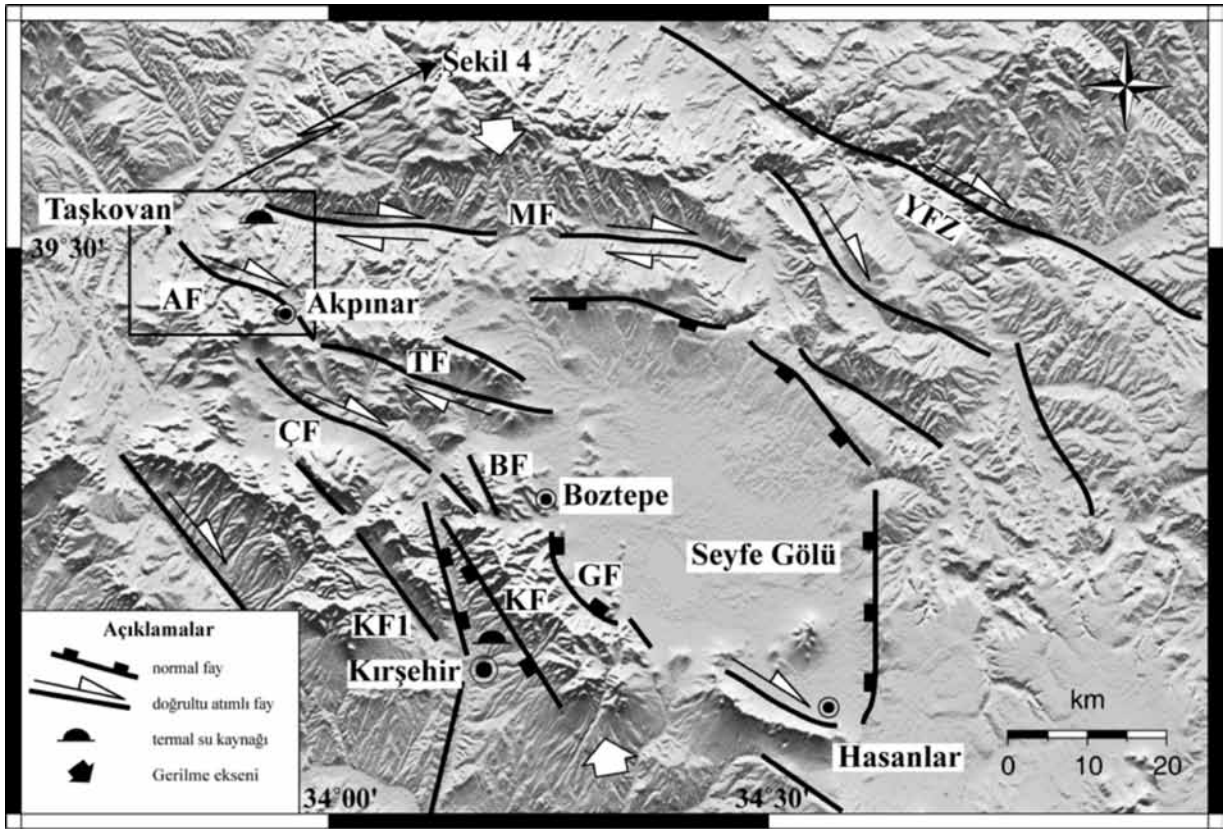
Neotektonik dönem öncesi dönemi karakterize eden Geç Eosen-Oligosen yaşlı karasal ortamda depolanan kırmızı alıcalı renkli çakıltası, kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşan birim ile (Birgili ve diğ., 1975; Akgün, 2002) neotektonik dönemde çökelmiş olan ve bu birimin üzerine uyumsuz olarak depolanan çakıl, kum, kil'den oluşan Geç Miyosen-Pliyosen yaşlı birim gelir. Bu birimlerin üzerinde ise Kuvaterner yaşlı

alüvyon, eski alüvyon taraçaları, alüvyal yelpaze ve traverten depolanmaları yer alır (Temiz ve diğ., 2009).

Anadolu plakası içerisinde yer alan Kırşehir bölgesi, neotektonik sınıflama içerisinde Kayseri-Sivas neotektonik bölgesi içerisinde yer alır (Koçyiğit, 2003). Bu bölge Tuz gölü ve Kesikköprü faylarının doğusunda kalan bölge için kullanılmaktadır (Koçyiğit, 2003) (Şekil 1b). Bu

bölge K-G yönlü sıkışma rejimin etkisinde ve KB ve KD uzanımlı doğrultu atımlı faylarla karakterize olmaktadır. Çalışma alanındaki bu neotektonik bölgenin özelliklerini temsil eden en önemli tektonik yapı Seyfe Fay Zonu'dur (Koçyiğit, 2003; Temiz, 2004) (Şekil 3). Seyfe Fay Zonu, çalışma alanının güneydoğusunda Hasanlar'dan başlayıp, kuzeybatısında Taşkovan'a kadar uzanan ve Seyfe

gölü çöküntüsünü sınırlayan birbirine paralel olarak uzanan faylardan oluşur. Yaklaşık 120 km uzunluğa sahip olan Seyfe Fay Zonu, sağ yanal doğrultu atımlı aktif bir yapı olup, 19 Nisan 1938 depremi Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatısında yer alan Akpınar'dan Taşkovan'a kadar uzanan yaklaşık 14 km uzunluğa sahip olan Akpınar fay segmentinde meydana gelmiştir (Parejas ve Pamir, 1939).



**Şekil 3.** Sayısal yükseklik modeli. Seyfe Fay Zonu'nda yaklaşık KB-GD ve N-S uzanımlı normal ve doğrultu atımlı faylar, Kısaltmalar: MF Manahözü fayı, AF: Akpınar fayı, TF: Tosunburnu fayı, ÇF: Çoğun fayı, BF: Boztepe fayı, GF: Gümüşkümbet fayı, KF: Kırşehir fayı, KF1: Karıncalı fayı, YFZ: Yerköy Fay Zonu (Temiz ve diğ., 2009).

**Figure 3.** Digital elevation model. Approximately NW-SE and N-S trending normal and strike-slip faults are located in Seyfe Fault Zone are marked with white lines, The abbreviations are: MF: Manahözü fault, AF: Akpınar fault, TF: Tosunburnu fault, ÇF: Çoğun fault, BF: Boztepe fault, GF: Gümüşkümbet fault, KF: Kırşehir fault, KF1: Karıncalı fault, YFZ: Yerköy Fault Zone (Temiz et al., 2009).



## METOD VE KABULLER

Coulomb gerilme değişimi, yarı uzayda olduğu düşünülen dikdörtgen bir fay düzlemi üzerinde meydana gelen yer değiştirme nedeniyle yer kabuğunun deforme olmasından dolayı meydana gelir (Okada, 1985).

$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau - \mu'\Delta\sigma_n$$

$\Delta\tau$  fay düzlemi üzerindeki makaslama gerilmesindeki değişim,  $\Delta\sigma_n$  ise fay düzlemine dik olarak gelişen normal gerilmedeki değişimdir.  $\mu'$  ise içsel sürtünme katsayısı olup, laboratuvar deneylerinde 0.2-0.8 arasında değişmektedir. Genel kabul olarak bu katsayı hesaplamalarda 0.4 olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada da 0.4 olarak hesaplamalara dahil edilmiştir. Bu değerlerin hesaplaması sonucu elde edilen Coulomb gerilme değişimini ifade eden  $\Delta\sigma_f$  değerinin pozitif olması gerilme değerinin arttığına, negatif çıkması ise gerilmenin düştüğü anlamına gelmektedir.

Bir depremin neden olduğu gerilme değişiminin hesaplanmasında kullanılan fay parametrelerinin sağlıklı olması yapılan hesaplamaların doğruluk derecesini artırmaktadır (Çakır ve diğ., 2003). Statik Coulomb gerilme değişiminin hesabında, deprem kırığına ait parametreler kullanılmaktadır. Bu parametreler deprem üreten fayın yeri, doğrultusu, uzunluğu, eğimi, fay zonu genişliği ve kayma miktarından oluşmaktadır. Bu parametreler ne kadar doğru ise bu statik gerilme değişimi de bununla orantılı olarak doğru olmaktadır. Bu çalışmada, tarihsel dönemde olmuş olan depremlere ait yeterli bilgi olmadığı için bölgede meydana gelen diğer depremler nedeniyle olan gerilme etkileri göz ardı edilmiştir.

## 19 Nisan 1938 (Ms 6.8) AKPINAR (KIRŞEHİR) DEPREMİ

19 Nisan 1938 tarihinde Kırşehir'e bağlı Akpınar ilçesinin 2 km KB'da Ms 6.8 büyüklüğündeki depreme bağlı olarak gelişen Coulomb gerilme değişimi incelenecektir. Kırşehir depremi ile ilgili odak mekanizması çözümleri ve arazi çalışmalarından derlenmiş bilgiler mevcuttur (Canitez ve Büyükaşikoğlu, 1984; Jackson ve Mc Kenzie, 1984). Depremin aletsel dış merkezi, 39.50° K-33.70° D arasında ve büyüklüğü Ms 6.8 olarak belirlenmiştir (ISS; Eyidoğan ve diğ., 1991) (Çizelge 1). Bu depremin aletsel olarak saptanan episantr koordinatları ile depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının izlendiği Akpınar ilçesi arasında yaklaşık olarak 10 km'lik uzaklık söz konusudur (Çizelge 1). Bu çalışmada depremin episantrı 39.481° K-33.915°D ile belirlenen koordinatlar kabul edilerek hesaplamalara dahil edilmiştir. Çünkü, 19 Nisan 1938 depreminden hemen sonra değişik kuruluşlardan tarafından yapılan çalışmalarda, depremin oluşturduğu yüzey kırıkları Parejas ve Pamir (1939) tarafından haritalanmıştır. Bu çalışmaya göre fay hattı Akpınar ilçesinin yaklaşık 2 km KB'dan başlayarak granitlerin içinde K60°B doğrultusunda kuzeybatıdaki Sofrazlı köyüne kadar uzandıktan sonra K50°B doğrultusunda yine kuzeydoğuya doğru Taşkovan köyüne kadar uzanmaktadır (Şekil 4). Bu yazarlar faydaki hareketin sağ yanal olduğunu belirlerken yüzey kırığı etrafında yer alan basamak tarzında sıralanmış tansiyon çatlakları, vadilerde yer alan alüvyonal zeminlerde oluşan kum kraterlerini ve dolayısıyla sıvılaşmaları gözlemlemişler ve büyük hasarların zayıf zeminler üzerinde meydana gelmiş olduğunu belirtmişlerdir. Arni (1938) ise bu kırık hattında yaklaşık olarak 60 cm düşey, 65 cm ise

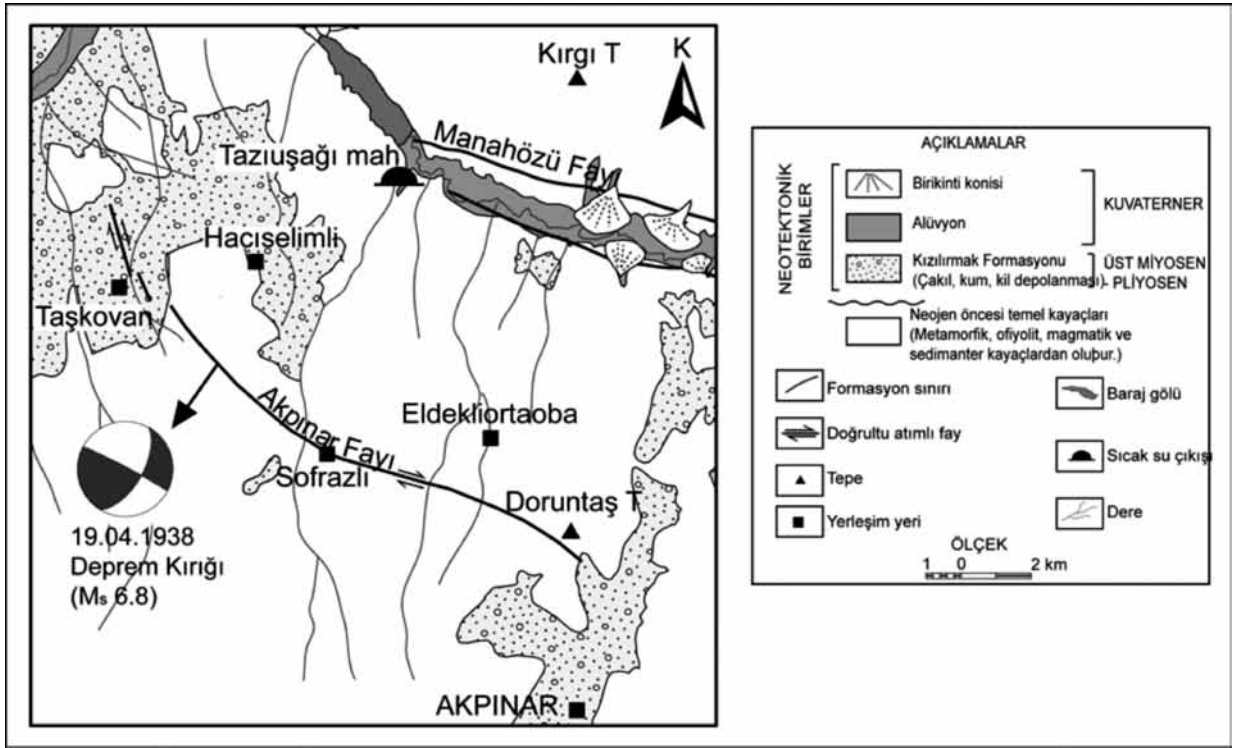
yanal atım belirlemiş ve fayı sağ yanal doğrultu atımlı fay olarak tanımlamıştır. Bu depremin hemen sonrasında bölgede incelemelerde bulunan Salomon-Calvi ve Kleinsorge (1940) da Akpınar'ın kuzeydoğusundan Taşkovan yakınlarına kadar uzanan K 70°-80° B doğrultulu bir yüzey kırığında 60 cm düşey ve fayın kestiği bir yol da da 65 cm yatay yer değiştirme ölçmüşlerdir. 60 cm düşey atımın yerel bir özellik olabileceği düşünüldüğünde fayın doğrultu atımı egemen bir verev normal fay olduğu anlaşılmaktadır. Bu araştırmacılar ayrıca yüzey kırığının etrafında yer alan yaklaşık doğu-batı doğrultulu açık tansiyon çatlaklarına değinerek bölgenin kuzey-güney doğrultusunda uzadığını belirtmişlerdir. Bu çalışmada ilginç olan nokta Salomon-Calvi ve Kleinsorge (1940), bu faya bağlı olarak yeni bir havzanın oluştuğuna dikkati çekerek bir çek-ayır havza oluşumunun mekanizmasına o tarihlerde işaret etmiş olmasıdır. Ayrıca fayın fay düzlemi çözümü de fayın sağ yanal atımlı bir fay olduğunu ortaya koymuştur (Jackson ve McKenzie, 1984). Depremin gözlemsel merkezi (şiddete dayanan), Akpınar, Taşkovan arasındaki bölgede meydana gelmiştir (Şekil 4) (Arni 1938; Parejas ve Pamir 1939). Arazi verilerinin yeterince net olması ve ayrıca, bu depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının araştırılmasına yönelik olarak Sofrazlı köyünde yapılan jeofizik çalışmalar (GPR ve doğru akım öz direç yöntemi) ile depremin oluşturmuş olduğu yüzey kırığının yeri saptanmıştır (Temiz, 2004) (Şekil 4). Bu depremin, derinlik parametrelerinin eksik olması nedeni ile Kırşehir bölgesinde 1900'den günümüze kadar olan yaklaşık 1400 depremin odak derinliklerinin ortalaması olan 9 km, 19 Nisan 1938 depreminin de odak derinliği olarak kabul edilmiştir.

**Çizelge 1.** Çalışmada kullanılan 19 Nisan 1938 Akpınar depreminin kaynak parametreleri.

**Table 1.** Source parameters of April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake which is used study.

Tarih	Saat (GMT)	Enlem (K)	Boylam (D)	h (km)	(M <sub>s</sub> )	KU	YA (m)	DA (m)	S1(°)	D1(°)	R1(°)	S2(°)	D2(°)	R2(°)	FK	Kaynak
19 Nisan 1938	10:59	39.5° 39.481° <sup>01</sup>	33.7° 33.915° <sup>01</sup>	9 <sup>2</sup>	6.8	14	0.65 <sup>3</sup>	0.60 <sup>3</sup>	30	60	4	298	87	150	SY	Jackson & McKenzie, 1984 Camitez ve Büyükaşikoğlu, 1984
									30	87	-	121	69	-	SY	

**Çizelgede kullanılan kısaltmalar:** h: derinlik, M<sub>s</sub>: Yüzey dalgası büyüklüğü, S: Doğrultu, D: Eğim, R: Rake, FK: Fay Karakteri, SY: Sağ yanal doğrultu atımlı fay, KU: kırık uzunluğu, YA: yanal atım, DA: düşey atım. <sup>1</sup>Depremin meydana geldiği yerin enlem ve boylam değerleri arazi verileri kullanılarak bulunan koordinatlar dikkate alınarak belirlenmiştir. <sup>2</sup>19 Nisan 1938 yılındaki depremin odak merkezi derinlikleri, çalışma alanında meydana gelen yaklaşık 1400 adet depremin odak merkezi derinliklerinin ortalaması alınarak bulunan 9 km değeri hesaplamalarda kullanılmıştır, <sup>3</sup> Deprem sonrası arazide ölçülen yanal ve düşey atım değerleri (Arni 1938).



Şekil 4. 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depreminde oluşan faylanmanın konumu (Parejas ve Pamir, 1939).

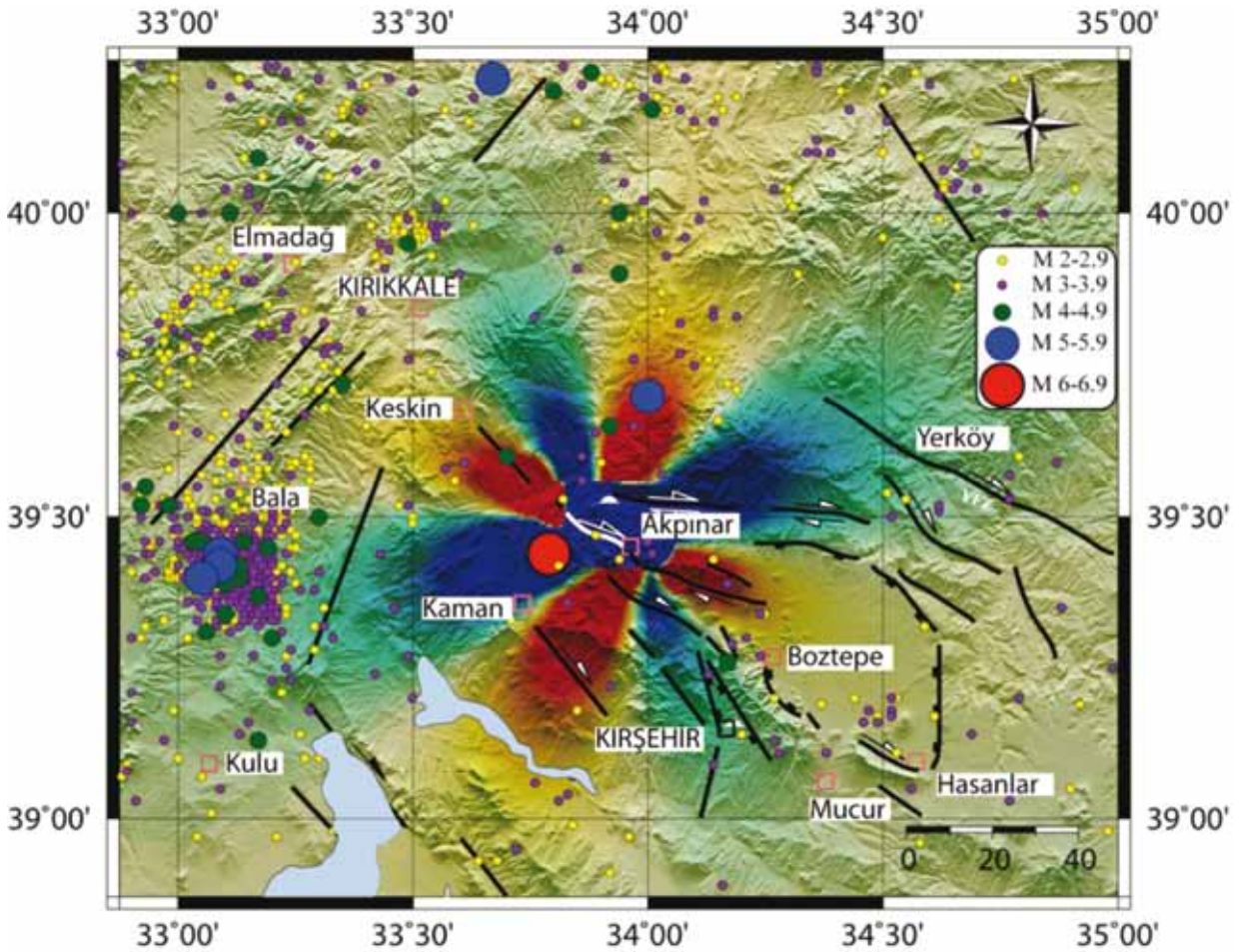
Figure 4. April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquakes faulting occurring in the position (Parejas ve Pamir, 1939).

## COULOMB GERİLME DEĞİŞİMİ

Akpınar depreminin Coulomb gerilme değişim modeli Çizelge 1'de Jackson ve Mc Kenzie, 1984 tarafından yapılan odak mekanizması çözümü, arazi verileri kullanarak sağ yanal doğrultu atımlı 14 km uzunluğundaki yüzey kırığı için hazırlanmıştır (Şekil 5). Oluşturulan modelde KKD-GGB ve BKB-DGD yönlerinde gerilme artışlarının meydana geldiği dört adet lob meydana

gelmiştir. Oluşturulan modelde meydana gelen BKB-DGD lobları, Seyfe Fay Zonu üzerinde yer almaktadır. Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatı ucunda yer alan BKB lobunda 4.5-0.178 bar değişimlerin meydana geldiği, DGD lobunda ise 1.948-0.148 bar'lık gerilme artışları meydana gelmiştir. KKD lobunda ise 0.927-0.137 bar ve GGB lobunda ise 1.714-0.241 bar arasında değişen gerilme artışları meydana geldiği belirlenmiştir.





**Şekil 5.** 19 Nisan 1938 Depremine ( $M_s$  6.8) ait Coulomb gerilme dağılımı. Daireler 1900-2011 yıllarında meydana gelen deprem episantırlarını göstermektedir.

**Figure 5.** Coulomb stress change of the 1938 event ( $M_s$  6.8). The circles represent 1900-2011 earthquakes epicenters.

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Orta Anadolu bölgesindeki fayların deprem üretme potansiyeli düşük olarak bilinmesine rağmen, Orta Anadolu'da yaşanmış önemli depremler bu kanının doğru olmadığını belgelemektedir. Bu bölgede yaşanan ve çalışma konusu oluşturan 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi bu bölgenin depremselliği için örnek verilebilecek özelliktedir. Tektonik anlamda Kırşehir bölgesi ve çevresi Anadolu plakası içinde yer alır. Son yıllarda Anadolu plakası

içinde sürdürülen neotektonik çalışmalar, plaka içinde Tuzgölü Fayı ve Kesikköprü faylarının doğusundaki bölgede egemen olan neotektonik rejimin doğrultu atımlı faylarla karakterize edildiğini ve sıkışmalı-genişlemeli tektonik rejimin hakim olduğu saptanmıştır (Koçyiğit, 2003). Bu rejimin varlığını kanıtlayan ve yıkıcı deprem üretme kapasitesine sahip aktif faylar Orta Anadolu bölgesinde mevcuttur. Kırşehir'de yer alan Seyfe Fay Zonu'da deprem aktivitesini kanıtlamış önemli bir tektonik yapıdır. Bu fay

zonun kuzeybatısında Akpınar fay segmenti 14 km kırılarak  $M_s$  6.8 büyüklüğünde deprem üretmiş ve ölüm ve yıkımlara neden olmuştur. Bu çalışmada, bu depreme ait parametreler kullanılarak oluşturulmuş olan Coulomb modeli ile Seyfe Fay Zonu üzerinde gerilme artışlarının meydana geldiği alanlar saptanmıştır. Bu gerilme artışları Seyfe Fay Zonu'nun kuzeybatı ucunda ve Seyfe gölü çöküntüsünde meydana gelmiştir. Bu bölgede, Keskin (Kırıkkale) ve Boztepe (Kırşehir) ilçeleri yer almaktadır (Şekil 5). Bu bölgeler deprem tehlikesi taşıyan alanlar olarak görülmektedir. 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) depremi için üretilen Coulomb gerilme modeli ile artçı depremlerin ilgisi yeterli veri olmamasından dolayı incelenememiştir.

## **KATKI BELİRTME**

Coulomb gerilme hesaplamalarında, Toda ve diğ., (1998) tarafından geliştirilen ve ücretsiz dağıtılan Coulomb 3.1 programı kullanılmıştır (<http://quake.usgs.gov/research/deformation/modeling/Coulomb/download.html>). Ayrıca, deprem lokasyonlarının yerleştirilmesinde ve üç boyutlu görüntülerin oluşturulmasında Generic Mapping Tools (GMT) programı kullanılarak hazırlanmıştır (Wessel ve Smith,1998).

## **EXTENDED SUMMARY**

*Stress changes caused by earthquakes in seismically active regions are very important in terms of future earthquake predictions. Earthquakes cause static stress changes on neighboring faults that may delay or trigger subsequent earthquakes. Therefore, determination of stress changes is also important in seismic hazard assessments. Movements and displacements on the faults result Coulomb stress changes along the faults and around the region. These stress change effects on*

*the faults in the earthquake zones have studied by the several researchers since 1990. Coulomb stress analysis for determining the stress sectors along active faults is as one of the most effective method for hazard assessment predictions and planning which several studies have proven the reliability of a method.*

*Although it is believed that the active faults in the Central Anatolia region can produce a small to medium magnitude earthquakes, some significant earthquakes have taken place in Central Anatolia which have been documented in previous studies. April 19, 1938 Akpınar (Kırşehir) earthquake which is the most important one that occurred in this region in close past, is the scope of this paper investigated using Coulomb stress modeling. Tectonically, Kırşehir region and its surroundings taking place in the east of Kesikköprü and Tuzgözü Faults, is experienced predominantly by a contractional-extensional type of neotectonic regime and characterized by strike-slip faulting. The structural features of the active faults and the character of the earthquakes prove the existence of this regime in this part of central Anatolia. Seyfe Fault Zone is major tectonic structure in Kırşehir region. The Akpınar (Kırşehir) earthquake ( $M_s$  6.8) took place on the Akpınar segment located in northwest of the NW-SE trended Seyfe Fault Zone in the east of Kırşehir. After the earthquake, by using the data of the geological and geophysical studies done in the region, a Coulomb stress model of the earthquake has been obtained in the present study. The stress increments generated by the Seyfe Fault Zone experienced the region, range between 0.137-4.5 bars. These stress increment areas are the NE and SW sectors of the fault zone which is important in term of earthquake hazard, and in Keskin (Kırıkkale) and Boztepe (Kırşehir) densely populated residential areas (Şekil 5).*

**DEĞİNİLEN BELGELER**

- Akgün, F., Akay, E. ve Erdoğan, B. 2002. Tertiary Terrestrial to Shallow Marine Deposition in Central Anatolia: A Palynological Approach. *Turkish J. Earth Sci.*, Vol. 11, pp. 127-160.
- Arni, P. 1938. Kırşehir, Keskin ve Yerköy zelzelesi hakkında. MTA Enst. yayını, Seri B, 1.
- Birgili, Ş., Yoldaş, R. ve Ünalın, G. 1975. Çankırı-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Rap. No: 5621, Ankara (yayımlanmamış).
- Chinery, M.A., 1963. The stress changes that accompany strike slip faulting. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 53, 921-932.
- Çakır, Z., A. Barka, E. Evren, 2003. Coulomb stress interactions and the 1999 Marmara Earthquake sequence, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 12, 91-103.
- Eyidoğan, H., Utku, Z., Güçlü, U. and Değirmenci, E., 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makro-sismik Rehberi (1900-1988). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
- Görür, N. 1981. Tuz Gölü-Haymana havzasının stratigrafik analizi. *Türkiye Jeol. Kur. 35. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, İç Anadolu'nun Jeolojisi Simpozyumu*.
- Harris, R.A. ve Simpson, R.W., 1992. Changes in static stress on southern California faults after the 1992 Landers earthquake, *Nature*, 360, 251-254.
- Harris, R.A., 1998. Stress triggers, stress shadows and implications for seismic hazards, *J. Geophys. Res.*, 103, 24347-24358.
- Hubert, A., King, G.C.P., Armijo, A., Meyer, B. and Papanastassiou, D., 1996. Fault re-activation, stress interaction and rupture propagation of the 1981 Corinth earthquake sequence, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 142, 573-585.
- Jackson, J. ve Mckenzie, D., 1984. Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of Royal Astronomical Society* 77, 185-264.
- King, G.C.P., Stein, R.S. ve Lin, J., 1994. Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 84, 935-953.
- King, G.C.P. ve Cocco, M., 2000. Fault interaction by elastic stress changes: new clues from earthquake sequences, *Adv. Geophys.*, 44, 1-38.
- King, G.C.P., Hubert-Ferrari, A., Nalbant, S., Meyer, B., Armijo, R. ve Bowman, D., 2001. Coulomb interactions and the 17 August 1999 Izmit, Turkey earthquake, *C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la Terre et des planètes*, 333, 557-570.
- Koçyiğit, A., 2003. Orta Anadolu'nun genel Neotektonik Özellikleri ve Depremselliği. Haymana-Tuzgölü-Ulukışla Basenleri Uygulamalı Çalışma, TPJD, Özel sayı:5, s.1-26.
- Lorenzo-Martin, F, Roth, F., Wang, R., 2006. Elastic and inelastic triggering of earthquakes in the North Anatolian Fault zone. *Tectonophysics*, p.271-289.
- Nalbant, S.S., McCloskey, J., Steacy, S., Barka, A., A., 2002. Stress accumulation and increased seismic risk in eastern Turkey. *Earth and Planetary Science Letters* 195 291-298.
- Nalbant, S.S, Mc Closkey, J. and Steacy, S., 2005. Lessons on the calculation of static stress loading from the 2003 Bingöl, Turkey earthquake. *Earth And Planetary Science Letters*, 235 (3-4). pp. 632-640.
- Nalbant, S.S., Hubert, A., King, G.C.P., 1998. Stress coupling between earthquakes in northwest Turkey and the North Aegean Sea. *J. Geophys. Res.*, 103 24469-24486.
- Parejas, E., Pamir, H. N., 1939. 19 Nisan 1938 Orta Anadolu yer depremi (Le tremblement de terre du 19 avril 1938 en Anatolie Centrale). İstanbul Üniversitesi Jeoloji Enstitüsü Neşriyatı, No 5, Şubat 1940, 11 s. İst. Üniv. Fen. Fak. Yayınl., seri B., cilt IV, no. 3/4.
- Salomon-Calvi, W. ve Kleinsorge, H., 1940. 19 Nisan 1938 tarihli Kırşehir zelzelesi ve zelzele mntakalarında inşaat ile iskan hususunda jeolojik teklifler. In (Ed: W. Salomon-Calvi) Türkiye'deki zelzelelere müteallik etüdler. Maden Tetkik Arama Enstitüsü Yayınlarından Seri B, No 5, 121 s.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. *TJK Bült.*, 24, 2, 101-108.
- Seymen, İ., 1985. Kırşehir masifi metamorfizmasının jeolojik evrimi. *Türkiye Jeol. Kur., Ketin Simpozyumu*, 133-148.
- Stein, R.S., King, G.C.P. and Lin, J., 1992. Change in failure stress on the southern San Andreas fault system caused by the 1992 magnitude=7.2 Landers earthquake, *Science*, 258, 1328-1332.
- Stein, R.S., King, G.C.P. and Lin, J., 1994. Stress triggering of the 1994 M=6.7 Northridge, California earthquake by its predecessors, *Science*, 256, 1432-1435.
- Stein, R.S., Barka, A., Dieterich, J.H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophys. J. Int.*, 128, 594-604.
- Şenel, M., 2002. Geological map of Turkey at 1:500.000 scale, Kayseri sheet, Mineral Research and Exploration Institute of Turkey Publications, Ankara.
- Temiz, U., 2004. Kırşehir Dolayının Neotektoniği ve Depremselliği (Neotectonics and seismicity of the Kırşehir region). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 104 p. (yayımlanmamış).
- Temiz, U., Gökten, E., Eikenberg, J., 2009. U/Th dating of fissure ridge travertines from the Kırşehir region (Central Anatolia Turkey): structural relations and implications for the Neotectonic development of the Anatolian block. *Geodinamica Acta*, Vol 22/4, pp.201-213.
- Toda, S., Stein, R. S., Reasenberg, P. A. ve Dieterich, J. H., 1998. Stress transferred by the Mw=6.9 Kobe, Japan, shock: Effect on aftershocks and future earthquake probabilities, *Journal of Geophysical Research*, 103, 24543-24565.
- Wessel, P. and Smith, W. H. F., 1998. New, improved version of Generic Mapping Tools released, *EOS Trans. Amer. Geophys. U.*, vol. 79 (47), pp. 579.

---

Makale Geliş Tarihi : 15.02.2012

Kabul Tarihi : 30.08.2012

Received : 15.02.2012

Accepted : 30.08.2012



## Orta Anadolu Geç Neojen Tortularında Asteroid Çarpma Bulguları

*Findings of an Asteroid Impact crater within the Late Neogene Deposits in Central Anatolia, Turkey*

Nizamettin KAZANCI<sup>1</sup>, Mümtaz KİBAR<sup>2</sup>, Yusuf Kağan KADIOĞLU<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Mühendislik Fak. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Beşevler, Ankara,  
(e-posta: kazananci@eng.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, 06100 Dışkapı, Ankara

### ÖZ

Mucur yöresindeki (Kırşehir) Geç Miyosen-Pliyosen istifinin çökelleri içinde, boyları 1 metreden 3-4 cm'e kadar değişen koyu renkli, çoğunluğu breşik dokulu metamorfik kaya çakılları ile az sayıda, silis kabukla çevrili bazalt görünüşlü ergimiş kaya parçaları bulunmuştur. Petrografik olarak takilit veya impaktit şeklinde adlandırılan çok özel taneler, içine yerleştiği istifin alt-orta bölümünde olup, bulunduğu alandaki toplam çakıl miktarının yaklaşık % 1-1,5 kadarını oluşturur. Bu takilit parçaları ve/veya metamorfik kaya kırıntuları büyük bir çarpma kraterinin aşınıp dağılan parçaları olup, Geç Miyosen öncesi bir zamanda orta Anadolu'ya asteroid düşmesinin işaretçileridir. Takilit tiplerine ve bolluğuna göre, çarpma kraterinin minimum 2 km çapında ve 200 m derinliğinde dairesel bir çukur olduğu anlaşılmaktadır. Böyle büyük bir çarpmanın yarattığı olası paleoekolojik ve paleocoğrafik etkiler araştırılmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Asteroid, çarpma krateri, takilit, impaktit, Mucur, orta Anadolu, Geç Neojen

### ABSTRACT

*It is presented here some unusual brecciated rock clasts within the clastic deposits of the Late Miocene and Pliocene at the Mucur (Kırşehir) area of central Anatolia, Turkey. Petrographically, these clasts are described as tachylite or impactite. They are dark-coloured metamorphic rock fragments with size of 100 to 3-4 cm in diameter, which are abundantly brecciated and to a lesser extent melted-rock fragments embedded in thick silica layers. The tachylite clasts are found only at the lower and medial part of the Late Neogene sequence, forming only 1-1.5 % of the total clast components of the host deposits. These special clasts (tachylite or impactite) represent the destroyed walls of an impact crater created by an asteroid at central Anatolia in pre- Late Miocene time. Based on tachylite types and their abundance, the inferred impact crater was a circular depression with minimum 200 m depth and 2 km in diameter. The possible palaeogeographic and palaeoecological results of such a big impact to the earth have been searched.*

**Keywords:** Asteroid, impact crater, tachylite, impactite, Mucur, central Anatolia, Late Neogene

## GİRİŞ

Bu yazıda jeolojik dönemde gerçekleşmiş, yeryüzüne bir asteroid çarpma olayı ile bunun ürünü olan kayalar tanıtılmaktadır. Uzaydan Dünya'ya cisimlerin gelmesi ve bunların hikâyeleri bütün insanlık tarihi boyunca merak konusu olmuştur ve günümüzde de büyük ilgi çekmektedir. İnternetteki onbinlerce dosya bunun işaretidir. Türkiye'deki jeolojik kayıtlarda ilk kez rastlanmakla birlikte, burada tanıtılacak asteroid/meteor/göktaşı çarpma bulgusu kayaların bilimsel ve simgesel önemleri hariç, ticari, ekonomik veya koleksiyon değeri olmadığını belirtmek gerekir. Bu husustaki ayrıntılı bilgiler ileriki bölümlerde verilecektir.

Tanıtılacak buluntu ihbar üzerine elde edilmiştir. Ekim 2011'de, uzaktan algılama uzmanı Haydar Erkoç'a, Mucur Yeniköy (Kırşehir)'de, kırmızı renkli gevşek dokulu tortullar içinde bulunmuş siyah renkli, ağır, sert bir kaya parçası (yaklaşık 70 x90 cm) gösteriliyor. Kendisi taşın ağırlığı, sertliği ve renginin çevre kayalara aykırılığına bakarak bunun "meteorit" olma ihtimali üzerinde duruyor, doğrulamak için üniversiteye ve yazarlara başvuruyor. Sonrasında ayrıntılı saha ve laboratuvar incelemeleri yapılarak örneklerin meteorit değil, fakat kısmen ilgili, takilit ve/veya impaktit olduğu saptanmıştır. Takilitler, olağanüstü hızlardaki çarpışma etkisine maruz kalan yeryüzü parçalarında meydana gelen metamorfik kayalardır ve doğada böyle olaylar hemen daima gök cisimlerinin yeryüzüne düşmesi ile olmaktadır (Dietz, 1961; AGI, 1977).

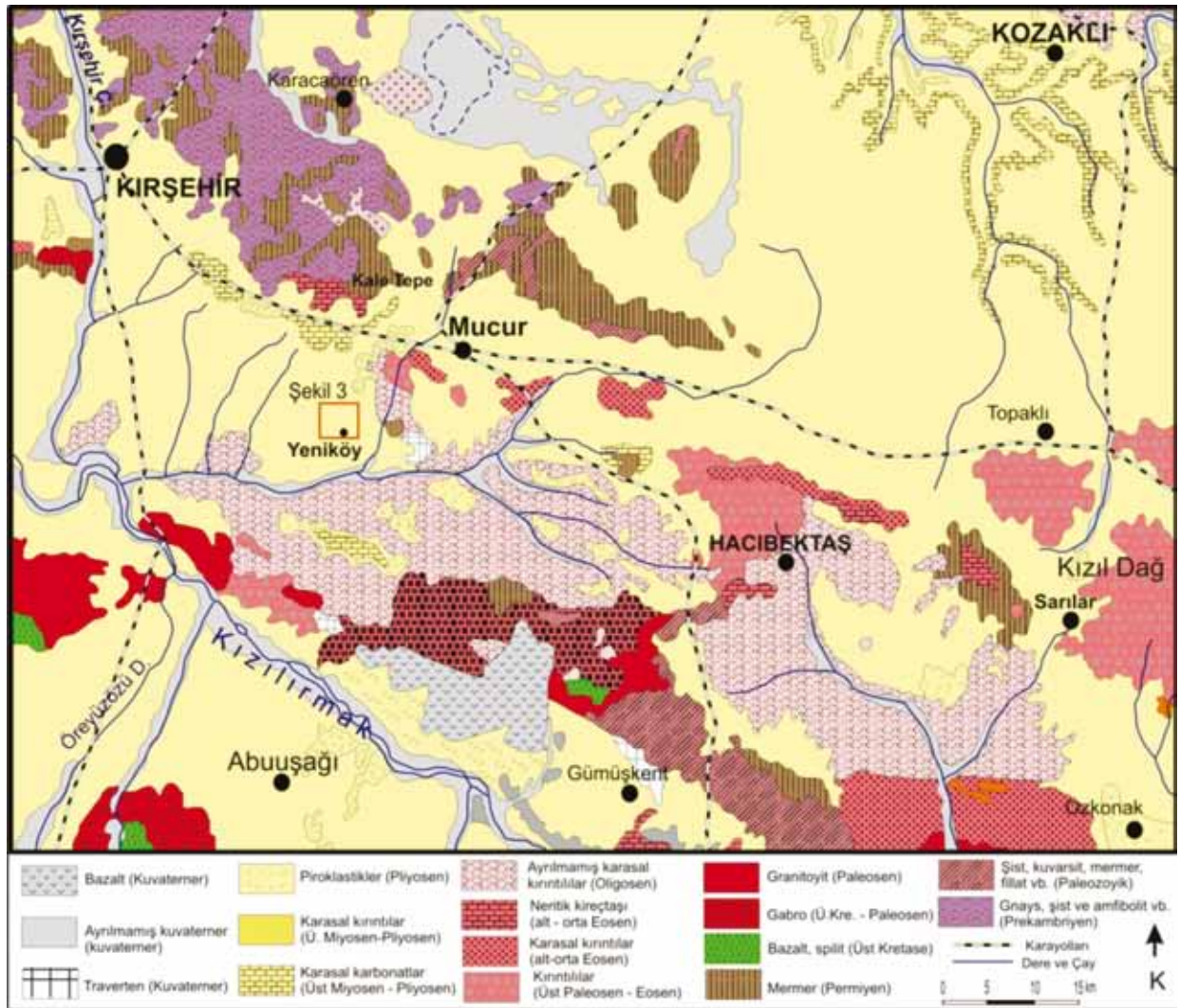
## BULUNTU YERİ VE JEOLJİK KONUMU

Çalışma konusu olan kaya parçaları, Mucur (Kırşehir) güneyindeki Yeniköy (Çömelek)

yakınlarında, Kale Tepe eteklerindeki kırmızı renkli, gevşek, kaba kırıntılı tortullar içinde bulunmuştur (Şekil 1, 2). Çakıllara yataklık eden bu tortulların stratigrafisi, önceki çalışmalarda göreceli yaşlandırma ile Neojen, ayrılmamış Neojen, Miyosen-Pliyosen, M3-Pl, Miyo-Pliyosen olarak verilmekte ve Kızılırmak Grubu içinde toplanmaktadır (Atabey vd. 1988; Atabey, 1989, Kara ve Dönmez, 1990; Akgün vd. 1995; MTA, 2002). Bu çalışmada Geç Miyosen-Pliyosen zaman aralığı kastedilerek yaşları Geç Neojen şeklinde tanımlanmıştır. Stratigrafik tanımlama yapılmamış, grup adı benimsenmemiştir. Çünkü buradaki Kızılırmak Formasyonu'nun yaşı ve stratigrafisi Şen vd. (1998)'e göre tartışmalıdır.

Takilit çakıllarının bulunduğu istifin görünen kalınlığı 275 m olup, adı geçen çakıllar yaklaşık 100. -120. metreleri arasından toplanmıştır. Burası kabaca istifin alt-orta bölümleridir. İstifin litolojisi konglomera – kumtaşı - çamurtaşı ardalanmasından kurulu olup, 'alüvyon yelpazesi' çökellerinin genel görüntüsünü yansıtmaktadır. Yarmalar ve yüzeydeki döküntülere göre, tortulların ortalama tane boyu 3-6 cm kadardır (Şekil 2-5). Kaba taneler göreceli seyrek ve Yeniköy'ün kuzeyinde dar bir alanda yoğunlaşmaktadır (Şekil 3). Takilit çakılları genelde öteki çakılardan daha iridir. Alansal olarak 20-35 cm boyundaki takilit çakıllarının diğer tüm takilit parçalarının yaklaşık % 5-8 'ini teşkil ettiği saptanmıştır. İstifte rastlanan en büyük tane, incelemesi yapılan bir takilit parçasıdır (90 cm) (Şekil 4C). İstifteki çakılların büyük ekseriyeti karbonatlı kayalardan, çok azı kolay aşınan,





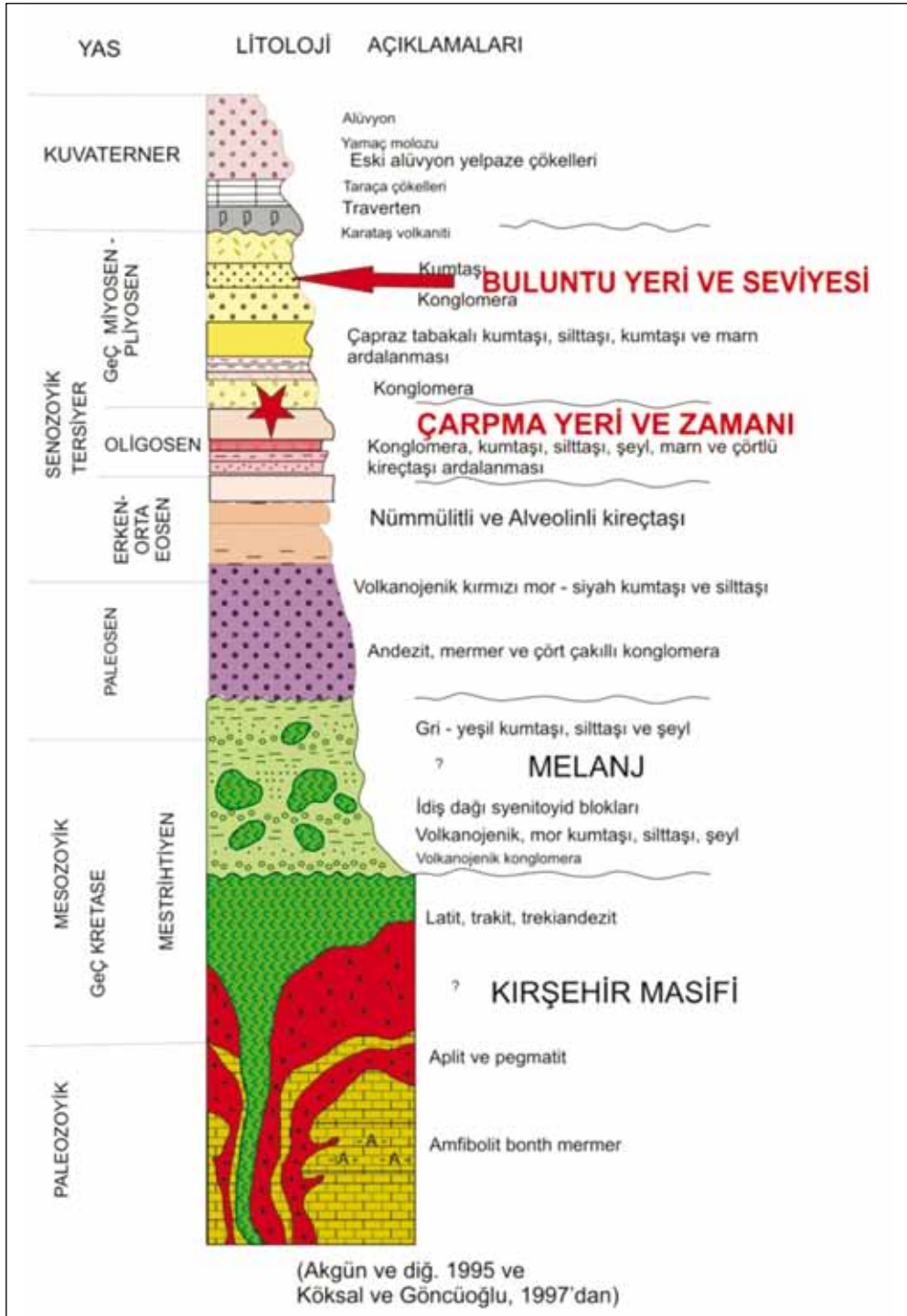
**Şekil 1.** İnceleme bölgesinin yerbulduru ve litoloji haritası. Birimlerin saha dağılışı MTA (2002)'den alınmıştır.

**Figure 1.** Location and lithology map of the study area. Stratigraphic units are from MTA (2002).

fillit-fillat türü metamorfik kayalardan üremiştir. Kireçtaşı çakıllarının bolluğu dikkat çekicidir. Metamorfik kaya parçaları istifin üst düzeylerine doğru bollaşır. Özellikle aranmasına karşın, bölgede varlığı bilinen granitik kayalara ait parçalar bulunamamıştır (Şekil 1). Takilit dışındaki tanelerin tümü iyi-çok iyi yuvarlaklaşmıştır. Bu durum, yuvarlaklaşmış taneleri veren olası konglomeratik ana kayaların varlığını düşündürür. Takilit parçaları aşırı sertlikleri ve koyu renkleri

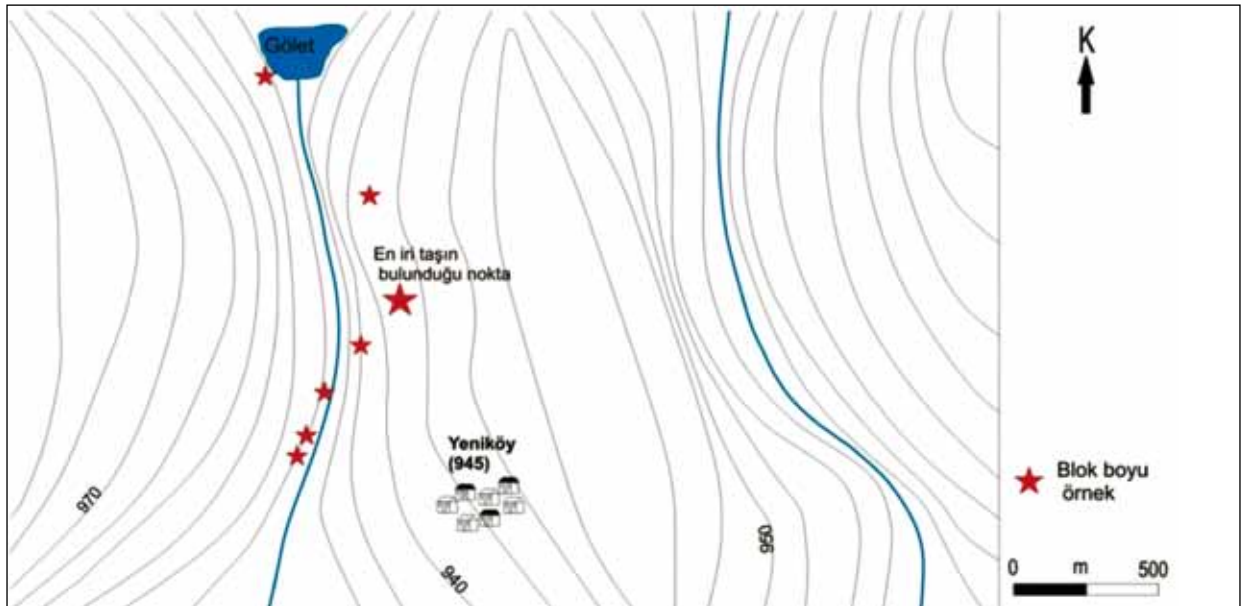
ile bunlar arasında kolayca fark edilmektedir (Şekil 4, 5).

Orta Anadolu, özellikle Kırşehir-Mucur yöresi Türkiye jeolojisinde önemli yer tutar, çokça incelenmiştir ve büyük bilgi birikimi vardır (konu dışı olması sebebiyle bunlara değinilmemiştir). Çünkü bölgenin en yaşlı birimi Kırşehir Masifi'nin kayaları ve onları kesen granitoidler en iyi bu bölgede yüzeylenir (Seymen, 1981; Köksal ve Göncüoğlu, 1997). Bu temel kayaları örten sığ



**Şekil 2.** Takilit çakıllarını bulunduran tortulların ve Kırşehir-Mucur bölgesinin genel stratigrafik durumu (Kara ve Dönmez, 1990; Akgün vd. 1995'den yararlanılmıştır).

**Figure 2.** Generalized stratigraphy of the tachylite-bearing deposits and the whole Kırşehir-Mucur area (Modified from kara and Dönmez, 1990; Akgün et al., 1995).



**Şekil 3.** Takilit çakıllarının saha dağılışlarının ayrıntılı krokisi. Genel görünüm için Şekil 4A ile karşılaştırınız.

**Figure 3.** Detailed sketch map of the distribution of the tachylite clasts. Compare it with the Figure 4A for topography.

denizel Eosen tortulları ile karasal Oligosen tortulları da inceleme bölgesinde yaygın olarak gözlenir (Şekil 1, 2; MTA, 2002). Eosen tortulları sarımsı gri renkli, killi-kumlu kireçtaşları ve karbonatlı kumtaşları halindedir. Bol fosillidir (Kara ve Dönmez, 1991; Akgün vd. 1995). Bunların üzerine gelen karasal tortullar yukarı doğru incelen istifler teşkil eder. Başlıca alacalı, sarımsı kırmızı renklere kaba ve ince taneli konglomera-kumtaşı-

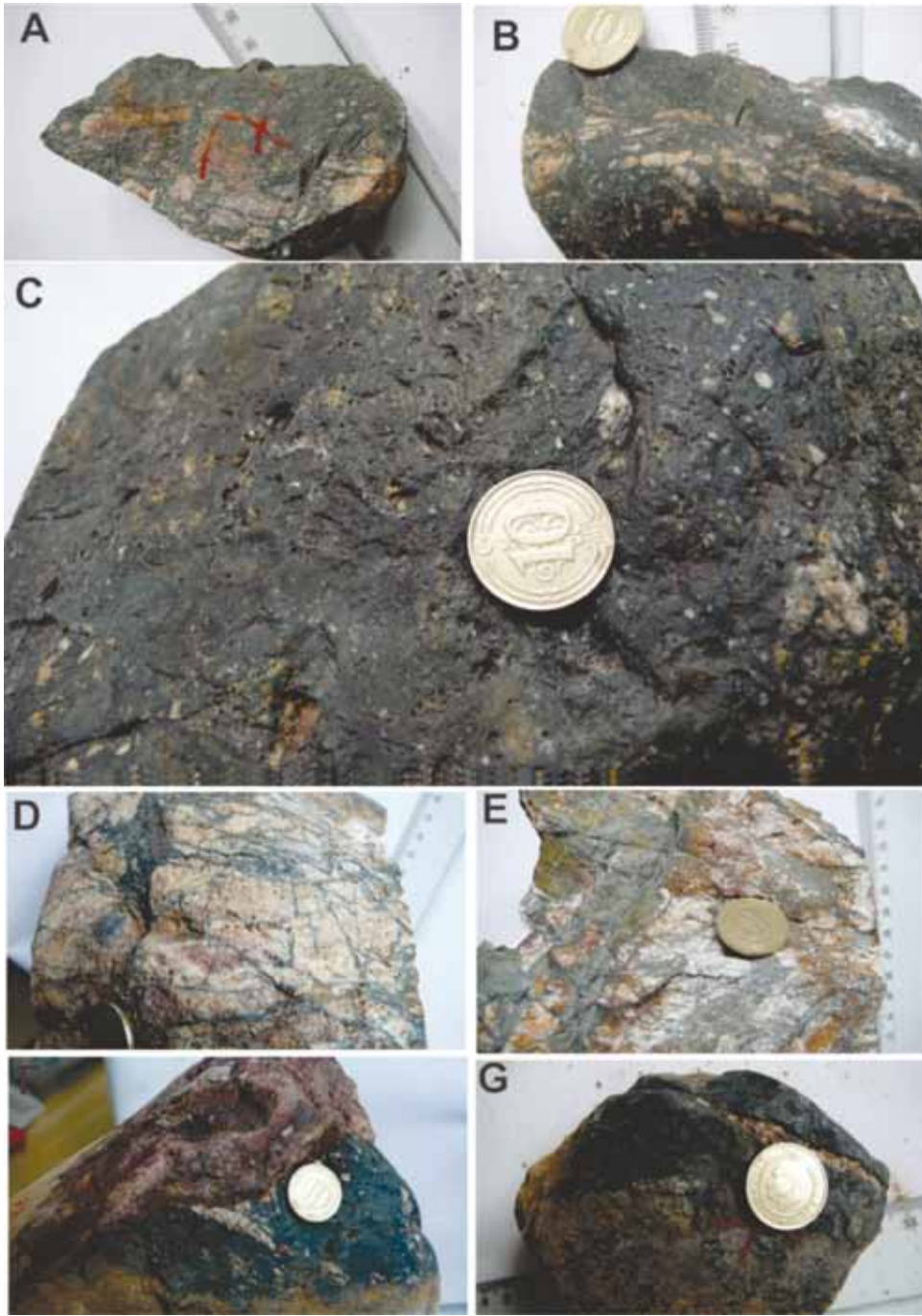
çamurtaşı litolojisindedir. Yer yer jips tabakaları ve kömür seviyeleri bulundurulur. Palinoloji verileri Orta Miyosen'i işaret etmiştir (Akgün vd. 1995). Buna karşın aynı birimlerin yanal eşdeğerleri, yeni bir çalışmada omurgalı fosilleri ile Geç Oligosen olarak yaşlandırılmıştır (MTA, 2002; Karadenizli, 2011). Bunlara göre, inceleme malzemesinin toplandığı Geç Neojen istifi, Geç Oligosen yaşlı tortullar üzerine oturmaktadır.





**Şekil 4.** Çarpma krateri parçaları olan takilit çakıllarının saha konumları. (A) Takilit bulunduran Geç Miyosen-Pliyosen tortullarının saha görünüşleri, (B) En iri takilit blokunun çıkarıldığı çukur. İstifin iç yapısı için de iyi bir kesit teşkil etmiştir, (C) İncelenen en iri takilit bloku, (D) Takilit blokunun yakın görünümü. İnce taneli breş, € Koyu renkli, orta boylu takilit çakılı ve beraberindeki karbonat çakıllar, (F) Bir takilit çakılının yakın plan görünüşü.

**Figure 4.** Field positions of the tachylite clasts which represented an impact crater. (A) General field appearance of the Late Miocene-Pliocene deposits with tachylite clasts, (B) The depression where the largest tachylite clast was excavated. It also provides a good cross-section for the sequence, (C) The largest tachylite block studied, (D) Close-up view to the block, (E) A moderate size tachylite clast associated with ordinary carbonate clasts, F A close-up view of a tachylite clast.



**Şekil 5.** Takilit çakıllarının mezoskopik görünüşleri ve doku çeşitleri. (A) Mikrobreş dokusu, (B,C) Kaba-taneli breş dokusu, (D,E) Parçalanmış çakıllar, (E) Ergimiş ve kalın bir silis tabakası ile kaplanmış çakıl, (F) Ergimiş kayaç parçası.

**Figure 5.** Mesoscopic appearances and texture types of the tachylite clasts. (A) Microbreccia texture, (B,C) Coarse-grained breccias, (D,E) Fractured clasts, (E) Melted clast which was also coated by a thick silica layer, (F) melted clast.

## BULGULAR

### Takilit çakıllarının saha dağılımı

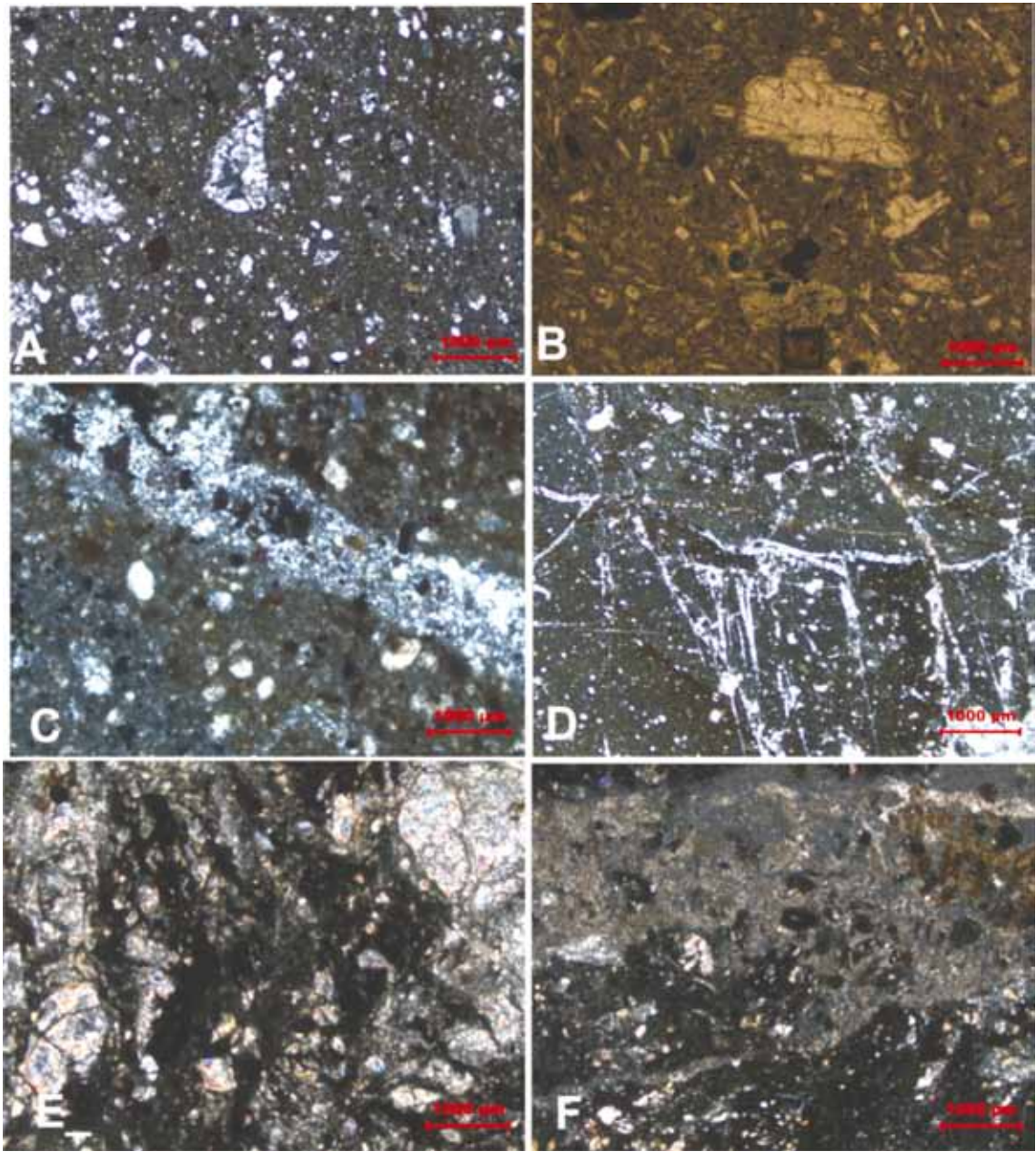
Takilit çakılları Yeniköy'ün (eski adı Çömelek) kuzeybatısında, Geç Neojen tortulları üzerinde açılmış yayvan bir vadinin yamaçlarından toplanmıştır (Şekil 3, 4A,B). Saha görünümü itibariyle, vadi çok eski olmayan bir zaman diliminde, büyük olasılıkla Geç Pleistosen-Holosen'de açılmıştır. Böylece istif erozyonla kesilmiş ve takilitlerin bulunduğu seviye yüzeye çıkmıştır (Şekil 2, 4A,B). Vadi tabanı ile çakılların bulunduğu en üst seviye arası yaklaşık 20 metredir. Üzerinde laboratuvar incelemesi yapılan iri takilitlerin saha dağılımı Şekil 3'de gösterilmiştir. İri veya ufak, takilit çakıllarının dağılımı vadi boyunca yaklaşık 2 km'lik alandadır (Şekil 3). İlginç olan husus en iri tanenin bugünkü vadinin ortalarında, bazı daha küçük tanelerin aşağısında bulunmasıdır (Şekil 3). İstifin en alt düzeylerinde takilit çakılı bulunup bulunmadığı belirlenememiştir, çünkü yüzeyleme olmadığından yeterli gözlem olanağı yoktur.

Buluntu yeri, Kırşehir masifinin yüzeylendiği Kale Tepe eteklerinde, temel kayalara yaklaşık 4 km mesafededir (Şekil 1). Buradaki vadinin eğimi güneye doğrudur ve Kızılırmak Nehri drenajının parçasıdır. Ev sahibi Geç Neojen istifinin tabakaları, güncel topografya yönünde, 12-15° lik açı ile güneye eğimlenmiştir.

### Takilit çakılların petrografik özellikleri

İncelemesi yapılan takilit veya impaktit çakıllarının ortak özellikleri çok sert oluşları, zayıf veya kuvvetli şistik doku göstermeleridir (Şekil 5, 6). Bollukları, mezoskobik ve mikroskobik özellikleri bakımından genel olarak dört grup içinde toplanabilir. En bol bulunanları (a) parlatılmış yüzeylerde ve ince kesitlerde kaba breşik dokulu görünen çakıllar olup, iri kuvars ve kuvarsit taneleri kuvarsitik bir hamur ile tutturulmuştur (Şekil 5A,B, 6C). Hepsinde tane oranı az, hamur oranı fazladır. İkinci gruptakiler (b) ince taneli, mikrobreşik dokulu çakıllardır (Şekil 5C). Breşi yapan taneler birbirine yakın boylarda, homojen içyapılıdır ve hepsi birbirine kaynaklaşmıştır. Kaynaklaşmanın zayıf olduğu yerlerde çok ince demiroksit film bulunur (Şekil 4D,F). Bulunan en iri tane (blok) bu gruptandır (Şekil 4C,D). Breşik dokulu tanelerin ana kayacı kumtaşı veya çok ince taneli konglomeradır. Metamorfik breş tanelerinde bu özellik belirgindir (Şekil 6E,F). Şoklanmış kuvars taneleri arasında matriks bulunur (Şekil 6A,C,D). Üçüncü gruptakiler (c) çeşitli çatlaklarla kesilmiş, taneli olmaktan çok makaslanmış kayaç parçalarıdır (Şekil 4F, 5D,E). Bunların fazla yuvarlaklaşmamış, köşeli taneler oluşu da dikkat çeker. Dördüncü grup taneler ise (d) bazalt görünüşlü, koyu siyah renkli, mikrokristalin dokuludur (Şekil 5A,F,G). Bazılarının dokularında akma yapısı belirgindir (Şekil 6B). Bu tür tanelerin etrafında çoğunlukla silis kabuk ve/veya silisten kılıf vardır (Şekil 5F). Bu sonuncuların saha bolluğu göreceli azdır.





**Şekil 6.** Takilit çakıllarının ince kesit görüntüleri. (A) Mikrobreşik takilit çakılının dokusu. Hamur içindeki tanelerin çoğunluğu şok kuvars parçalarıdır, (B) Ergimiş kaya takilit çakılında akma dokusu, (C) Kaba breşik takilit çakılının hamuru, (D) Parçalanmış takilit çakılında silis dolgululu şok çatlakları, (E,F) Parçalanmış çakıllarda mikrobreşik doku.

**Figure 6.** *Microtextures of tachylite clasts by thin sections in polarized light. (A) The texture of a takilite microbreccia. Grains in the silica matrix are abundantly shocked quartz, (B) Flow structure of the melted rock, (C) Matrix of coarse-grained tachylite breccia, (D) Shock cracks filled by silica of a fragmented-rock tachylite, (E,F) Microbreccia textures of fragmented-rock tachylite.*

## Jeokimyasal özellikleri

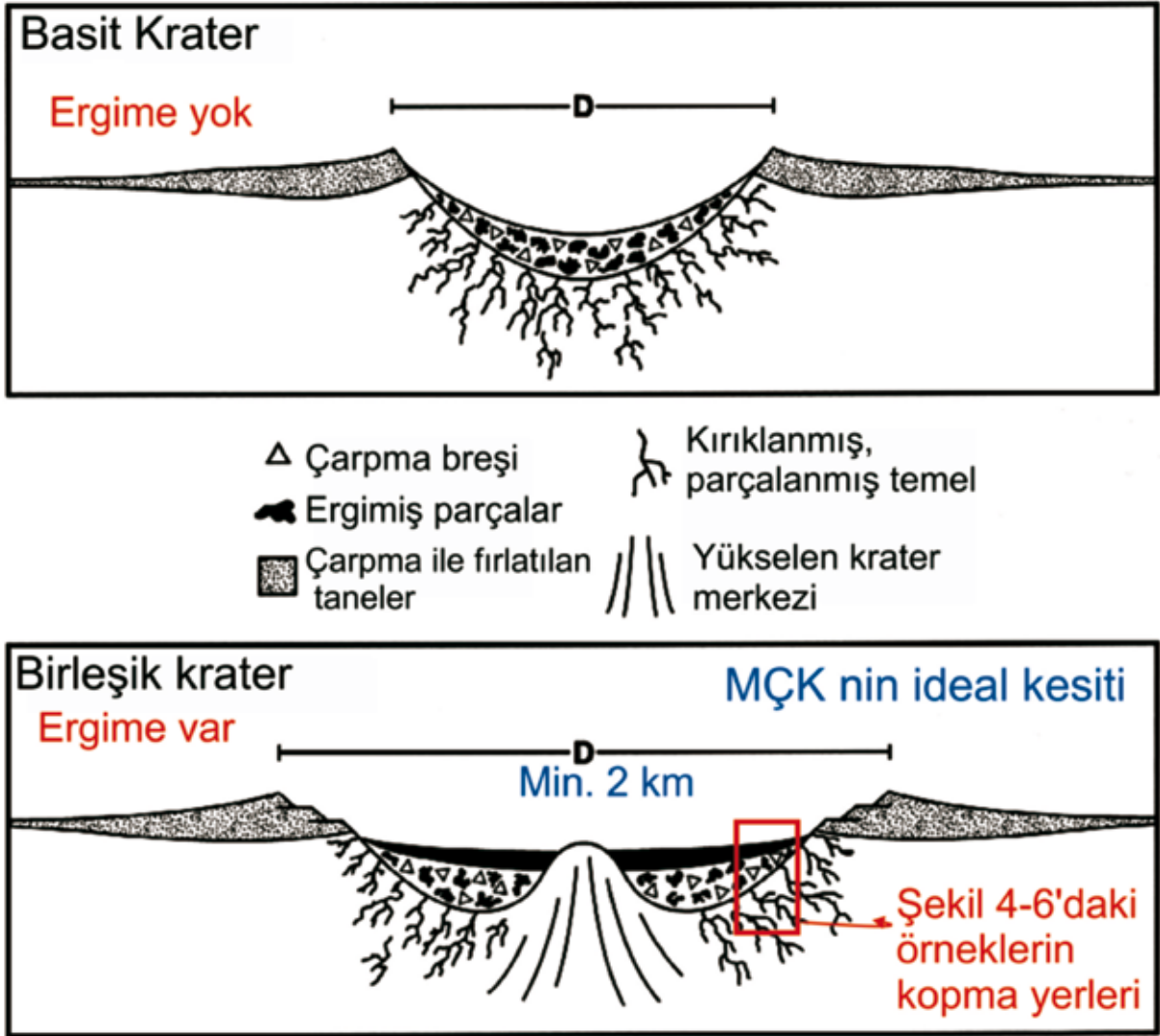
Yukarıda dokusal özellikleri tanımlanan takilit parçalarının ana ve iz element analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Dikkat çeken özellik, silis ile birlikte alüminyum, demir ve magnezyum miktarlarının yüksek oluşudur. Silisin yüksekliği, ana kayanın kumtaşı oluşu ile alakalı olabilir. Asıl ilginç olan husus, tanelerin doku türüne bağlı olmaksızın, radyoaktif elementlerle (U, Th) ağır metallerin ve As' in bütün örneklerde göreceli yüksek oranlarda bulunuşudur (Çizelge 1). Bu durum yeryüzüne çarpan cismin etkisini akla getirmektedir. Ancak bu ilişkinin doğrulanması için ileri analizlere gerek vardır.

## TARTIŞMA

Yeryüzündeki çarpma kraterleri (impact craters) çok eskiden beri bilinmekle birlikte, günümüzün hala gözde inceleme konularındandır. Çünkü, Dünya'ya uzaydan gelebilecek canlı izlerinin bulunabileceği ilk yerler buralardır (Melosh, 1989; Del Gaudio vd. 2010). Ayrıca, Ay ve Mars başta olmak üzere çeşitli uydu ve gezegenlerin üzerlerinde bolca çarpma çukurlukları vardır. Teorik olarak Dünya üzerinde de bolca çarpma krateri meydana gelmiş, ancak yeryüzü süreçleri bunların çoğunluğunu ortadan kaldırmıştır. Çarpma kraterlerinin oluşumlarını ortaya koymak için hem karşılaştırmalı hem deneysel çalışmalar sürdürülmekte, şekilleri ve ürünleri yoğun biçimde araştırılmaktadır (Dietz, 1961; Collins vd. 2011). Bu bölümde, inceleme konusu edilen çakılların daha iyi anlaşılması için, Dietz (1961) ve Melosh (1989)'a dayanarak, çarpma kraterleri hakkında özet bilgi verme gereği duyulmuştur.

Çarpma kraterleri Yer, Mars veya öteki gezegenlerin yüzeyine, sert bir gök cisminin 10

km/s' den daha yüksek hızla vurması sonucu oluşan çukurluklardır. Çukurluk, çarpan cismin büyüklüğü ve hızına göre değişik boyutlardadır (çap ve derinlik). Şekilleri çoğunlukla dairesel, yalnızca çok düşük açı ile olan çarpışmalarda oval şekilli kraterler ortaya çıkabilir (Collins vd. 2011). Büyük kütleli bir cisim (örn. asteroid) 25-75 km/s arası bir hızla yeryüzüne vurduğunda, yüksek basınçtan ileri gelen titreşimler kayalarda "şok metamorfizması" adı verilen özel bir değişim yaratmaktadır (Melosh, 1989). En önemli oluşum, yüzeyden derinlere doğru zayıflayan bu etkinin sonucu olarak, birbirine paralel seviyeler halinde, ince taneliden kabaya değişen breşleşmelerdir. Breşik kayalardaki dokular impaktit, takilit, tektit, sferulit gibi adlarla tanımlanmıştır. İri kuvars tanelerinde oluşan değişimler tipiktir (shocked quartz). Çarpan cisim ekseri toz haline gelip diğer kırıntılarla birlikte etrafa savrulur. Aynı zamanda, çarpan cismin hızından ileri gelen yüksek ısı ve çarpışma anındaki sürtünme dolayısıyla kayalarda ergime olur. Ergiyen malzeme kırıntılarla birlikte çevreye saçılır, önemli bir kısmı ise kraterin içine dökülüp katılaşır. Çarpma etkisiyle krater çevresinde halka faylar oluşur. Gözlem ve deney sonuçlarına göre, çapı derinliğinin 5-7 katı olan çarpma kraterleri "basit tip", 10-20 katı olanlar ise "birleşik tip" olarak ayrılmaktadır (Şekil 7). Birleşik tipler genellikle 2-50 km çapındadır ve asteroid çarpması ile oluşabilir. En önemli ayırıcı ergimiş kayalar ve merkezinde çarpışma sırasındaki elastik geri tepmeyi temsil eden koni oluşumudur (Şekil 7). Bu çalışmada konu edilen çeşitli breşik çakıllar (impaktit, takilit; Şekil 5,6), Geç Miyosen öncesi bir zamanda meydana gelen birleşik tip çarpma kraterinin parçalarıdır. Krater sonraki



Şekil 7. Basit ve Birleşik Tip çarpma kraterlerinin kesitleri ve inceleme örneklerinin temsil ettiği yerler (Kesitler www.wikipedia.org'dan uyarlanmıştır).

Figure 7. Idealized cross-sections of the simple and complex impact craters and sample correlation with the studied samples (figure is from www.wikipedia.org).

dönemde erozyona uğramış, parçaları Geç Miyosen-Pliyosen çökellerine karışmıştır. Vurgulamak gerekirse, bu çalışmada incelenen taneler, asteroid veya meteorit değil, çarpma kraterinin duvarının parçalanıp aşınması ile ortaya çıkan tanelerdir. Takilit benzeri oluşumlara bazı magmatik ve metamorfik kayalarda da rastlanabilmektedir. Örneğin Yozgat batoliti

içindeki “kuvars-turmaline breşleri”nde bu doku belirgindir (Demirel vd. 2009). Yüzeysel doku benzerliğine karşın, kimyasal bileşim, başta silis miktarı olmak üzere bütün ana oksitler, karşılaştırılamayacak ölçüde farklıdır. İncelediğimiz örneklerde bu değerler birkaç katı yüksektir (Tablo 1).

## 1. Çarpma kraterinin tipi ve olası boyutu

İnceleme bölgesinden toplanan impaktit çakıllarının, dokularına ve bolluklarına göre dört grup olduğu yukarıda belirtilmiştir. Bunlar ince ve kaba breşik dokulu çakıllar, çatlaklı metamorfik kayalar ve bazalt dokulu çakıllardır. İnce ve kaba breşik taneler dokuları itibarıyla tipik şok metamorfizmasının ürünleridir. Bu çakılların bazalt dokulu olanları tipik olarak ergimiş kayaları temsil eder. Ergimiş kayaların varlığı ise “birleşik tip çarpma kraterlerinin” işaretçisidir (Melosh, 1989). Çatlaklı metamorfik çakıllar ise breş ve ergimiş kayaların altında, göreceli derinlerde, çarpma tesiriyle parçalanmış kayaların ürünleridir. Özetle, Mucur yöresindeki takilit çakılları asteroid çarpması ile oluşan bir kraterin bütün bölümlerini ortaya koymaktadır (Şekil 5).

Varlığı tespit edilen kraterin “birleşik tip” sınıfına girmesi, çapının 2 km veya daha büyük olduğunu söyleme imkânı verir. Anlatım kolaylığı açısından “Mucur Çarpma Krateri- MÇK” diye adlandırılması yerinde olacaktır. MÇK birleşik tipin en küçük temsilcisi bile olsa, derinliği 200 metreyi bulacaktır. Takilit çakıllarının bulunduğu istif içindeki bolluğu %1-1,5 hesaplanmış olmakla birlikte, çakıl hacminden krater boyutu çıkarmak yanıltıcı olabilir.

## 2. Asteroid çarpma yeri ve zamanı

Takilit çakılları Geç Neojen tortulları içinden toplanmıştır. Burası Kırşehir Masifi temel kayalarına (Kale Tepe) 4 km mesafededir (Şekil 1). Sonraki tektonik tesirler ikinci plana alınırsa kaynak alana göreceli yakın bir yerdedir. Bununla birlikte, Geç Neojen istifinin çakılları çoğunlukla metamorfik olmayan kayalara aittir ve Oligosen kırıntılıları ile büyük benzerlik gösterir. Metamorfik çakıllar nispeten azdır.

Buradan hareketle, Geç Neojen istifinin büyük ölçüde Oligosen birimlerinden beslendiği, Geç Miyosen ve öncesinde bugünkü Kale Tepe metamorfiklerinin de Oligosen tortulları ile örtüldüğü söylenebilir. Takilit çakıllarının, köken olarak kırıntılı kaynak kayaları işaret etmesi ve mevcut stratigrafi, bu ilişkiyi doğrulamaktadır. Günümüzde de birçok yerde Oligosen istifi temel üzerine oturmakta, Geç Neojen tortularıyla örtülmektedir (Şekil 1, 2). Özetle, Geç Neojen istifi, KB-GD uzanışlı bugünkü Kale Tepe ve Kızıllı Dağ sırasının oluşturduğu yükseltilerin önünde, güneye ilerleyen alüvyon yelpazeleri şeklinde gelişmiştir.

Takilit çakılları, bir başka ifade ile MÇK kayaları sert olmaları yanında, demir bakımından zengin, birim ağırlığı göreceli yüksek oluşuklardır. Bir kısım tanelerin kenar ve köşeleri çok zayıf silinmiştir. İri takilit taneleri göreceli ince çakıllarla birlikte bulunmaktadır. Bütün bunlar yan yana getirildiğinde, MÇK'nin bu bölgeye çok uzak olmayan, büyük olasılıkla bugünkü Kale Dağı önünde veya üstünde, oluştuğu söylenebilir. Düşüğü dönemde buranın Oligosen çökelleri ile kaplı olduğu sanılmaktadır. Sonraki dönemde çarpma krateri parçalanmış ve alüvyon yelpaze çökellerine katılmıştır.

Mucur Kale Tepe yöresine asteroid düşmesinin zamanı kesin değildir, şimdilik yalnızca stratigrafiye dayalı yorum yapılabilmektedir. Takilit çakıllarının toplandığı yer (Şekil 1, 3) göreceli yüksek ve kaynak alana yakındır. Ayrıca bunlar Geç Neojen istifinin alt orta düzeylerindedir. İstifte metamorfik kaya çakılları yok denecek kadar azdır; yani temel, Kırşehir masifi, Geç Neojen tortularının oluşumu sırasında henüz yeterince yükselmemiş ve bunlardan kırıntılı taneler üreyememiştir. Dolayısıyla, çarpma kraterinin Kırşehir Masifini örten Oligosen

çökelleri üzerinde oluşması büyük ihtimaldir. Bu olasılığı destekleyen ikinci veri, takilit çakılların ana kayalarının çok bileşenli (kırıntılı) olmasıdır. Bunlar günümüzde Kırşehir metamorfikleri ve granitoidlerini örten Oligosen çökellerinin saha dağılımı ile de uyumludur. Çarpma kraterinin çakılları Geç Neojen istifinin alt-orta seviyelerinde bulunduğuna göre, en fazla istifli yaşıt ve daha eskidir. Hiçbir şart altında Geç Miyosen'den daha sonra olamaz. Özetle, bu büyük çarpma kraterini oluşturan asteroidin düşmesi, Oligosen-Orta Miyosen arası bir zamanda gerçekleşmiştir. Bu durum izotopik ve radyometrik tarihlendirme yöntemleri ile belirlenmeğe çalışılmaktadır.

### 3. Bilimsel ve toplumsal önemi

Çarpma kraterleri ve bunun sebebi olan göktaşı/asteroid düşmeleri sık karşılaşılan olaylar değildir, bu sebeple geçmişte olduğu gibi günümüzde de çok ilgi çekerler. Bu bakımdan, Mucur Çarpma Krateri somut olmayan “jeolojik miras” sayılabilir. Büyük çarpmalar önemli jeolojik sonuçlar doğurmuştur. Bunların en bilineni 65 milyon yıl önce Dinozorların yok oluşudur. Meteoritler ve/veya asteroidler dünyamız ile ortak geçmişe sahip gök cisimleridir ve ortak kökene ait bilgi verdiklerinden bilimsel önemleri de büyüktür (Dietz, 1961). Bunlardan başka, büyük veya küçük bütün çarpma kraterleri ayrıntılı tanıtılarak, başta jeoturizm olmak üzere çeşitli toplumsal yararlar için kullanılmaktadır (www. Wikipedia.org).

Ülkemizde güncel veya jeolojik dönemlere ait doğrulanmış büyük bir göktaşı parçası veya çarpma krateri yoktur. Bu konulardaki en eski kayıt küçük bir meteorit parçasının petrografik incelemesidir (Bayramgil, 1952). Çeşitli ihbar veya yakıştırmalar olmakta,

araştırmalar yapılmaktadır (Arpat ve Güner, 1976; Dağcı, 1997; Özel vd. 1998). Son yıllarda bu konuda ciddi çalışan kişi ve gruplar doğmuştur ve ülke genelinde envanter çalışmaları sürmektedir (Dağcı, 1997; 2005; Şengül vd. 2000; Kocahan vd. 2006). Mucur Çarpma Krateri bu konuda bir ilk somut kayıt ve kanıttır.

### SONUÇLAR

Orta Anadolu Geç Neojen çökelleri içinden toplanan sert, sık dokulu, koyu renkli çakıllar, takilit veya impaktit dokusuna sahiptir. Bunlar yeryüzüne büyük bir gök cisminin (asteroid) çarpması sonucu oluşan kraterin duvarlarından kopan parçalardır. Büyük olasılıkla Oligosen çökelleri üzerinde, Geç Miyosen öncesi zamanda oluşmuştur. Takilit parçalarına göre “birleşik tip” olan çarpma krateri en az 2 km çapında ve 200 metre derinliğindedir. Böyle bir asteroid düşmesinin bulguları korunmağa ve daha ileri düzeyde araştırılmağa değer görünmektedir.

### EXTENDED SUMMARY

*Tachylite clasts which were deposited within sediment of a late Neogene succession of central Anatolia, Turkey are introduced here as an astrobleme-related finding. Hence, they seem to be worth to conserve as geological heritage site (geosite) since they are not common in the geological records. Tachylite is a special metamorphic rock in the earth surface formed by the impact of an asteroid or meteor to the earth crust with an extremely high speed over 30 km/s. Such a heavy collision creates a ground crater of which walls are consisted of metamorphic rocks with private textures differentiated from surface to deep. Contact metamorphic and even igneous textural features can be observed within the*



*tachylite. In many cases, impact and its high energy gives rise to melting of the ground rocks. The wall rocks of an impact crater are called tachylite in order to emphasize the special metamorphism. The geological position, textural features with their physical properties of the studied rock unit led to use these samples as indicators of an impact of an asteroid to the central Anatolia prior to the late Miocene time.*

*The study has begun accidentally; upon some of local people discovered a dark coloured, very heavy, large block with 90 cm in diameter and they applied to the Ankara University for scientific description of the block. Thereafter, the fieldworks were carried out in Yeniköy area (Mucur, Kırşehir) and it was observed that similar tachylite clasts were not rare within the sedimentary sequences of late Miocene-Pliocene. The host deposits for the tachylite rock blocks are consisted of reddish conglomerate, sandstone and mudstone layers. They all form a succession with thickness of 250 m. Sedimentary facies inspire that the succession were deposited in an alluvial-fan setting. The average clast-size of the host deposits is around 3-6 cm in diameter; however 50-90 cm oversized clasts are also included. In general, tachylite clasts which form ca 5-8% of the sediment volume are coarser-grained rather than those of ordinary alluvial grains. The latter were mostly derived from limestones and to a lesser extend metamorphic rocks. All clasts, either blocks or pebbles are very well-rounded. Sorting is good to very well at individual layers, even some sequences are fining upward. It is thought that roundness of the clasts was inherited from source rocks, most probably underlying unit of Oligocene. Stratifically, the studied succession rests on a continental sedimentary unit of Oligocene (mostly conglomerates and sandstones), also covering*

*metamorphic substratum (Kırşehir masif), Cretaceous mélangé, Palaeocene volcanic rocks and Eocene marine limestones.*

*The tachylite clasts were concentrated at the middle level of the host deposits. Their main petrographic character is having a metamorphic-rock appearance, however they are varied from a microcrystalline to coarse fractured body. According to textures, tachylite clasts could be categorized in four groups, a- coarse brecciated clasts, b- microbrecciated clasts, c- heavily fractured, sheared clasts, d- basalt-like, microcrystalline clasts. Some clasts in the fourth group contain faint flow structures. Lastly, petrographic character of the clasts display clearly a detritic rock (sandstone) origin. Geochemical analyses indicate that silica, iron and magnesium are relatively rich in composition of the clasts. High silica content may be a sign of the detrital origin. Apart from this, abundance of U, Th, W, Ba and heavy metals are prominent rather than ordinary rock chemistries.*

*Knowledge from the literature, petrographic characteristics and geochemical results suggest that tachylite clasts in the late Neogene alluvial deposits had been fragments of a large, complex-type impact crater. Most probably, coarse brecciated textures represent fragments derived from outer walls, while microcrystalline texture and flow structures were representatives of inner walls of the crater. Based on volumetric abundance of tachylites in the succession, it is possible to the inferred impact crater was circular shape with minimum 2 km in dimension and 200 m depth. The time and possible results of the asteroid impact to the around Kırşehir area of central Anatolia need to further studies.*

## KATKI BELİRTME

Giriş bölümünde belirtildiği gibi, ilk incelenen örnekleri üniversiteye Haydar Erkoç getirmiş ve konunun araştırılmasını sağlamıştır. Yeniköy'den Savaş Gürsoy iri takilit blokunu araziden çıkarmış, muhafaza etmiş ve sonraki aşamalarda saha incelemelerine yardım etmiştir. Örneklerin laboratuvar incelenmesi Ankara Üniversitesi Yerbilimleri Araştırma Merkezi (YEBİM)'de gerçekleştirilmiştir. Çok sayıda ince kesitin titizlikle hazırlanmasında teknisyen Murat Yıldırım'ın, jeokimyasal analizlerde Arş. Gör. Kıymet Deniz'in önemli katkıları olmuştur. Şekillerin hazırlanmasına Arş.Gör. Zeynep Ergun ve Jemirko Öğrenci Grubu üyesi Onur Yücel yardım etmiştir. Asteroidlerin genel özellikleri hakkındaki bir kısım bilgiler Prof. Dr. Berahiddin Albayrak (Ankara Üniversitesi Astronomi Bölümü) tarafından sağlanmıştır. Yazarlar bütün katkılar için teşekkür ederler.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- AGI (American Geological Institute), 1977. Glossary of Geology. DC Washington, USA.
- Akgün, F., Olgun, E., Kuşçu, İ., Toprak, V., Göncüoğlu, M.C., 1995. Orta Anadolu Kompleksinin "Oligo-Miyosen" örtüsünün stratigrafisi, çökelme ortamı ve gerçek yaşına ilişkin yeni bulgular. Türkiye Petrol Jeologları Der. Bülteni, 6/1, 51-68.
- Arpat, E., Güner, Y., 1976. Doğu Bayezit çukuru göktaş çukuru mu? Çökme çukuru mu? Yeryuvarı ve İnsan 1, 1-3.
- Atabey, E., 1989. Kayseri H 19 paftası. 1:100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, no 18. Maden Tetkik ve Arama Yayınları, Ankara.
- Atabey, E., Tarhan, N., Yusufoglu H., Canpolat, M., 1988. Hacibektaş, Gülşehir, Kalaba (Nevşehir)-  
Himmetdede (Kayseri) arasının jeolojisi. M.T.A. Rap. 8523, (yayımlanmamış).
- Bayramgil, O., 1952. Seyhan İline düşen bir meteor hakkında rapor. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 3/2, 21-26 (Türkçe ve Almanca).
- Collins, G.S., Elbeshausen, D., Davison, T.M., Robbins, S.J., Hynek, B.M., 2011. The size-frequency distribution of elliptical impact craters. Earth and Planetary Science Letters 310, 1-8.

- Dağcı, M., 1997. Türkiye'de meteorit kraterlerinin landsat uydu görüntülerinde aranması. Yüksek Lisans tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 80 s., İzmir.
- Demirel, S., Göncüoğlu, M.C., Topuz, G., Işık, V., 2009. Geology and chemical variations in tourmaline from the quartz-tourmaline breccias within the Kerkenez granite-monzonite massif, central Anatolian crystalline complex, Turkey. The Canadian Mineralogist 47, 787-799.
- Del Gaudio, R., Geraci, G., D'Arzenia, B., 2010. Role of meteorites and torentanane rocks in prebiotic chemistry. EPSC Abstracts Vol. 5, European Planetary Science Congress, p.2, Vienna.
- Dietz, R.S., 1961. Astroblems. Scientific American 205, 50-58.
- Kara, H., Dönmez, M., 1990. 1:100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi no. 34, Kırşehir- G 17 Paftası. MTA, Yay., 17 s., Ankara.
- Karadenizli, L., 2011. Oligocene to Pliocene paleogeographic evolution of the Çankırı-Çorum Basin, central Anatolia, Turkey. Sedimentary Geology 237, 1-29.
- Kocahan, Ö., Şengül, E., özel, M.E., 2006. Türkiye'nin meteorit çarpma kraterleri envanteri çalışmaları. XV Ulusal Astronomi Kongresi (28 Ağustos-1 Eylül 2006), Bildiri Özleri Kitabı, Kültür Üniversitesi, İstanbul, s. 61-70.
- Köksal, S., Göncüoğlu, M.C., 1997. İdiş Dağı-Avanos alanının jeolojisi (Nevşehir, Orta Anadolu). Maden Tetkik ve Arama Dergisi 119, 73-87.
- MTA, 2002. 1/500 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, no 9, Kayseri Paftası. Maden Tetki ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Melosh, H.J., 1989. Impact Cratering; a Geologic Process. Oxford University Press, New York, 245 p.
- Özel, ME, Dağcı, M., Yıldırım, H., Sezer, C., 1998. "Türkiyede Göktaş Kraterleri Var mı?". Cumhuriyet Bilim Teknik, 30 Mayıs 1998, sayı 584, s. 12,13,21.
- Seymen, İ., 1981. Kaman (Kırşehir) dolayında Kırşehir masifinin stratigrafisi ve metamorfizması. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni 24, 7-14.
- Şen, Ş., Seyitoğlu, G., Karadenizli, L., Kazancı, N., Varol, B., Araz, H., 1998. Mammal biochronology of Neogene deposits and its correlation with the lithostratigraphy in Çankırı-Çorum Basin, Central Anatolia-Turkey. Eclogae Geologicae Helvetica 91, 307-320.
- Şengül, E., Kocahan, Ö., Özel, M.E., 2008. Türkiye'de meteor çarpma kraterleri ve göktaşları. TMMOB Jeofizik Müh. Odası s. 1-3.

---

Makale Geliş Tarihi : 15.05.2012

Kabul Tarihi : 14.09.2012

Received : 15.05.2012

Accepted : 14.09.2012





## Kastamonu ve Yakın Çevresi İçin Deprem Olasılığı Tahminleri *Earthquake Probability Forecasts for Kastamonu and Near Surroundings*

**Bülent ÖZMEN**

*Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi,  
Gazi Üniversitesi, 06570, Maltepe-Ankara (e-posta: bulentozmen@gazi.edu.tr)*

### **ÖZ**

Kastamonu kent merkezi son yayınlanan ve halen yürürlükte bulunan 1996 deprem bölgeleri haritasında I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Kastamonu il sınırlarının ise %46'sı I. derece, % 22'si II. derece, %24'ü III. derece ve %8'i IV. derece deprem bölgesindedir. Kent merkezinin I. derece deprem bölgesinde yer almasına rağmen bölgenin depremselliği ve deprem tehlikesi üzerine çok az sayıda çalışma yapılmıştır.

Kastamonu'nun depremselliği kent merkezini 150 km çevreleyecek şekilde çizilen bölge içine düşen, 1900-2011 yılları arasında meydana gelmiş ve magnitudü  $M \geq 4.0$  olan deprem verilerinden yararlanarak incelenmiştir. Depremlerin büyük bir çoğunluğu Kastamonu'nun güneyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu, Dodurga fayı, Eldivan – Elmadağ tektonik kaması, Merzifon fayı ve Taşova – Çorum fay zonu üzerinde meydana gelmiştir.

Çalışmanın amacı, Kastamonu kent merkezini 50, 100 ve 150 km çevreleyecek şekilde çizilen ve sismotektonik bölge olarak kabul edilen dairesel alanlarda meydana gelmiş  $M \geq 4.0$  olan deprem verilerinden yararlanarak her bölge için Gutenberg – Richter magnitud – frekans bağıntısındaki a ve b parametrelerini bulmak, bu parametrelerden yararlanarak ve Poisson modelini kullanarak farklı büyüklükteki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve bunların dönüş periyotlarını tahmin etmektir.

Her bölgenin deprem oluşma olasılıkları 10, 20, 30, 40, 50, 75 ve 100 yıl ve büyüklüğü 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0 ve 7.5 olan depremler için hesaplanmıştır. Bu çalışma ile 150 km yarıçaplı bir bölge içinde büyüklüğü  $M \geq 7.5$  olan bir depremin 100 yıl içinde gerçekleşme olasılığı % 75 olarak bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Depremsellik, Kastamonu, magnitud-frekans ilişkisi, Poisson yöntemi

### **ABSTRACT**

*Kastamonu city center falls into the first degree earthquake zone in the latest map of 1996 which is still in force. 46 percent of the surface area of Kastamonu province is in the first degree hazard zone, 22 percent in the second degree hazard zone, 24 percent in the third degree hazard zone and 8 percent in the fourth degree hazard zone. Although the city center is located the first degree hazard zone, there are very few studies on seismicity and seismic hazard for this region.*

*The seismicity of Kastamonu has been investigated by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater that occurred in a region with a 150-km radius for the time interval 1900-2011. Epicenters of earthquakes were relocated to make a correlation with the active faults and to determine the seismic activity in the region. The earthquakes are particularly concentrated on the active tectonic lines such as the North Anatolian Fault Zone, the Dodurga fault, the Eldivan – Elmadağ tektonic junction, the Merzifon fault and the Taşova – Çorum fault zone.*

*The aim of this study is to predict probability of earthquake occurrences and return periods for Kastamonu and near surroundings by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater ( $M \geq 4.0$ ) that occurred in regions with 50, 100 and 150 km radius for the time interval 1900 – 2011. Hence a statistical aspect based on Poisson model and a classical linear magnitude-frequency relation of Gutenberg-Richter were used for each region.*

*The earthquake occurrence probabilities for investigated area were calculated for some periods of  $T = 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100$  years and for magnitudes of  $M = 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5$ . Within a radius 150 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.5 or greater in 100 years were calculated as 75 percent.*

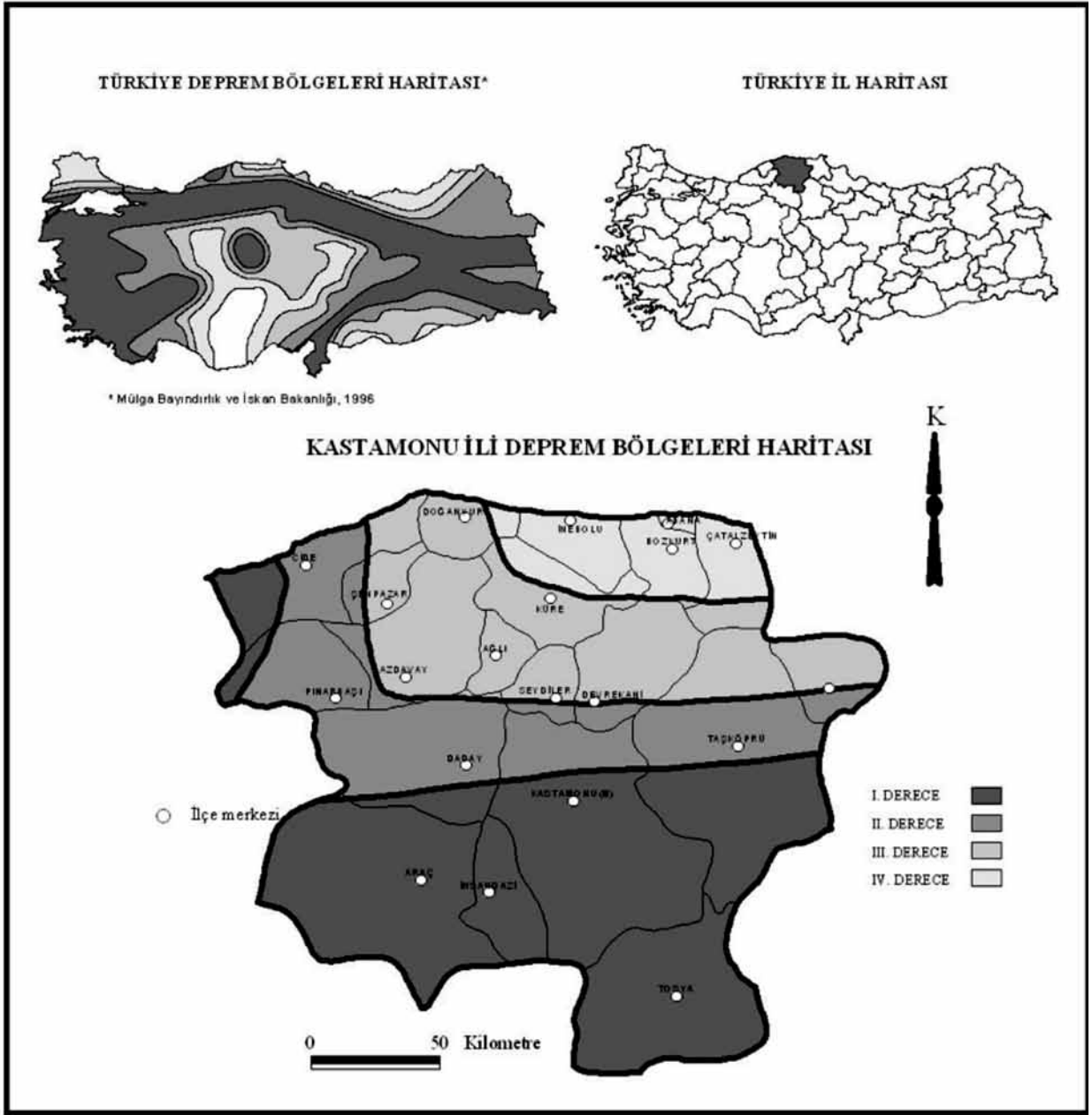
**Keywords:** *Seismicity, Kastamonu, magnitude-frequency relation, Poisson method*

## GİRİŞ

Türkiye'nin kuzeyinde Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Kastamonu ilinin doğusunda Sinop, batısında Bartın ve Karabük, güneyinde Çankırı ve güney-doğusunda Çorum ili yer alır. Türkiye İstatistik Kurumu adrese dayalı nüfus sayımına (2011) göre Kastamonu il sınırları içinde 359 bin 759 kişi yaşamaktadır. 13108 km<sup>2</sup> alan üzerinde yer alan Kastamonu Türkiye topraklarının %1.7'sini oluşturmaktadır. Kastamonu kent merkezi Mülga Bayındırlık ve İskân Bakanlığı tarafından 1996 yılında yayımlanan, bakanlar kurulu kararı ile yürürlüğe giren ve halen geçerli bulunan resmi deprem bölgeleri haritasına göre I. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yani 50 yılda %90 ihtimalle aşılmayacak yer ivmesi 0.4 g dir. Kastamonu il sınırlarının ise %46'sı I. derece, %22'si II. derece, %24'ü III. derece ve %8'i IV. derece deprem bölgesinde bulunmaktadır (Şekil 1). Geçmiş tarihli 1945, 1947, 1963 ve 1972 tarihli resmi deprem bölgeleri haritalarında

ise Kastamonu merkez ilçesi sırasıyla tehlikeli, II. derece, II. derece ve III. derece deprem bölgesinde gösterilmiştir.

Kastamonu birinci derece deprem bölgesinde yer almasına rağmen ilin deprenselliği ve deprem tehlikesine yönelik çok az çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sırası ile AİGM (2001), Özmen (2001) ve Dirik (2004) tarafından yapılmıştır. AİGM (2001) ve Özmen (2001) tarafından yapılan çalışmalarda bölgenin deprenselliği detaylı bir şekilde incelenmiş ve deterministik yöntem kullanılarak hesaplanmış şiddet ve ivme değerlerinden yararlanarak ilin deprem tehlike haritaları hazırlanmıştır. Dirik (2004) tarafından yapılan çalışmada ise bölgede hasara neden olmuş depremler hakkında bilgiler verilmiş ve bölgenin önemli bir deprem riski altında olduğu vurgulanmıştır. Dünyanın ve Türkiye'nin en aktif faylarından biri olan Kuzey Anadolu Fay zonu şehir merkezinin 35 km



Şekil 1. Kastamonu ilinin deprem bölgeleri haritası.

Figure 1. Earthquake zoning map of Kastamonu province.

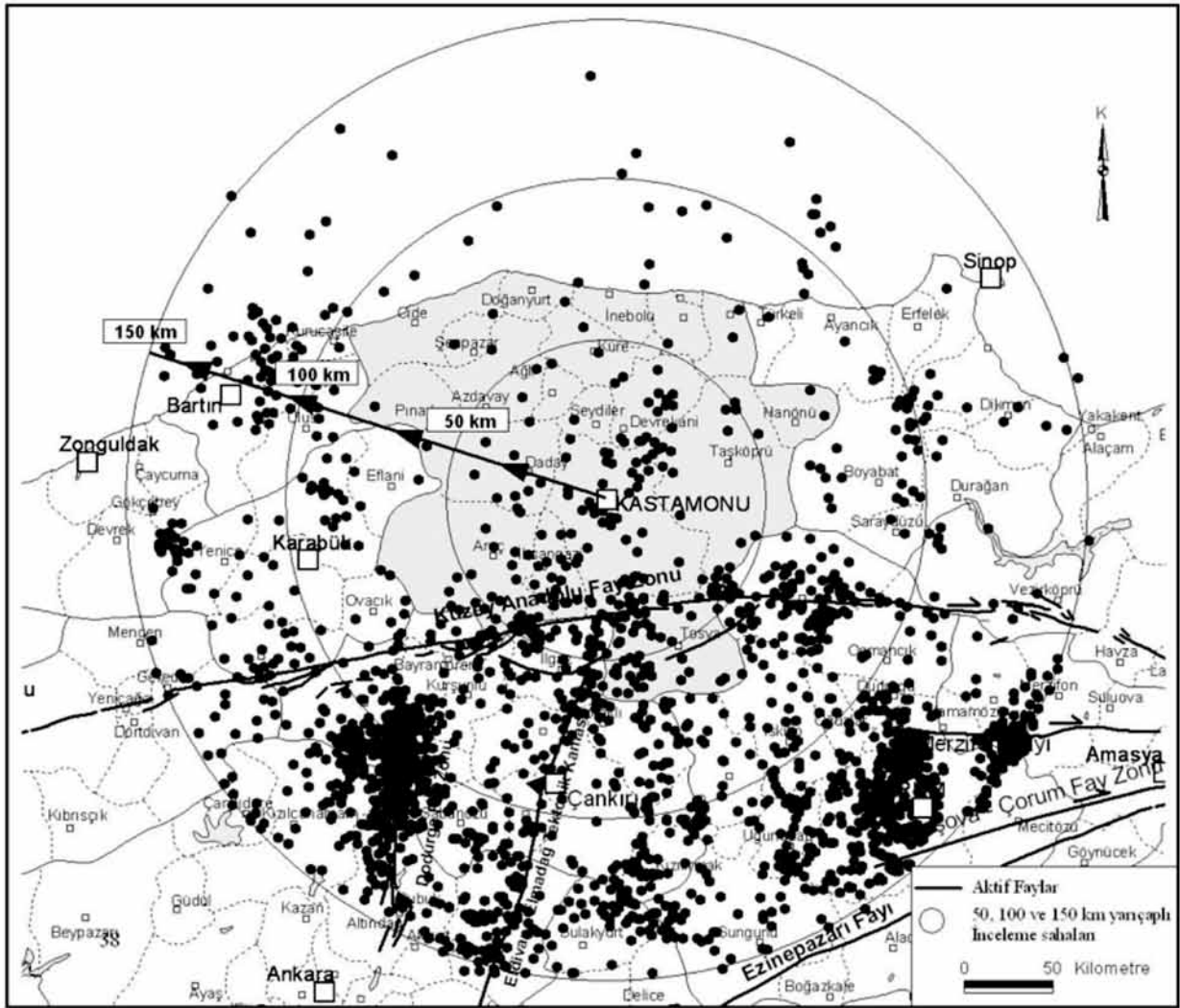
güneyinden geçmekte ve Kastamonu için önemli bir tehdit kaynağı oluşturmaktadır. Nitekim bu fay üzerinde meydana gelen 26 Kasım 1943 tarihli Tosya-Ladik depreminden önemli derecede etkilenmiştir.

Bu çalışmada, Kastamonu kent merkezini 50, 100 ve 150 km yarıçaplarında çevreleyecek şekilde çizilen ve sismotektonik bölge olarak kabul edilen dairesel alanlarda meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 4.0$  olan depremlerin katalog

verilerinden yararlanarak her bölge için Gutenberg – Richter magnitüd – frekans bağıntısındaki a ve b parametreleri bulunacak ve bu parametrelerden yararlanarak ve Poisson yöntemi kullanılarak her sismotektonik bölge için değişik büyüklüklerdeki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve bunların dönüş periyotları hesaplanacaktır.

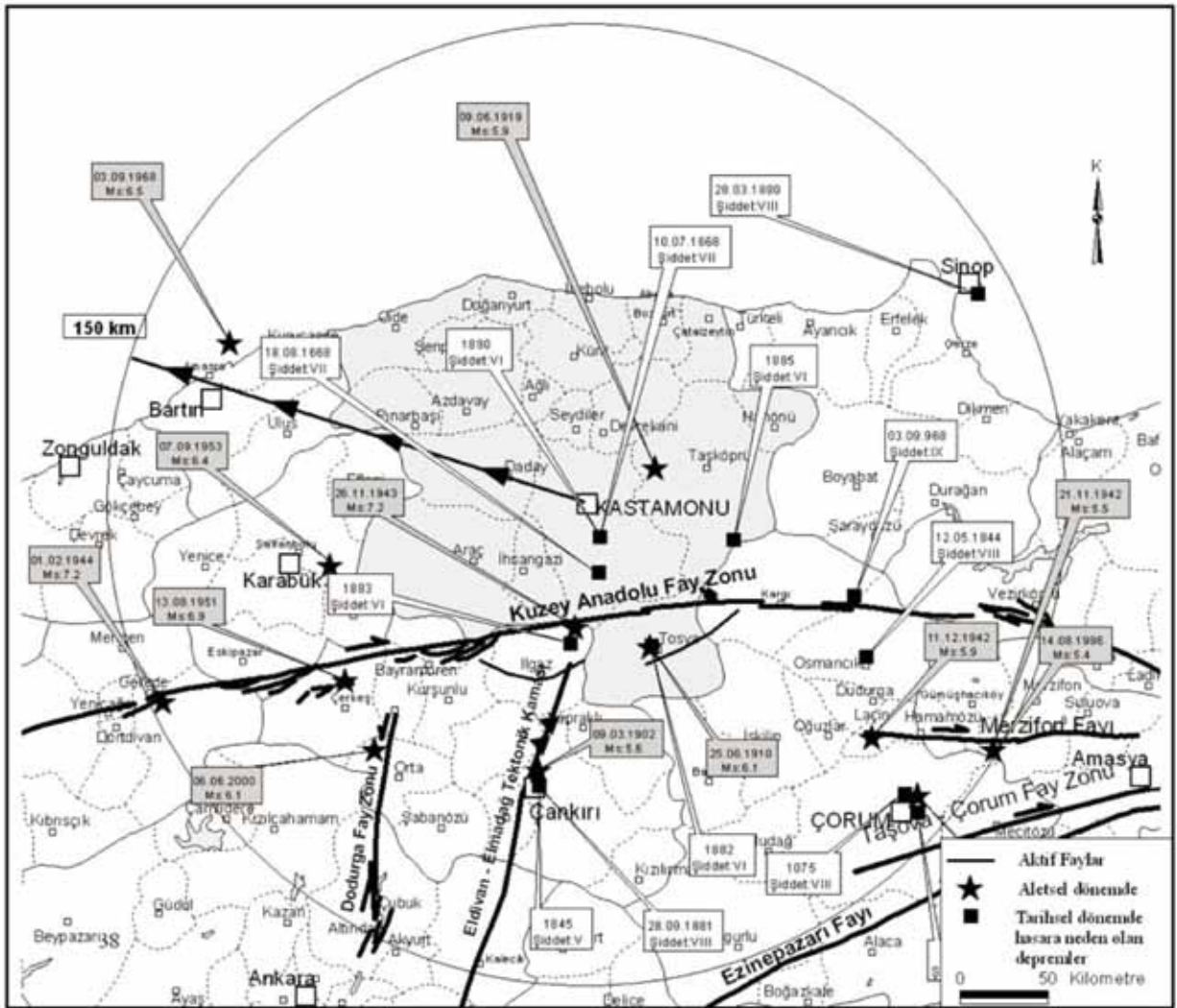
## BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI ve DEPREM ETKİNLİĞİ

Kastamonu ve yakın civarının deprem etkinliği kent merkezini 150 km çevreleyecek şekilde çizilen dairesel alan içine düşen ve 1900 - 2011 yılları arasında meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 2$  olan deprem verilerinden yararlanarak belirlenmiştir (Şekil 2). Depremler, deprem



Şekil 2. Bölgede meydana gelmiş depremlerin dağılımı.

Figure 2. Spatial distribution of earthquakes in the region.



Şekil 3. Bölgede tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelmiş ve hasara neden olmuş depremlerin dağılımı.

Figure 3. Spatial distribution of historical and instrumental earthquakes which have caused damage in the region.

verileri bölümünde detayları verilen deprem kataloglarından alınmıştır. Şekil 2 ve Şekil 3'deki aktif faylar ise Şaroğlu vd., (1992), Bozkurt (2001), Seyitoğlu (2007) ve Koçyiğit (2008) den derlenmiştir.

Depremlerin büyük bir çoğunluğunun Kastamonu'nun güneyinde Kuzey Anadolu Fay Zonu, Dodurga fayı, Eldivan – Elmadağ tektonik

kaması, Merzifon fayı ve Taşova – Çorum fay zonu üzerinde meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca Kastamonu'nun Kuzey-batısında Bartın civarında da bir yoğunlaşma olduğu görülmektedir.

Kastamonu ve yakın civarında aletsel dönemde (1900 – 2012); 9 Mart 1902 tarihinde Çankırı depremi (Ms:5.6, Io:IX), 25 Haziran 1910 tarihinde Tosya depremi (Ms:6.1, Io=VII),



9 Haziran 1919 tarihinde Almus (Tokat) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 21 Kasım 1942 tarihinde Osmancık depremi (Ms:5.5, Io=VIII), 2 Aralık 1942 tarihinde Osmancık (Çorum) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 11 Aralık 1942 tarihinde Hamamözü (Çorum) depremi (Ms:5.9, Io=VIII), 26 Kasım 1943 tarihinde Tosya – Ladik depremi (Ms:7.2, Io=X), 1 Şubat 1944 tarihinde Gerede depremi (Ms:7.2, Io=IX), 13 Ağustos 1951 tarihinde Ilgaz-Kurşunlu depremi (Ms:6.9, Io=IX), 7 Eylül 1953 tarihinde Çerkeş depremi (Ms:6.4, Io=VIII), 3 Eylül 1968 Amasra-Bartın depremi (Ms:6.5, Io=VIII), 14 Ağustos 1996 Çorum-Amasya depremi (Ms:5.4, Io=VI) ve 6 Haziran 2000 Dodurga (Çankırı) depremi (Ms:6.1, Io=VII) olmak üzere onüç deprem meydana gelmiştir (Şekil 3). Bu depremlerden Kastamonu’yu en fazla etkileyen Tosya – Ladik (1943) depremi hakkında detay bilgileri aşağıdaki gibidir.

**26 Kasım 1943 Tosya – Ladik Depremi:**  
26 Kasım 1943 tarihinde meydana gelmiş olup maksimum şiddeti Io:X, magnitudü Ms:7.2, derinliği 10 km, episantırı 41°.05’K, 33°.72’D olarak saptanmıştır. Kastamonu’nun merkez ilçesi bu depremden VIII şiddetinde etkilenmiştir. Pınar ve Lahn (1952), bu depremin Anadolu’nun çok büyük kısmında hissedildiğini, Doğuda Taşova’dan, batıda Ilgaz’a kadar uzanan ve takriben 45000 km<sup>2</sup> yi kapsayan bir bölge içinde kasaba ve köylerdeki evlerin %75’inin (ortalama olarak 40000 ev) tümüyle yıkılmış ya da ağır hasara uğramış olduklarını belirtmiştir. Sayısı tam olarak belirlenememiş olmakla birlikte 4000 kişinin öldüğü, 5000 kişinin de yaralandığı belirtilmiştir. Doğuda Destek boğazı ile batıda Kurşunlu bölgesi arasında 250 km uzunluğunda yeni bir kırığın oluşmasına neden olmuştur.

Tarihsel dönemde (M.Ö.2100 – M.S.1900 yılları arasında) ise değişik şiddetlerde 13 tane hasar yapan deprem meydana gelmiştir (Şekil

3). Bu depremlere ait bulgular Soysal vd., (1981) den yararlanarak tarih sırasına göre Çizelge 1’de sunulmuştur.

### DEPREM OLASILIĞI

Olasılık tahminlerinde en yaygın olarak Poisson yöntemi kullanılır. Bu yöntem deprem oluşumlarının hafızasız olduğunu ve bir kaynak bölgesi içinde depremlerin gerek konum ve gerekse zaman açısından birbirinden bağımsız olarak meydana geldiğini kabul eder.

Deprem oluşma olasılıklarının hesaplanmasında ilk aşama, sismotektonik bölgeler içinde geçmişte meydana gelmiş depremlerin magnitudlerine göre dağılımlarının bulunması bölgenin depremselliğini yansıtan parametrelerin hesaplanmasıdır. Bu yaklaşımda deprem magnitudlerine göre ortalama dönüş periyotları ve seçilen bir zaman süresi içinde olma olasılıkları bulunabilir. Poisson yönteminin kullanıldığı durumlarda, deprem oluşumları bağımsız kabul edildiği için, deprem kataloglarının artçı ve öncü depremlerden arındırılması gerekir.

### Deprem verileri

Farklı büyüklükteki depremlerin meydana gelme olasılıklarını belirleyebilmek için Ergin vd., (1967, 1971), Öcal, (1968a, b), Alsan vd., (1975), Pınar ve Lahn (1952, 2001), Gencoğlu ve Tabban, (1986), Gencoğlu vd., (1990), Kalafat vd., (2011), Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi (2012) ve Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (2012) tarafından hazırlanmış olan 11 ayrı katalogdan yararlanılmıştır. Birçok katalogun detaylı bir şekilde incelenmesi, deprem verilerinin karşılaştırılması, birbirlerindeki

**Çizelge 1.** Tarihsel dönemde (M.Ö.2100 – M.S.1900) meydana gelmiş depremler.

**Table 1.** Earthquakes which have occurred in historical period (B.C.2100 – 1900).

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Açıklama
03.09.968	41.15	34.75	IX	Saat 2’de meydana gelen deprem Kastamonu, Çorum ve Amasya civarında hasara neden olmuştur.
1075	40.60	34.95	VIII	Sabah saatlerinde meydana gelen deprem Çorum ve civarında hasara neden olmuştur.
1509	40.55	35.00	VIII	Çorum’da hasara neden olmuştur
10.07.1668	41.30	33.80	VII	Kastamonu ve Bolu’da hasara neden olmuştur.
18.08.1668	41.20	33.80	VII	
12.05.1844	40.98	34.80	VIII	Osmancık, Çorum ve Ankara’da hasara neden olmuştur. Deprem nedeniyle 200 kişi yaşamını yitirmiştir.
1845	40.60	33.60	V	Çankırı civarında etkili olmuştur.
28.03.1880	42.00	35.20	VIII	
28.09.1881	40.60	33.60	VIII	Çankırı civarında hasara neden olmuştur. Depremin büyüklüğünün 6.1 olduğu ve 12 kişinin yaşamını yitirdiği belirtilmiştir.
1882	41.00	34.00	VI	Tosya, Kastamonu, İskilip ve Çankırı’da hasara neden olmuştur.
1883	41.00	33.70	VI	Kastamonu ve Çankırı’da hasara neden olmuştur.
1885	41.30	34.30	VI	Sinop, İnebolu, Taşköprü, Tosya, Çankırı ve İskilip’te hasara neden olmuştur.
1890	41.30	33.80	VI	Kastamonu ve civarında hasara neden olmuştur.

eksiklikleri giderecek şekilde revize edilmesi gibi çalışmalar yapılarak inceleme bölgesi için mümkün olabilecek en kapsamlı ve en doğru deprem veri tabanı elde edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada kataloglardaki magnitüd değerleri olduğu gibi alınmış, sadece şiddet değeri ( $I_0$ ) verilen depremlerin magnitüdü  $M = 0.592 I_0 + 1.63$  (İpek vd., 1965) bağıntısı kullanılarak hesaplanmıştır. Katalogda yeknesaklık sağlamak için farklı büyüklük ölçeğindeki depremler  $M_w = 0.6798M_s + 2.0402$  (Ulusay vd., 2004);  $M_s = 1.55M_b - 2.49$  (Alsan vd., 1975);  $M_s =$

$0.938M_L + 0.181$  (Sipahioğlu, 1984) ilişkileri kullanılarak yüzey dalgası ( $M_s$ ) büyüklüğüne dönüştürülmüştür.

Poisson yönteminin bağımsızlık koşulunun sağlanması için öncü ve artçı depremlerin katalogdan ayıklanması gerekmektedir. 5.5 ve daha büyük depremlerin öncü ve artçı şoklarının olabileceği varsayılarak ve aktif fay haritalarından yararlanarak ana şoktan altı ay önce ve sonra fay doğrultusu boyunca meydana gelmiş depremler öncü ve/veya artçı şok kabul edilerek ayıklanmıştır.

### Magnitüd – Frekans İlişkisi

Deprem istatistiğinin temel bağıntısı olan ve Gutenberg-Richter tarafından geliştirilmiş olan deprem magnitüdü  $M$ 'yi, bir yıldaki tüm depremlerin adedi  $N$ 'ye bağlayan aşağıdaki bağıntı depremsellik ve deprem magnitüdülerinin olasılık dağılımlarını belirlemek için kullanılmaktadır (Gutenberg ve Richter, 1956).

$$\text{Log}N = a - bM$$

Bu bağıntıdaki  $a$  ve  $b$  parametreleri, her bölgenin birbirinden farklı tektonik özellikler göstermesi nedeniyle farklı değerler almaktadır. İncelenilen bölgenin büyüklüğüne, gözlem süresine ve gözlem süresindeki deprem etkinliğine

bağlı olan  $a$  parametresi “*Ortalama Yıllık Sismik Aktivite İndeksi*”, incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine göre farklılık gösteren  $b$  parametresi ise “*Sismotektonik Parametre*” olarak tanımlanmaktadır (Gutenberg ve Richter, 1956; Tabban ve Gencoğlu, 1975). Yapılan incelemelerle büyük  $b$  değerinin zayıf bir gerilim düşmesini, küçük  $b$  değerinin ise büyük bir gerilim düşmesini gösterdiği saptanmıştır.

Magnitüd – Frekans ilişkisi, Kastamonu kenti merkez olmak üzere çizilen 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler içinde meydana gelmiş magnitüdü  $M \geq 4.0$  olan ve öncü-artçı depremlerden ayıklanarak hazırlanmış deprem

**Çizelge 2.** 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölge içinde 0.5 birim magnitüd aralıkları ile sıralanan depremlerin  $\text{Log}N$ , normal ve yığınsal deprem sayısı (frekans) değerleri.

**Table 2.** Normal and cumulative frequency values and  $\text{Log}N$  with the 0.5 magnitude increment of earthquakes that occurred in a region with 50, 100 and 150 km radius.

50 km yarıçaplı bölge için					
$M=0.5$	Ortalama Aralık	Frekans	$\text{Log}N$	Yığınsal Frekans	$\text{Log}N$
4.0-4.5	4.2	7	0.8451	37	1.5682
4.5-5.0	4.7	12	1.07918	30	1.47712
5.0-5.5	5.2	12	1.07918	18	1.25527
5.5-6.0	5.7	5	0.69897	6	0.77815
6.0-6.5	6.2	0	0	1	0
6.5-7.0	6.7	0	0	1	0
7.0-7.5	7.2	1	0	1	0
100 km yarıçaplı bölge için					
$M=0.5$	Ortalama Aralık	Frekans	$\text{Log}N$	Yığınsal Frekans	$\text{Log}N$
4.0-4.5	4.2	23	1.36173	95	1.97772
4.5-5.0	4.7	33	1.51851	72	1.85733
5.0-5.5	5.2	22	1.34242	39	1.59106
5.5-6.0	5.7	10	1	17	1.23045
6.0-6.5	6.2	3	0.47712	7	0.8451
6.5-7.0	6.7	1	0	4	0.60206
7.0-7.5	7.2	3	0.47712	3	0.47712

150 km yarıçaplı bölge için					
M=0.5	Ortalama Aralık	Frekans	LogN	Yığımsal Frekans	LogN
4.0-4.5	4.2	46	1.66276	145	2.16137
4.5-5.0	4.7	44	1.64345	99	1.99564
5.0-5.5	5.2	28	1.44716	55	1.74036
5.5-6.0	5.7	18	1.25527	27	1.43136
6.0-6.5	6.2	4	0.60206	9	0.95424
6.5-7.0	6.7	2	0.30103	5	0.69897
7.0-7.5	7.2	3	0.47712	3	0.47712

katalogu kullanılarak bulunmuştur. Deprem magnitüdüleri 0.5 birim aralık içeren sınıflara ayrılarak her bir aralığa karşılık gelen normal ve yığımsal frekanslar, LogN değerleri belirlenmiştir (Çizelge 2).

En Küçük Kareler yöntemi kullanılarak M - LogN eğrilerinden her bölge için  $\text{LogN} = a - bM$  bağıntısındaki a ve b parametreleri bulunmuştur (Şekil 4).

Magnitüd – Frekans ilişkisi 50, 100 ve 150 km lik bölgeler için sırasıyla  $\text{LogN} = 4.3549 - 0.6367M$ ,  $\text{LogN} = 4.3846 - 0.5542M$  ve  $\text{LogN} = 4.7844 - 0.6023M$  olarak bulunmuştur. Küçük b katsayısı, bölgede sismik faaliyetin yüksek olduğunu, gerilimin sürekli olarak boşaldığını göstermektedir.

### Depremlerin Meydana Gelme Olasılıkları

İnceleme bölgesi için elde edilen Magnitüd - Frekans ilişkisi kullanılarak depremlerin gelecekte beklenen oluşumları, diğer bir deyişle deprem tehlikesinin belirlenmesine yönelik hesaplamalar, olasılık yöntemleriyle yapılabilmektedir.

Magnitüdüleri verilen bir  $M_1$  değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama oluş sayıları, sismik risk değerleri ve dönüş periyotları aşağıdaki bağıntılar yardımıyla

hesaplanır (Gutenberg ve Richter, 1944; Gencoğlu, 1972; Tuksal, 1976; Alptekin, 1978; Sayıl ve Osmaşahin, 2008).

$$n(M) = 10^{a_1 - bM}$$

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T}$$

$$Q = 1/n(M)$$

n(M): Yıllık ortalama oluş sayısı

M: Büyüklük

R(M): Yıllık risk

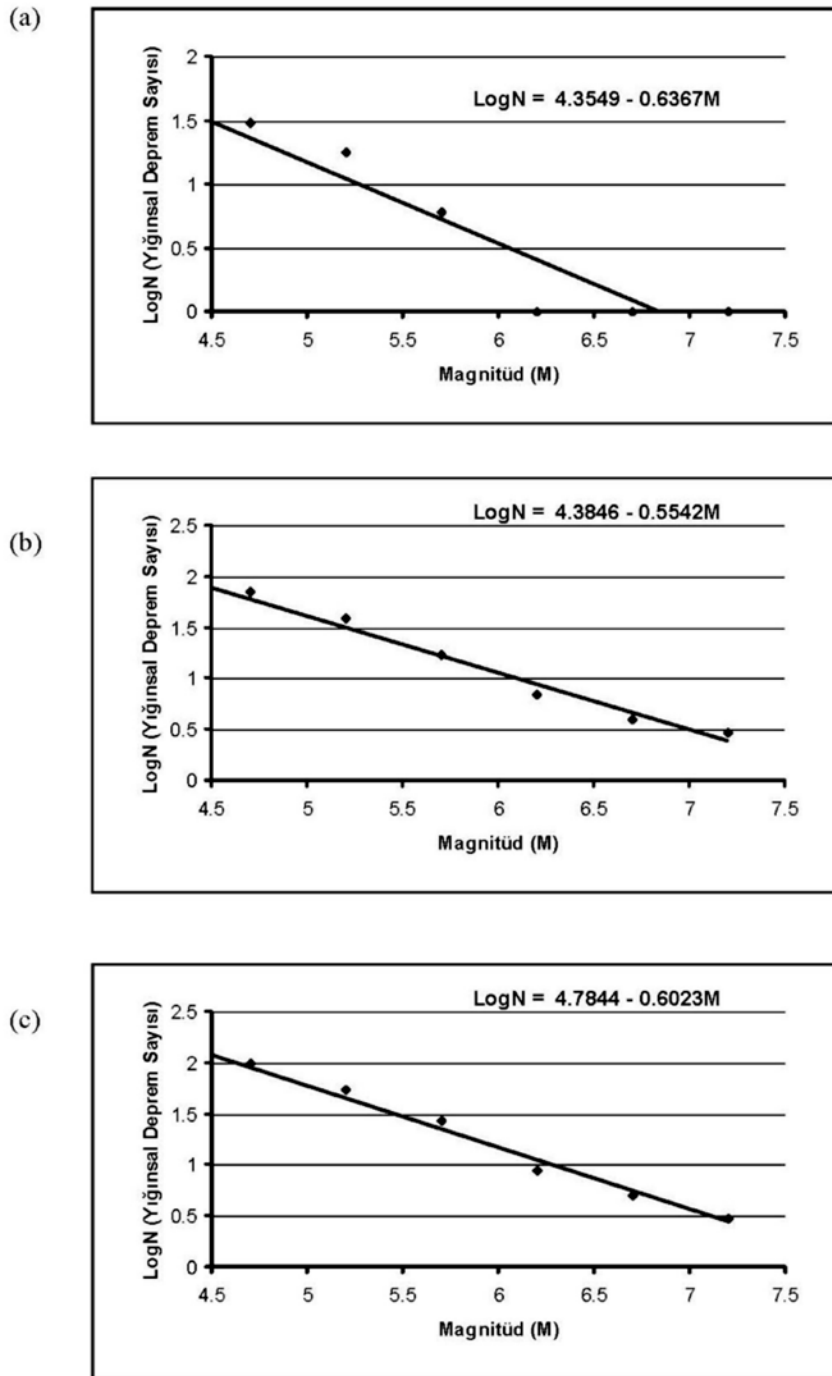
T: Süre (Yıl)

Q: Dönüş periyodu

Kastamonu için yukarıda verilmiş olan bağıntılardan yararlanarak 50, 100 ve 150 km yarıçaplı dairesel alanlar için farklı magnitüdeki depremlerin meydana gelme olasılıkları ve dönüş periyotları hesaplanarak Çizelge 3’de gösterilmiştir.

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Deprem istatistiğinin temel bağıntısı olan ve magnitüdü bir yıldaki tüm depremlerin adedi N’ye bağlayan magnitüd-frekans ilişkisinden “a” parametresi ve incelenilen bölgenin tektonik özelliklerine bağlı olarak farklılıklar gösteren



**Şekil 4.** Magnitüd-frekans ilişkisi: a) 50 km yarıçaplı bölge için, b) 100 km yarıçaplı bölge için, c) 150 km yarıçaplı bölge için.

**Figure 4.** Magnitude-frequency relations: a) for a region with 50 km radius, b) for a region with 100 km radius, c) for a region with 150 km radius.

**Çizelge 3.** 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölge için farklı magnitüdeki depremlerin olma olasılıkları ve yıllara göre dönüş periyotları.

**Table 3.** The probability of occurrence of earthquakes in different magnitude and return periods for a region with 50, 100 and 150 km radius.

50 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.1043	10%	65%	88%	96%	98%	99%	100%	100%	9.6
5,5	0.0501	5%	39%	63%	78%	87%	92%	98%	99%	19.9
6.0	0.0241	2%	21%	38%	51%	62%	70%	84%	91%	41.5
6.5	0.0116	1%	11%	21%	29%	37%	44%	58%	69%	86.4
7.0	0.0056	1%	5%	11%	15%	20%	24%	34%	43%	179.9
7.5	0.0027	0%	3%	5%	8%	10%	13%	18%	23%	374.3
100 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.3319	28%	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	3.0
5,5	0.1753	16%	83%	97%	99%	100%	100%	100%	100%	5.7
6.0	0.0926	9%	60%	84%	94%	98%	99%	100%	100%	10.8
6.5	0.0489	5%	39%	62%	77%	86%	91%	97%	99%	20.4
7.0	0.0259	3%	23%	40%	54%	64%	73%	86%	92%	38.7
7.5	0.0137	1%	13%	24%	34%	42%	49%	64%	74%	73.2
150 km yarıçaplı bölge için										
M	n(M)	1 yıl	10 yıl	20 yıl	30 yıl	40 yıl	50 yıl	75 yıl	100 yıl	Dönüş Periyodu (yıl)
5.0	0.4407	36%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	2.3
5,5	0.2203	20%	89%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	4.5
6.0	0.1101	10%	67%	89%	96%	99%	100%	100%	100%	9.1
6.5	0.0550	5%	42%	67%	81%	89%	94%	98%	100%	18.2
7.0	0.0275	3%	24%	42%	56%	67%	75%	87%	94%	36.3
7.5	0.0138	1%	13%	24%	34%	42%	50%	64%	75%	72.7

“b” parametresi 50, 100 ve 150 km yarıçaplı bölgeler için hesaplanmış ve “a” parametresinin 4.3549 – 4.7844 arasında, “b” parametresinin ise 0.5542 – 0.6367 arasında değiştiği saptanmıştır. Büyük “b” değeri enerji birikimini, küçük “b” değeri ise büyük enerji boşalımını göstermektedir. Bölgenin sismik özelliklerini karakterize eden

ve deprem tehlike analizlerinde önemli bir girdi olarak kullanılan bu parametreler mümkün olan en doğru ve en eksiksiz deprem verisi kullanılarak belirlenmelidir.

50 km yarıçaplı bölge için Magnitüd – frekans ilişkisi,  $\text{Log}N = 4,3549 - 0.6367M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl



içerisinde 6.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %91, dönüş periyodu ise 41.5 yıl olarak hesaplanmıştır.

100 km yarıçaplı bölge için Magnitüd – frekans ilişkisi,  $\text{LogN} = 4,3846 - 0.5542M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl içerisinde 7.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %92, dönüş periyodu ise 39 yıl olarak hesaplanmıştır.

150 km yarıçaplı bölge için Magnitüd – frekans ilişkisi,  $\text{LogN} = 4,7844 - 0.6023M$  olarak bulunmuştur. Bu bölge için gelecek 100 yıl içerisinde 7.0 büyüklüğünde bir depremin olma olasılığı %94, dönüş periyodu ise 36 yıl olarak hesaplanmıştır.

Kastamonu ili Türkiye'nin birçok yeri gibi yüksek deprem tehlikesi altındadır. Kastamonu ili ve yakın civarında tarihsel ve aletsel dönemde hasara neden olan bir çok deprem meydana gelmiştir. Yapılan hesaplamalar bölgede hasara neden olabilecek depremlerin meydana gelme olasılıklarının çok yüksek olduğunu göstermektedir. Bölgenin tektonik özelliklerini, aktif faylarını, deprem tehlikesi ve riskini belirlemeye yönelik çalışmalar sürekli yapılmalı ve elde edilen sonuçlar zaman geçirmeden uygulamaya aktarılmalıdır.

Özellikle büyük kısmı zayıf zemin üzerinde yer alan Kastamonu şehir merkezinde jeolojik özellikler, zemin büyütmesi faktörleri ve bölgenin deprem tehlikesi zemin etüdlerinde ve planlamaya esas çalışmalarda dikkate alınmalıdır.

## KATKI BELİRTME

Yazar, bu makaleyi inceleyerek bilimsel ve teknik katkılarda bulunan Yrd. Doç. Dr. Bülent

KAYPAK'a yapmış olduğu katkılardan dolayı teşekkür eder.

## EXTENDED SUMMARY

*Kastamonu city center falls into the first degree earthquake zone in the latest map of 1996 which is still in force. 46 percent of the surface area of Kastamonu province is in the first degree hazard zone, 22 percent in the second degree hazard zone, 24 percent in the third degree hazard zone and 8 percent in the fourth degree hazard zone. Although the city center is located in the first degree earthquake hazard zone, there are very few studies on seismicity and seismic hazard for this region.*

*The seismicity of Kastamonu has been investigated by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater that occurred in a region with a 150-km radius for the time interval 1900-2011. Epicenters of earthquakes were relocated to make a correlation with the active faults and to determine the seismic activity in the region. The earthquakes are particularly concentrated on the active tectonic lines such as the North Anatolian Fault Zone, the Dodurga fault, the Eldivan – Elmadağ tektonic junction, the Merzifon fault and the Taşova – Çorum fault zone.*

*The aim of this study is to predict probability of earthquake occurrences and return periods for Kastamonu and near surroundings by using the earthquakes with a magnitude of 4.0 or greater ( $M \geq 4.0$ ) occurred in regions with 50, 100 and 150 km radius for the time interval 1900 – 2011. Hence a statistical aspect based on Poisson model and a classical linear magnitude-frequency relation of Gutenberg-Richter were used for each region.*

Gutenberg – Richter (1956) developed an empirical formula relating the magnitude  $M$  with corresponding frequency  $N$ , as follows:  $\text{Log}N = a - bM$ . The constant  $a$  depends on the period of observation, on the size of the investigated area and on the level of seismic activity. The constant  $b$  depends on the tectonic properties of the investigated area.

The parameters of the magnitude-frequency relation were calculated by using the least squares method. Normal and cumulative frequency values have been determined with the 0.5 magnitude increment (Table 2).

The magnitude-frequency relations for the regions with 50, 100, 150 km radius centered Kastamonu city center were calculated as  $\text{Log}N = 4.3549 - 0.6367M$ ,  $\text{Log}N = 4.3846 - 0.5542M$  and  $\text{Log}N = 4.7844 - 0.6023M$  respectively.

It is necessary to know the probability of occurrence of a destructive earthquake during the given time interval from the engineering point of view. This probability called as earthquake hazard. Probability of earthquake occurrence and return period were calculated from statistical aspects by using poisson model.

The earthquake occurrence probabilities for investigated area were calculated for some periods of  $t = 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100$  years and for magnitudes of  $m = 5.0, 5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5$ . The results are listed in table 3.

within a radius of 50 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 6.0 or greater in 100 years were calculated as 91 percent and 41.5 years respectively.

Within a radius 100 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.0 or greater in 100 years were calculated as 92 percent and 39 years respectively.

Within a radius of 150 km of Kastamonu city center, the occurrence probability and the recurrence period of an earthquake with a magnitude of 7.0 or greater in 100 years were calculated as 94 percent and 36 years respectively.

## DEĞİNİLEN BELGELER

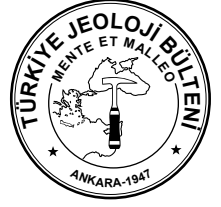
- AİGM, 2001. Kastamonu İlinin Afet Tehlikesi ve Riskinin Saptanması. Afet Bilgi Toplama ve Değerlendirme Grubu, Cilt I-II (yayınlanmamış).
- Alptekin, Ö., 1978. Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyütüdü-Frekans Bağınıtları ve Deformasyon Boşalımı. Doçentlik Tezi, Karadeniz Üniversitesi.
- Alsın, E., Tezuçan, L., Bath, M., 1975. An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval 1913-1970. Kandilli Observatory Seismological Department and Sweden Seismological Institute, Report No 7-75.
- Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) Deprem Dairesi, 2012. <http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx>, 15 Mart 2012.
- Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü, 2012. <http://www.koeri.boun.edu.tr>, 5 Mart 2012.
- Bozkurt, E., 2001. Neotectonics of Turkey – a Synthesis, Geodinamica Acta. 14, 3-30.
- Dirik, K., 2004. Kastamonu İli ve Civarının Depremselliği. KASYÖDER Kültür Dergisi, 2, 17, 19-21.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z., 1967. Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu (Milattan Sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No:24.
- Ergin, K., Güçlü, U., Aksay, G., 1971. Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu (1965-1970). İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No:28, 93 s.
- Gencoğlu, S., Tabban, 1986. A., A Catalog of Earthquakes in Turkey 1881 – 1986. Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi (Yayınlanmamış).
- Gencoğlu, S., 1972. Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismisitesi ve Bu Zon Üzerinde Sismik Risk Çalışmaları. Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu, MTA, 29-31 Mart.

- Gencoğlu, S., İnan, E., Güler, H., 1990. Türkiye'nin Deprem Tehlikesi. TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası, Ankara.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1944. Frequency of Earthquake in California. Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 185-188.
- Gutenberg, B., Richter, C.F., 1956. Magnitude and Energy of Earthquakes. *Ann. Geofis.*, 9, 1-15 s.
- İpek, M., Uz, Z., Güçlü, U., 1965. Sismolojik Donelere göre Türkiye Deprem Bölgeleri. Deprem Yönetmeliğine Takdim Edilen Rapor. Ankara (Yayınlanmamış).
- Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yilmazer, M., 2011. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010;  $M \geq 4.0$ ). Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, 640 sayfa.
- Koçyiğit, A., 2008. Ankara'nın Depremselliği ve 2005-2007 Afşar (Bala-Ankara) Depremlerinin Kaynağı. MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, Sayı 6, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, sayfa 1-7, Ankara.
- Öcal, N., 1968a. Türkiye'nin Sismisitesi ve Zelzele Coğrafyası 1850 – 1960 Yılları İçin Türkiye Zelzele Kataloğu. Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları:8.
- Öcal, N., 1968b. Beş Yıllık Türkiye Zelzeleleri Kataloğu 1960 – 1964. Milli Eğitim Bakanlığı İstanbul Kandilli Rasathanesi Sismoloji Yayınları:9.
- Özmen, B., 2001. Kastamonu İlinin Depremselliği ve Deprem Tehlikesi. 54. Türkiye Jeoloji Kurultayı 7 – 10 Mayıs, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Ankara.
- Pınar, N., Lahn, E., 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınlarından seri:6, sayı:36, 1952.
- Pınar, N., Lahn, E., 2001. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu (2.Baskı). Yıldız Teknik Üniversitesi Vakfı Yayınları, ISBN:975-6660-09-9.
- Sayıl, N., Osmaşahin, İ., 2008. An Investigation of Seismicity for Western Anatolia. *Natural Hazards*, 44, 51-64.
- Seyitoğlu, G., 2007. Ankara Civarındaki Neotektonik Yapılar: Eldivan – Elmadağ Tektonik Kaması ve Kırıkkale – Erbaa Fayı. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Teknik Geziler Serisi – 4.
- Sipahioğlu, S., 1984. Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Çevresinin Deprem Etkinliğinin İncelenmesi. Deprem Araştırma Bülteni, 45, 5-140.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., 1981. Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu. TÜBİTAK Proje No: TBAG 341, 124 s.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü.
- Tabban, A., Gencoğlu, S., 1975. Deprem ve Parametreleri. Deprem Araştırma Bülteni. 11:7-83.
- Tuksal, İ., 1976. Seismicity of the North Anatolian Fault System in the Domain of Space, Time and Magnitude. M.S.Thesis, Saint-Louis University, Saint-Louis, Missouri.
- Ulusay, R., Tuncay, E., Sönmez, H., Gökçeoğlu, C., 2004. An Attenuation Relationship Based on Turkish Strong Motion Data and Iso-Acceleration Map of Turkey. *Engineering Geology, Science Direct, Elsevier*, 74, 265-291.

---

Makale Geliş Tarihi : 21.05.2012  
Kabul Tarihi : 26.09.2012

*Received* : 21.05.2012  
*Accepted* : 26.09.2012



## Belkavak Köyü (Yerköy-Yozgat) Civarındaki Kuvars ve Ametist Oluşumlarında Mikrotermometrik Özellikler

*Microthermometric features in Quartz and Amethyst occurrences around Belkavak village (Yerköy-Yozgat)*

Nihal ÇEVİK<sup>1</sup>, Zeynep AYAN<sup>2</sup>, Ebru COŞKUN<sup>3</sup> ve İ. Sönmez SAYILI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

(e-posta: Nihal.Cevik@eng.ankara.edu.tr)

<sup>2</sup> EN-KAY Danışmanlık, Mühendislik, Müşavirlik Ltd. Şti., Ankara

<sup>3</sup> MTA Genel Müdürlüğü, MAT Dairesi Başkanlığı, Mineraloji-Petrografi Araş. Koord. Ankara

### ÖZ

Yozgat-Yerköy- Belkavak köyü civarında yüzeyleyen volkanik kayalardan bazaltik andezitler içinde kalsedon, beyaz kuvars, şeffaf kuvars-I, ametist ve şeffaf kuvars-II minerallerinden oluşan beş ayrı silis zonu bulunmuştur. Bu zonların oluşum evrelerine göre sırası, homojenleşme sıcaklıkları ve % NaCl eşdeğeri olarak tuzluluk parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır. Buna göre, ilk evre kalsedon bantlarından oluşmaktadır. Bunlar kriptokristalen dokuda olduğundan herhangi bir sıvı kapanıma rastlanmamıştır. Daha sonra oluşan beyaz kuvarlarda ölçülen sıcaklıklar 272-323 °C arasında, tuzluluklar ise 3.86 - 4.65 % NaCl eşdeğerlerindedir. Şeffaf kuvars-I evresinde ise 217-280°C arası sıcaklıklar belirlenirken, tuzluluklar 3.06-4.96 % NaCl eşdeğerleri olarak ölçülmüştür. Ametistlerin oluştuğu sırada çözeltilerin sıcaklıkları 162-370°C arasında ve tuzlulukları da 1.73-4.96 % NaCl eşdeğerlerindedir. Son evredeki şeffaf kuvars-II oluşumları ise 120-270 °C arasında sıcaklıklar vermektedir. Tuzluluklar ise 0-6.88 % NaCl eşdeğerleri arasındadır. Elde edilen bu verilere göre ortama gelen ilk silisli çözeltiler nispeten soğuk bir ortam ile temasta olduklarından kalsedonları oluşturmuşlardır. Daha sonra gelmeye devam eden silisli çözeltilerin sıcaklığı 200-370 °C' lere kadar çıkmış ve zamanla sıcaklıkları azalarak 120 °C' lere kadar düştüğü tespit edilmiştir. Genellikle % 8'in altındaki tuzluluk değerleri kuvars ve ametistlerin oluşumları sırasında deniz suyunun yanı sıra meteorik suların da etkin olabileceğini düşündürmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Kalsedon, Ametist, Kuvars, Sıvı kapanım, Yerköy, Yozgat

### ABSTRACT

*Chalcedony, quartz and amethyst vein and veinlets which are emplaced in the cracks and fractures of particularly in basaltic andesites around Belkavak village of Yerköy-Yozgat are investigated. Fluid inclusion studies carried out on in solutions rich in silica for determination of the formation temperatures and the origins of the salinities. Siliceous veins cut the Middle Eocen basaltic andesites. During the studies, five different silica zones were distinguished respectively consisting of chalcedony, white quartz, transparent quartz-I, amethyst and transparent quartz-II. Homogenization temperatures and % NaCl equivalent salinity parameters are dedected. First stage consists of chalcedony bands. Their cryptocrystalline texture*

*have led to no fluid inclusions. The white quartz crystals are formed after chalcedony bands and their homogenization temperatures measured as between 272 and 323°C, salinities between 3.86 and 4.65 % NaCl equivalent. During transparent quartz-I formation stage corresponding temperatures were determined as ranging between 217 and 280°C and salinities between 3.06 and 4.96 % NaCl equivalent. During the formation of amethyst crystals, homogenization temperatures changing from 162 to 370°C and salinities of 1.73 to 4.96 % NaCl equivalent are measured. At the the final stage, transparent quartz-II crystals are formed. Their homogenization temperatures varied between 120 to 270°C and salinities between 0 to 6.88 % NaCl equivalent.*

*According to the obtained data, previously ascending siliceous solutions emplaced in the open spaces of cracks and fractures in a relatively cold environment and hence the formation of chalcedony occurred. Then, the temperatures of the ascending siliceous solutions reached up to 200-370°C and gradually decreased to 120 °C. Generally, rates of salinity is below %8, therefore it can be postulated that meteoric water was in interaction with seawater during the formations of quartz and amethyst crystals.*

**Keywords:** Chalcedony, Amethyst, Quartz, Fluid inclusion, Yerköy, Yozgat

## GİRİŞ

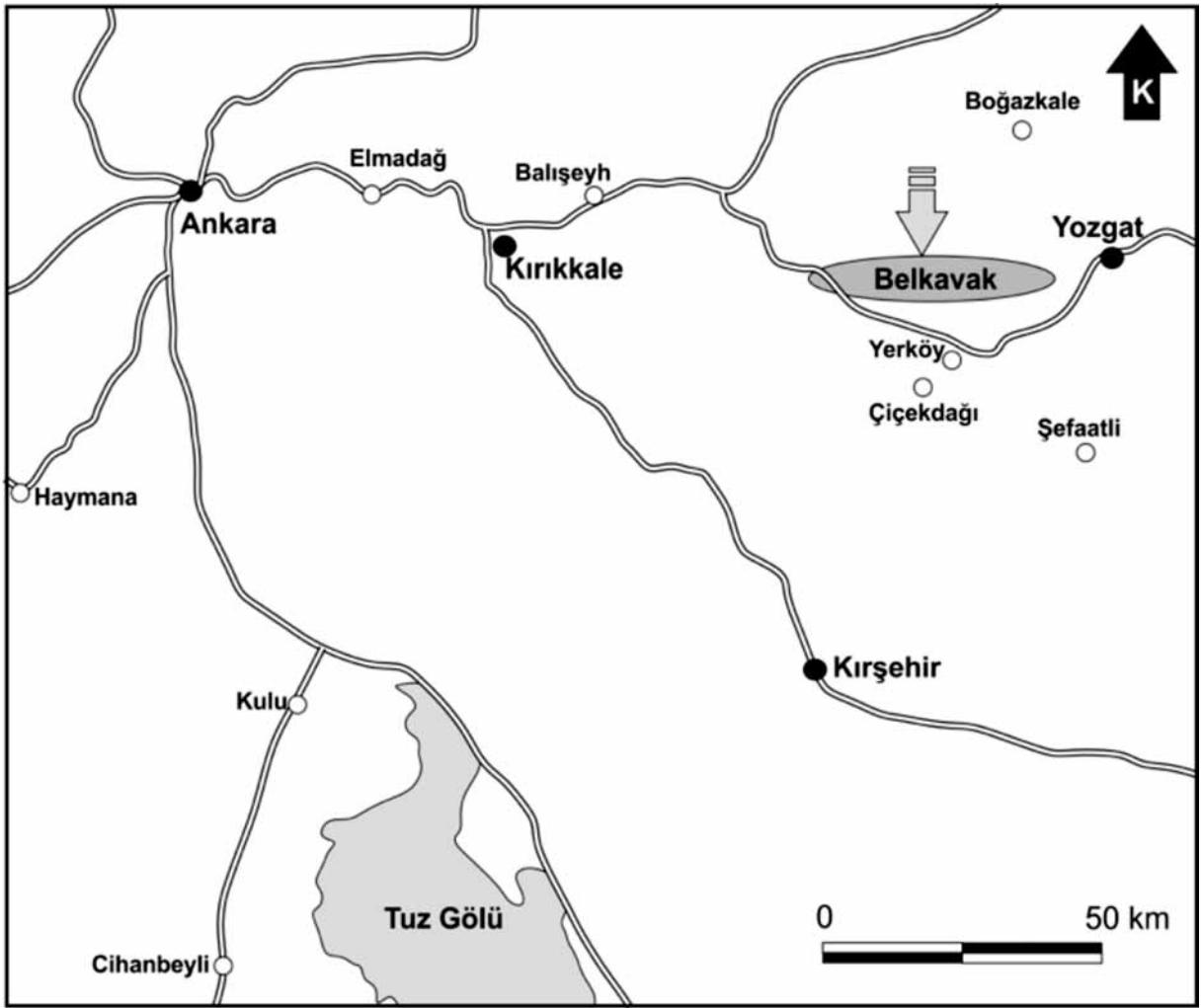
Silis grubunun üyesi olan kalsedon, kuvars ve ametistler kırık ve çatlaklarda olmak üzere tüm boşluklarda, hemen her tür kayaç içinde oluşabilirler. Ancak volkanik kayaçların boşluklarında oluşmuş olanlara daha sık rastlanmaktadır. Örneğin, birkaç metre jeod büyüklüğüne kadar ulaşabilen dünyaca ünlü Brezilya ametistleri, bazaltik kayaçlar içinde yer almaktadır (Gilig et al. 2003). Türkiye'nin bugüne kadar bilinen en büyük ametist oluşumu Balıkesir-Dursunbey-Göğü Köyü civarında bulunmaktadır. Ayrıca bahsi geçen bölgede, Gürbüz (2007) ve Gürbüz ve Sayılı (2008) tarafından yapılan çalışmalarda, kayaçlar mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özellikleri açısından incelenmiş, ametistlerin kalkalkalen-şoşonitik karakterli riyolitlerin içinde, damarlar şeklinde geliştiği ortaya konulmuştur. Bu damarlarda yapılan sıvı kapanım çalışmalarına göre, ametistlerin epitermal sistem koşullarında, ortalama 200-300°C civarlarında bir sıcaklıkta oluştuğu belirtilmiştir.

Yozgat civarında yeri ve özellikleri çok bilinmeyen kalsedon, kuvars ve ametist oluşumlardan

birisi de Yerköy ilçesi Belkavak Köyü civarında bulunmaktadır. Bu makaleye konu oluşturan çalışma alanı Ankara-Yozgat karayolu üzerinde, Yozgat'ın Yerköy ilçesinin kuzeybatısında Belkavak Köyü civarındadır (Şekil 1). Literatürde Belkavak civarında çok fazla çalışma bulunmamaktadır. Adı geçen bölgede özellikle bazaltik andezit türü volkanik kayaçlar içinde kırık çatlak dolguları şeklinde gelişmiş kalsedon, kuvars ve ametist oluşumları incelenerek, silisce zengin çözeltilerin oluşum sıcaklıkları ve tuzlulukları ile kökenlerinin tespiti amacıyla sıvı kapanım çalışmaları yapılması amaçlanmıştır. Bu silis oluşumlarının incelenmesiyle bölgede etkin olan hidrotermal çözeltilerin karakterini bir ölçüde anlamak mümkün olabilecektir.

## BÖLGESEL JEOLJİ

Çalışma alanını da içine alan bölge Orta Anadolu Kristalin Kompleksi (Göncüoğlu vd. 1991) içinde yer almaktadır. İnceleme alanındaki volkanitler Erdoğan vd. (1996) tarafından Çankırı Havzası olarak adlandırılan havzanın güney kesiminde yüzeylenirler.



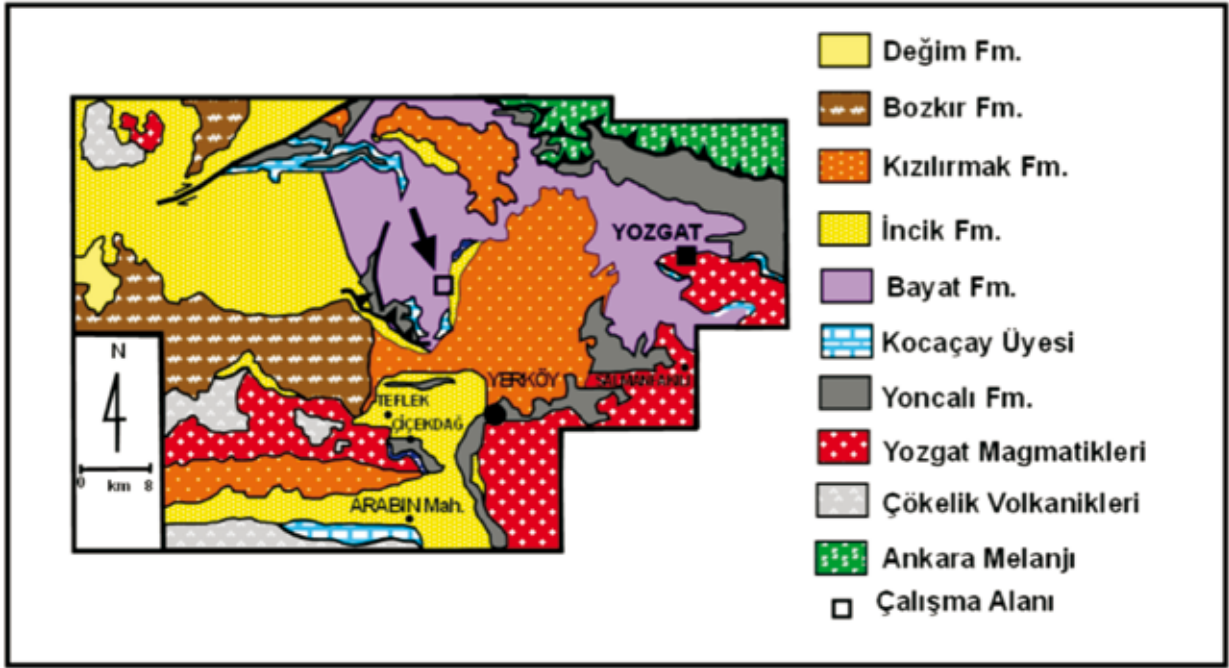
Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.

Figure 1. Location map of the study area.

Havza, Sakarya Kıtası ile güneyde Kırşehir Bloğu arasında kalan çarpışma kalıntı havzası olarak gelişmiştir. Bölge, Çankırı

Havzası içindeki Bayat Formasyonu ve kısmen de Yoncalı Formasyonu içinde yer almaktadır (Şekil 2).





**Şekil 2.** Çalışma alanını da içine alan bölgenin jeoloji haritası (Erdoğan vd. 1996'dan alınmıştır).

**Figure 2.** Regional geological map of the study area (after Erdoğan et al. 1996).

Yoncalı Formasyonu içinde sağlam yaş verileri sağlayan birim, gri-sarı kireçtaşı mercekleri olup kalınlıkları 50 metreye kadar çıkmaktadır. Bu kireçtaşları Erdoğan vd. (1996)'ya göre nummulit, pelecypod, gastrapod, bryzoa ve echinid fosilleri içermektedir. Bu merceklerin yatay ve dikey yönde devamsızlıklar sunarak Yoncalı Formasyonu içinde birkaç defa tekrarlandığı ve kalkerli çamurtaşları, çamurtaşları ve kumtaşlarına geçiş gösterdiği belirtilmektedir. Bu birimler Birgili vd. (1975) tarafından ise Kocaçay üyesi olarak adlandırılmıştır (Şekil 2). Kocaçay üyesini oluşturan kireçtaşları Yoncalı Formasyonunun alt kesimlerinde Geç Paleosen-Erken Eosen yaşı verirken, orta kesimlerinde Orta Eosen yaşına işaret etmektedir. Bayat Volkanitlerinin hiyaloklastit özellik gösterdiği ve sığ denizel sular içine girerek oluştuğu belirtilmektedir (Erdoğan vd. 1996). Bazı alanlarda lavlardaki yastık yapıları da izlenmiştir. Alparslan ve Temel (2000) ise yukarıda Bayat

Formasyonu olarak anlatılan volkanitleri, Yozgat volkanitleri olarak nitelemişler ve bazalt, bazaltik andezit, andezit ve dasit bileşimli bu kayaların, kalın lav akıntıları ve onların piroklastik türevleri olduklarını belirtmişlerdir. Ateş vd. (2002), Çorum güneyindeki volkanitleri Bayat Volkanitleri olarak kabul etmişlerdir. Bayat Volkaniklerinin andezitik-bazaltik karakterdeki lavlardan meydana geldiğini ve birimin Orta Eosen (Lütesiyen) yaşında olduğunu söylemişlerdir.

Birgili vd. (1975), Çankırı-Çorum Havzasında denizin Maastrihtiyen'den Üst Eosen'e kadar birçok kereler ilerleyerek bölgeyi kapladığını belirtmiştir. Eosen başındaki baskın derin deniz koşullarının Orta Eosen'de tedricen sığ deniz koşullarına geçtiği ve Üst Eosen'de ise tamamen çekilerek yerini karasal ortam şartları ve geçici göllere bıraktığı ileri sürmüştür. Erdoğan vd. (1996), Çankırı Havzası'nın gelişimini

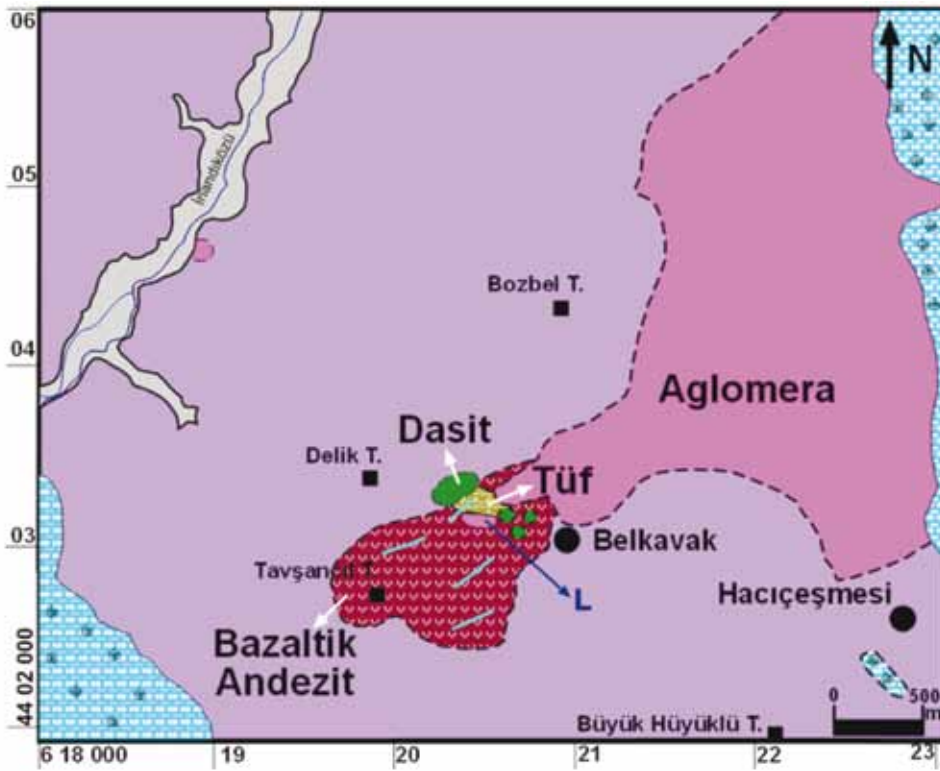
modellemişler ve Neotetis okyanusunun kuzey ve güney kenarları boyunca farklı yitim zonları sonucunda Kırşehir ve Sakarya kıtalarının Üst Kretase'de çarpıştıklarını belirtmişlerdir. Geç Paleosen'den itibaren Çankırı Havzasının çarpışma boyunca oluştuğunu ve havzanın güney kesminin sığ denizel birimler ve/veya deltayik sedimanlarla doldurulduğunu ileri sürmüşlerdir.

### **ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ**

İnceleme alanı da içine alan geniş bir bölgede Eosen yaşlı çeşitli volkanik kayalar yüzelemektedir. Ayrıca fosil verilerine göre Orta Eosen (Bartoniye) yaşlı kırıntılı kireçtaşları görülmektedir. Çalışma alanı içindeki kayaların oluşumları ve ortamları hakkında bugüne kadar çeşitli jeolojik çalışmalar yapılmıştır (Ketin, 1955; Ayan, 1969; Birgili vd., 1975; Büyükönel, 1985; Keskin, 1992; Erdoğan vd. 1996; Alpaslan ve Temel, 2000; Ateş, 2002; Akçe, 2003). Ancak, yapılan bu çalışmalarda bölgedeki silis oluşumlarına hiç değinilmemiştir.

İlk defa Çevik (2009), Ayan vd., (2009) ve Çevik ve Sayılı (2010) tarafından kalsedon, kuvars ve ametist oluşumlarından söz edilmiş ve bu silisli çözeltilerin, volkanik kayaların bazılarının kırık ve çatlaklarını doldurduğu ve damarlar halinde uzandıkları ortaya konulmuştur.

Çevik (2009) tarafından ortaya konulan çalışmada, özellikle Belkavak köyü civarında yapılan jeolojik, mineralojik, petrografik ve jeokimyasal çalışmalar ile yörenin istifi oluşturulmuştur (Şekil 3). Bu istifin en altında bazaltik andezitik lav akıntıları, onların üzerine çökelmiş tüfleri, onun üzerinde ise alttaki volkanitleri kesen dasitleri görmek olasıdır. Bazaltik andezitlerin altere olarak kahverengi bir renk kazandıkları gözlenmektedir. Daha sonra aglomeraların oluştuğu ve bu birimlerin fosilli kumlu kireçtaşları ile örtüldüğü belirlenmiştir (Çevik, 2009). Bu kireçtaşlarının, Bartoniye yaşını veren fosil bulgularına dayanarak sığ denizel fasiyeste geliştiği söylenmiştir. En üstte ise laharlar tanımlanmıştır.



YAŞ	FORMASYON	LİTOLOJİ	
T E R S İ Y E R O R T A E O S E N	Bartoniye	Deliceirmak (?)	Lahar?
		Kocaçay Üyesi	Fosilli kumlu kireçtaşı
	Bayat Volkanikleri		Aglomera
			Dasit
		Kalesedon, Kuvars Ametist Damarları	Killeşmiş camsı tüf
			Bazaltik Andezit

Şekil 3. Çalışma alanının jeolojik haritası ve stratigrafik istifi (Çevik, 2009).

Figure 3. Geological map and stratigraphic columnar section of the study area (Çevik 2009).

### Kalsedon-Kuvars-Ametist Damarları

İnceleme alanında kalsedon-kuvars ve ametistten oluşan silis damarları, Orta Eosen yaşlı bazaltik andezit ve killeşmiş camsı tüfleri ile Bayat Volkanitlerine ait olan dasit ve aglomera türü volkanik kayalar da kesmekte ve Bartoniye yaşlı sığ deniz ortam koşullarına işaret eden fosilli kumlu kireçtaşları içinde silisleşmeler olarak gözlenmektedir. Silisli damarlar, bazaltik andezitler ve kısmen de tüfler içinde nispeten birbirine paralel olarak uzanmakta ve belirgin bir devamlılık sunmaktadırlar (Şekil 4). Damarlar yaklaşık K 30-60° D doğrultuludur.

Bölgesel Jeoloji bölümünde de belirtildiği gibi birçok bulgu Orta Eosen'de bölgede sığ deniz ortamının varlığına işaret etmektedir. Bu çalışmada yapılan incelemeler sırasında bölgede Bartoniye yaşlı kumlu kireçtaşlarındaki makro ve mikrofosillerin silisli akışkanlardan etkilenmiş olabileceği saptanmıştır. Ayrıca volkanik kayaların kırıklarında izlenen yeşil kil minerali türü olan seladonit minerallerinin varlığı, sığ denizel ortamda denizaltı volkanizması sonucu düşük dereceli okyanus tabanı metamorfizması ürünlerine işaret edebileceği tespit edilmiştir (Çevik 2009, Ayan vd. 2009, Çevik ve Sayılı 2010).



**Şekil 4.** Altere bazaltik andezitler içerisinde kırık dolgusu şeklinde gelişmiş K 40°D doğrultulu kalsedon-kuvars-ametist damarlarının görünümü.

**Figure 4.** Field view of the N40E trending chalcedony-quartz-amethyst veins occurred in altered basaltic andesites as fissure fill.



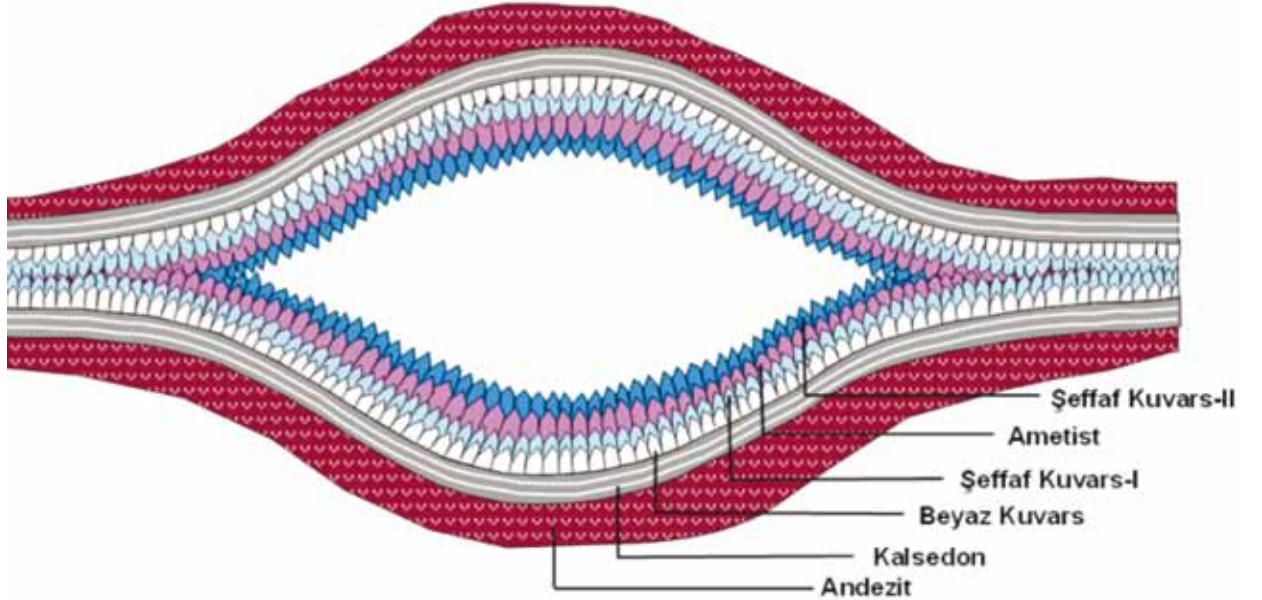
Çalışma alanındaki silis damarlarının 5 farklı zondan oluştuğu tespit edilmiş olup, bunlar oluşum sırasına göre (i) kalsedon, (ii) beyaz kuvars, (iii) şeffaf kuvars-I, (iv) ametist ve (v) şeffaf kuvars-II şeklindedir. Sahada ince

kırık ve çatlaklarda bantlaşmalar şeklinde sadece kalsedon oluşumları gözlenirken, damarlar kalınlaştıkça kalsedonların üstüne kuvars ve ametist kristallerinin geldiği izlenmiştir. (Şekil 5 ve 6).



**Şekil 5.** Kalsedon, beyaz kuvars, şeffaf kuvars-I, ametist ve şeffaf kuvars-II kristallerini içeren damarın yakından görünümü.

**Figure 5.** Close up view of chaledony, white quartz, glazy quartz-I, II and amethyst bearing vein.



**Şekil 6.** Silisli çözeltiler tarafından oluşturulmuş kuvars türevlerinin şematik oluşum sırası.

**Figure 6.** Schematic formation of quartz types within a silicic fluids.

## SIVI KAPANIM PETROGRAFİSİ

Sıvı kapanım çalışmalarına yönelik örneklerde daha başarılı ölçüm yapabilmek için, orta boyutlu (3-5mm) kristallerden örnekler alınmasına özen gösterilmiştir. Genel olarak, kuvars ve ametist kristallerinde gözlenen sıvı kapanımların boyutları küçük olup, büyüklükleri 1-12 mikrometre arasında değişmektedir. İncelemelerde birincil ve ikincil kökenli kapanımlar tespit edilmiştir. Birincil kökenli kapanımlar kristaller içerisinde genellikle küçük kümeler, gruplar halinde veya yer yer izole halde görülmektedir. Birincil kökenli kapanımların şekilleri çoğunlukla yuvarlak, elipsoidal ve kısmen de düzensiz şekillerdedir. İkincil kökenli kapanımlar ise bir hat boyunca çizgisellik göstermektedir. Daha çok düzensiz şekiller sunmaktadır.

Kuvars ve ametist kristallerinde daha çok birincil kökenli tek fazlı (sıvı) ve tek fazlı (gaz)

kapanımlar ile yer yer birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar gözlenmektedir. Ayrıca örnekler içinde ikincil kökenli tek fazlı (sıvı), tek fazlı (gaz) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar da tespit edilmiştir. Mikrotermometrik ölçümler sonucunda homojenleşme sıcaklıkları ve % NaCl eşdeğeri olarak tuzluluklar belirlenmiştir.

Örneklerde sıvı ve gaz fazının bir arada görülmesi oluşumlar sırasında sistemin açık olduğunu göstermektedir. Açık sistemlerde kristalleşme esnasında etki eden herhangi bir basınç olmadığından, sıcaklık değerleri için basınç düzeltmelerine gerek yoktur (Roedder, 1984). Bu nedenle de ölçülen homojenleşme sıcaklıkları oluşum sıcaklıkları olarak kabul edilmiştir.

Beyaz Kuvars oluşum evresi: Bu kristaller kalsedonlar üzerinde gelişmişlerdir. Beyaz kuvarlardaki kapanımların boyutları 2-6 mikrometre arasında olup, oldukça küçüktür.



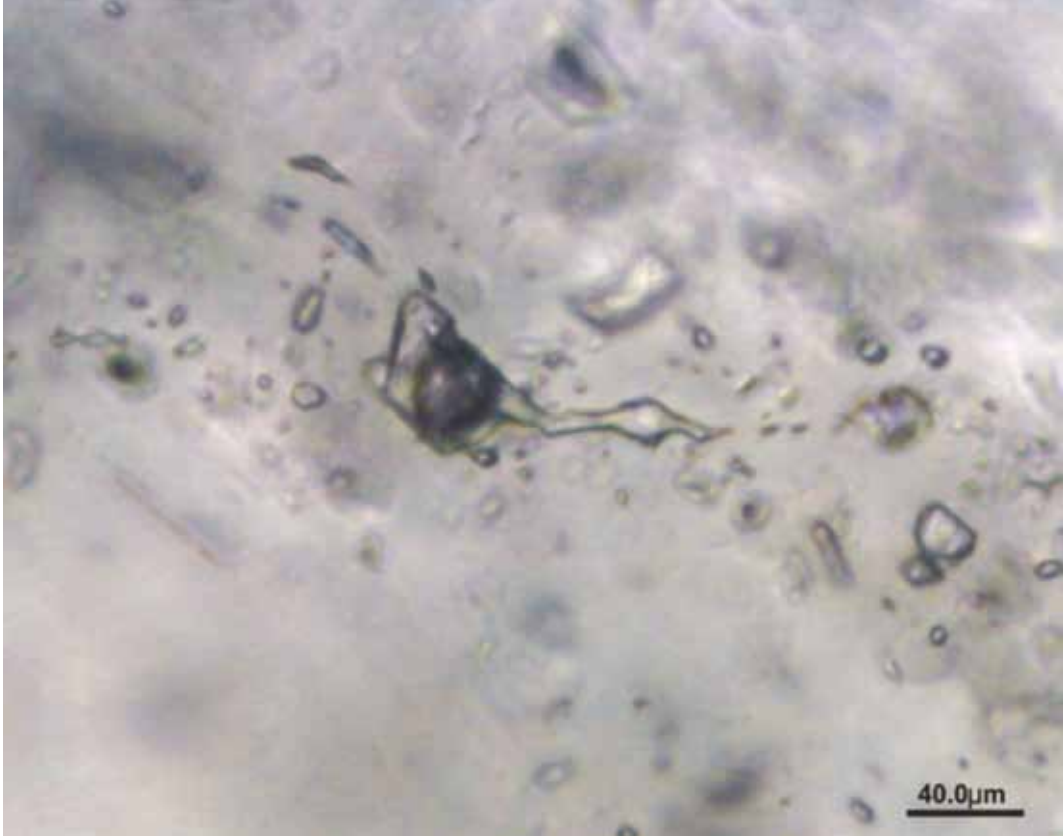
**Şekil 7.** İki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlarla beraber izlenen tek fazlı (sıvı) kapanımlar  
**Figure 7.** Single phase fluid inclusions with two phases (fluid+gas) fluid inclusions.

Birincil ve ikincil kapanımlar gözlenmekle birlikte, tek fazlı (sıvı) kapanımlar daha yaygındır. Tek fazlı (gaz) kapanımlar da yer yer gözlenmektedir. Birincil kökenli iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar ise eser miktardadır (Şekil 7). Bu tür kapanımlarda iki adet mikrotermometrik ölçüm yapılabilmiş ve elde edilen homojenleşme sıcaklıkları 272°C ve 323°C olarak bulunmuştur.

Homojenleşme sıcaklıklarının ölçüldüğü kapanımlarda sıvı azot kullanılarak dondurma deneyleri yapılmış ve son buz ergime sıcaklıkları ( $T_m$ °C) -2.3°C ve -2.8 °C olarak bulunmuştur. Bunlara karşılık gelen tuzluluk değerleri sırasıyla 3.86 ve 4.65 % NaCl eşdeğeri olarak belirlenmiştir.

Şeffaf Kuvars-I oluşum evresi: Bu kristaller oldukça iri olmalarına rağmen,

birincil ve ikincil kökenli kapanımlara çok sık rastlanmamaktadır. Ölçüm yapılabilen kapanımların boyutları genellikle 2-10 mikrometre arasında değişmekte olup, yaklaşık 100 mikrometre büyüklüğüne ulaşan kapanımlar da gözlenmiştir. İncelemelerde kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluşturmaktadır. Kapanımlarda yaygın olarak boyunlanmalar (necking down) gözlenmektedir (Şekil 8). Şeffaf kuvars-I kristallerinde üç mikrotermometrik ölçüm yapılabilmiş ve homojenleşme sıcaklıkları 217-280°C arasında bulunmuştur. Ergime sıcaklıklarına ( $T_m$ °C) karşılık gelen % NaCl eşdeğerleri ise Bodnar (1993) eşitliğine göre 3.06- 4.96 % NaCl eşdeğerleri olarak hesaplanmıştır.

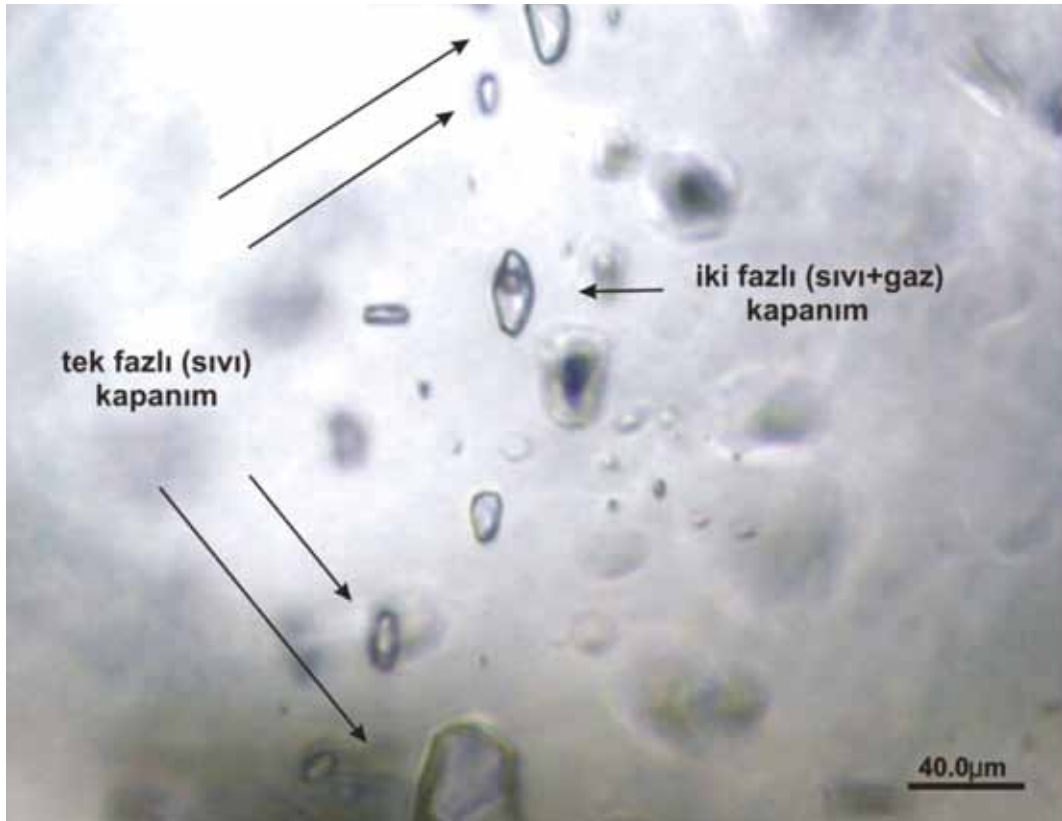


**Şekil 8.** Şeffaf kuvars-I kristali içinde izlenen boyunlanmış kapanım.  
**Figure 8.** Fluid inclusion occurred in glazy quartz-I crystal.



**Ametist oluşum evresi:** Gözlenebilen sıvı kapanımların boyutları genellikle 12-16 mikrometre arasında değişmektedir. İncelemelerde orta bollukta birincil ve ikincil kökenli kapanımlara

rastlanmaktadır. Birincil kökenli kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar oluşturmaktadır (Şekil 9). Tek fazlı (gaz) kapanımlar ise daha azdır.



**Şekil 9.** Ametistlerde gözlenen tek fazlı (sıvı) ve iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar.  
**Figure 9.** Single (fluid) and two phases (fluid+gas) inclusions in amethysts.

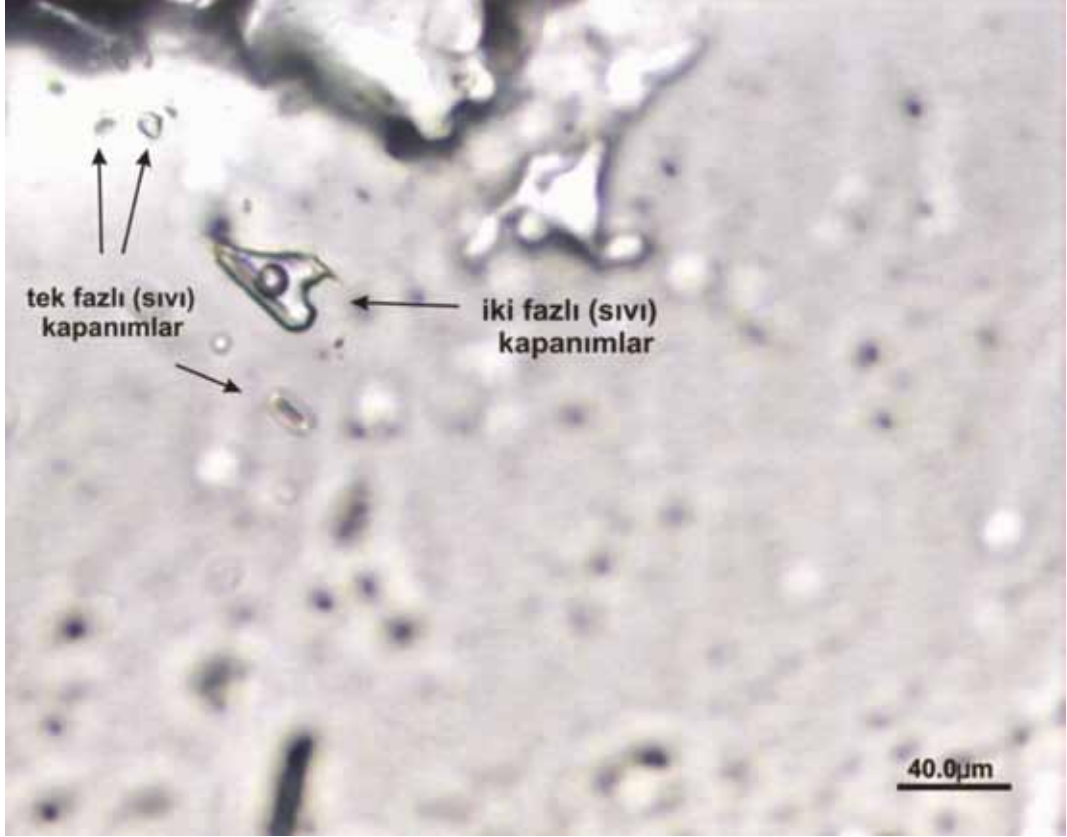
Ametistlerde yapılan mikrotermometrik ölçümlerde homojenleşme sıcaklıklarının 162-370°C arasında değiştiği belirlenmiştir. Ölçülen ergime sıcaklıklarından hareketle Bodnar (1993) eşitliği kullanılarak hesaplanan tuzluluk oranları ise 1.73-8.00 % NaCl olarak bulunmuştur. Ametist örneğinde toplam 13 adet homojenleşme sıcaklık ve 14 adet tuzluluk değeri elde edilmiştir. İlk oluşum evresinde, koyu mor renkli olan ametistlerin sıcaklıklarının 370-310 °C civarında olduğu belirlenmiştir. Bu evrede tuzluluk 4.96-8 %

NaCl eşdeğerleri arasındadır. Daha açık mor renkli ametistlerin temsil ettiği geç evrede, çözeltilerin sıcaklıklarının 160-290°C ve tuzluluklarının 1.73-4.96 % NaCl arasında olduğu saptanmıştır. Bu bulgu, ametistlerin oluşumlarının son evrelerinde hem daha soğuk hem de daha az tuzlu çözeltilerin rol oynadığını göstermektedir.

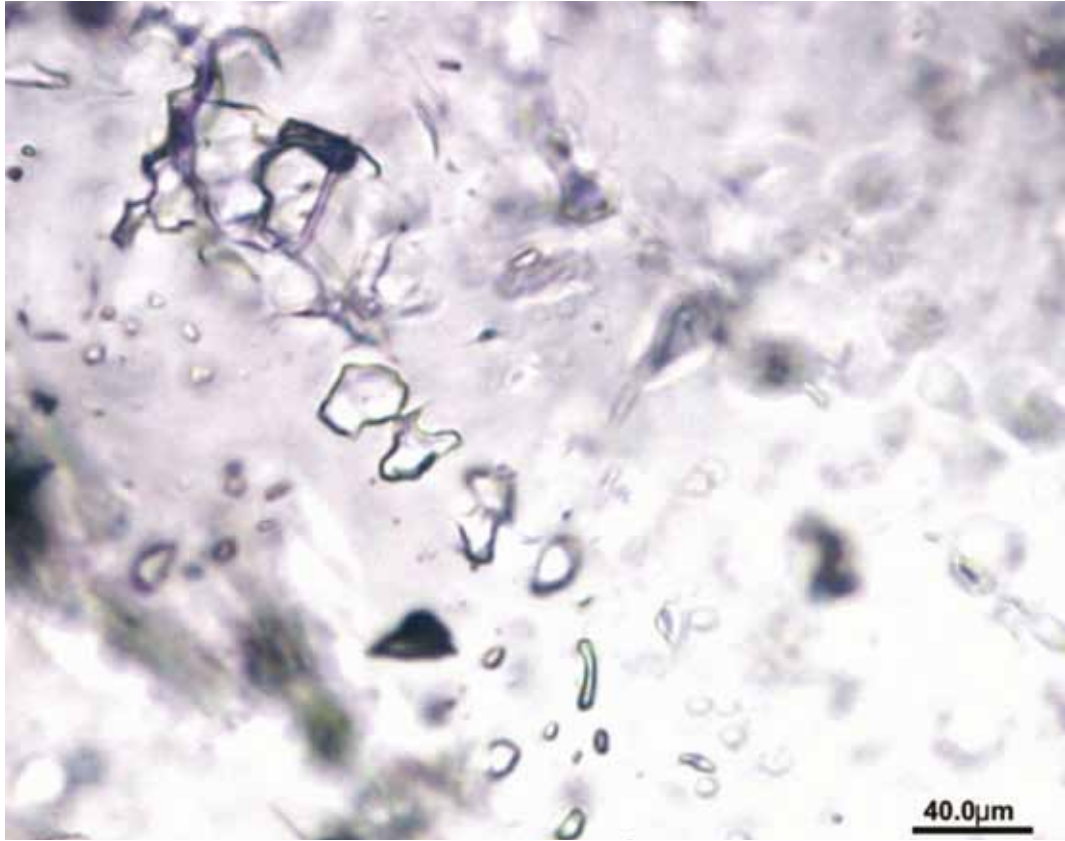
**Şeffaf Kuvars-II oluşum evresi:** Ölçüm yapılan kapanımların boyutları genellikle 6-12 mikrometre arasındadır. Örnekte birincil ve ikincil

kökenli kapanımlara bol miktarda rastlanmıştır. Birincil kökenli kapanımların çoğunluğunu tek fazlı (sıvı) kapanımlar oluştururken, iki fazlı (sıvı+gaz) kapanımlar daha az oranda

izlenmektedir (Şekil 10). İkincil kapanımlar ise genellikle tek fazlı (sıvı) kapanımlardan oluşmaktadır. Ayrıca yaygın olarak boyunlanmalar (necking down) gözlenmiştir (Şekil 11).



**Şekil 10.** Şeffaf kuvars-II kristalinde görülen iki fazlı (sıvı+gaz) ve tek fazlı (sıvı) kapanımlar.  
**Figure 10.** Single (fluid) and two phases (fluid+gas) inclusions in glazy quartz-II crystal.



**Şekil 11.** Şeffaf kuvars-II evresine ait tek fazlı (sıvı) kapanımlar ve bazı kapanımlarda izlenen boyunlanmalar.  
**Figure 11.** Single (fluid) inclusions in glazy quartz-II phase.

Yapılan 15 adet mikrotermometrik ölçüm sonucu elde edilen homojenleşme sıcaklıklarının 120-270°C arasında değiştiği saptanmıştır. 9 adet ergime sıcaklığı ölçümüne göre, şeffaf kuvars-II kristallerini oluşturan çözeltinin tuzluluğu 0-6.88 % NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir.

Elde edilen homojenleşme sıcaklık ve tuzluluk değerlerine göre, şeffaf kuvars-II kristalleri ilk oluşmaya olasılıkla 270 °C civarında başlamış, daha sonra soğuyarak 120°C civarında

kristallenmelerini tamamlamıştır. Homojenleşme sıcaklıklarının 120-170°C arasındaki sıcaklıklarda yoğunlaştığı görülmektedir. Eriyiklerin tuzluluk oranları 0- 6.88 % NaCl eşdeğerleri arasında değişmekte olup, bu bulgu da çözeltilerin yer yer meteorik sularla karıştığına işaret etmektedir.

Yukarıda sadece aralık olarak değinilen homojenleşme sıcaklık ve tuzluluk değerlerinin tamamı aşağıda Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü civarındaki kuvars ve ametistlerin sıvı kapanımlarının homojenleşme sıcaklık (Th °C) ve tuzluluk (% NaCl eşdeğeri) değerleri.**Table 1.** Homogeneous, temperature (Th °C) and salinity (% NaCl) values of quartz and amethyst fluid inclusions around Yozgat-Yerköy-Belkavak.

Kristaller	Homojenleşme Sıcaklık Değerleri (Th (°C))	Tuzluluk Değerleri (%NaCl eşdeğeri)
Beyaz Kuvars	272 °C, 323 °C	%3.86, %4.65
Şeffaf Kuvars- I	217 °C, 238 °C, 280 °C	%3.06, %3.55, %4.96
Ametist	162 °C, 165 °C, 170 °C, 211 °C, 236 °C, 260 °C, 272 °C, 281 °C, 313 °C, 316 °C, 322 °C, 345 °C, 370 °C	%1.73, %2.24, %3.38, %4.18, %4.96, %5.71, %6.59, %6.88, %6.88, %7.16, %7.45, %7.45, %7.86, %8.00
Şeffaf Kuvars- II	121 °C, 122 °C, 125 °C, 126 °C, 130 °C, 133 °C, 138 °C, 140 °C, 162 °C, 162 °C, 165 °C, 187 °C, 217 °C, 238 °C, 268 °C	%0, %0.88, %2.07, %2.57, %2.89, %3.06, %4.18, %5.16, %6.88

## TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Yapılan tüm bu sıvı kapanım petrografisi çalışmalarında sıvı kapanımlarının sadece sıvı, sadece buhar veya her iki fazı birlikte buldukları gözlenmiştir. Tek fazlı kapanımların birlikte bulunmaları silis oluşumlarının açık sistemde geliştiğini göstermektedir. Bu nedenle ölçülen homojenleşme sıcaklıkları doğrudan oluşum sıcaklıkları olarak alınmıştır. Bazaltik andezit, onların altere ürünlerinin kırık ve çatlaklarına gelen ilk evre silisli çözeltiler, çatlaklar boyunca yukarı doğru yükselirken, soğuk olan yan kayaç duvarlarına temas ettiklerinde, düşük sıcaklıkları ve basınçlarındaki düşüslere bağlı olarak mikrokristalin dokudaki kalsedonları oluşturmuşlardır. Kalsedon damarlarında görülen, açık-koyu gri arasındaki renk farklılıkları, olasılıkla silisli çözeltilerin gelişleri sırasındaki kimyasal değişikliklerden kaynaklanmış olabilir. Kalsedon oluşumlarından sonra gelmeye devam

eden silisli çözeltilerden kalsedon bantlarına dik olarak beyaz kuvars kristalleri 272-323 °C aralığındaki sıcaklıklarda gelişmiştir. Bundan sonra gelen çözeltiler ise yavaş yavaş soğumaya başlayarak, daha düşük sıcaklıklarda (217-280°C) şeffaf kuvars-I kristallerini oluşturmuştur. Beyaz ve şeffaf kuvars-I oluşumları sırasında, tuzluluk NaCl eşdeğeri olarak yaklaşık % 3-5 arasında değişmektedir. Bu değerler, bu evrede silisli çözeltilerin meteorik sularla karıştığını göstermektedir. Göreceli olarak daha koyu renkli ametistlerin oluşumları sırasında çözeltilerin sıcaklıkları biraz daha yüksek olup, 310–370°C sıcaklık aralığında seyretmiştir. Bu sırada, tuzluluklar da % 5-8 NaCl eşdeğeri arasındadır. Çözeltiler 290°C sıcaklıklardan başlayarak 160°C'lere doğru soğurken, daha açık mor renkli ametistler oluşmaya başlamış ve tuzluluklar da % 5 ten % 1.73 NaCl eşdeğerlerine doğru azalmıştır. Ametist oluşumunu takip eden

dönemde, gelen daha sıcak silisli eriyikler şeffaf kuvars II'leri oluşturmuştur. Bu kuvarlar daha yavaş soğuduklarından oldukça iri kristallidir ve oluşum sıcaklıkları 120-270 °C arasındadır. Tuzluluk değerleri ise 0-6,88 % NaCl eşdeğeri arasında değişmektedir. Silisli çözeltilerin son evresinde oluşan şeffaf kuvars II'lerden elde edilen bu düşük tuzluluk ve sıcaklık değerleri, son evre silisli çözeltilerin gelişi sırasında meteorik suların giderek daha baskın hale geldiğine işaret etmektedir.

Öte yandan inceleme alanındaki istifin en üst kesiminde izlenen fosilli kumlu kireçtaşlarında yer yer silisleşmeler görüldüğünden, bunları oluşturan silisli çözeltilerin tüm Bayat Volkanitlerinin oluşumundan sonra ortama geldiği ve adı geçen kireçtaşlarının oluşumuna kadar silisli çözeltilerin gelişinin devam ettiğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak silisli çözeltilerin şeffaf kuvars-I ile şeffaf kuvars-II evreleri arasındaki 4 evrede zaman zaman daha sıcak, zaman zaman ise daha soğuk olduğu söylenebilir. Öte yandan sığ denizel ortama ait sulara yer yer meteorik suların karışmış olması, çözeltilerin tuzluluk oranlarında düşümlere neden olmuştur.

## KATKI BELİRTME

Bu çalışma birinci yazarın tez çalışmasının bir kısmını oluşturmaktadır. Çalışmalar sırasında bilimsel ve teknik konulardaki katkılarından ötürü MTA Genel Müdürlüğü MAT Dairesi Koordinatörü Dr. Okan ZİMİTOĞLU'na en içten teşekkürlerimizi sunarız. Sıvı kapanım kesitlerini titizlikle hazırlayan Nurettin AŞIKLAR'a da teşekkür ederiz.

## EXTENDED SUMMARY

*Silica bearing minerals form one of the important gemstone groups. These minerals can emplace in the cracks, fractures and voids of every kind of rocks but especially at the open spaces of volcanic rocks. Chalcedony, quartz and amethyst vein and veinlets occur as open space fillings in basaltic andesites of around Belkavak village of Yerköy-Yozgat which are not well known in literature until now.*

*The basement rocks of the studied area are comprised by basaltic andesites which are overlain by argillized vitric tuffs. These rocks are intersected by dasitic lavas again overlain by agglomerates. All these volcanic sequence is known as Bayat volcanics of middle Eocene age (Erdoğan et al, 1996) which are covered by fossiliferous sandy limestones of Bartonian age representing shallow marine environment named as Kocaçay Member by Birgili et al. (1975).*

*Siliceous veins with N 30-60° E strikes cut the whole sequence of volcanics and are spreaded as silicifications in the Bartonian aged limestones. Fluid inclusion studies are carried out on quartz and amethyst crystals in order to determination of their formation temperatures and salinities. According to field and mineralogical studies in thin sections, five different silica zones were distinguished respectively consisting of chalcedony, white quartz, transparent quartz-I, amethyst and transparent quartz-II.*

*First stage of siliceous veins consists of chalcedony bands. Their cryptocrystalline texture have led to no fluid inclusions. On the other hand, microtermometric measurements carried out on quartz and chalcedony crystals indicate both liquid and vapor inclusion assemblages which point out an open system during the*

*formation of these crystals and therefore the homogenization temperatures can be accepted as formation temperatures. The white quartz crystals are formed after and on chalcedony bands and their homogenization temperatures measured as between 272° and 323°C, salinities between 3.86 and 4.65 % NaCl equivalent. During transparent quartz-I formation stage, corresponding temperatures were determined ranging between 217° and 280°C and salinities between 3.06 and 4.96 % NaCl equivalent. During the formation of amethyst crystals, homogenization temperatures changing from 162° to 370°C and salinities of 1.73 to 4.96 % NaCl equivalent are measured. At the the final stage, transparent quartz-II crystals are formed. Their homogenization temperatures varied between 120° to 270°C and salinities between 0 to 6.88 % NaCl equivalent.*

*According to the obtained data, early ascending siliceous solutions emplaced in the open spaces of cracks and fractures of all Bayat volcanics and limestones of Kocaçay member in a relatively cold environment and hence the formation of chalcedony bands occurred. Then, the temperatures of siliceous solutions increased and reached up to 200°-370°C and further gradually decreased or cooled to 120 °C. The rates of salinity are not high and change between 0 to 8%. Therefore it can be postulated that meteoric water was in interaction with seawater during the formations of quartz and amethyst crystals. Many geological data obtained from the regional studies and paleontological findings indicate also a shallow seawater environment which are due to fluid inclusion studies should have been mixed with meteoric waters in the region at Middle Eocene.*

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Akçe, M.A. 2003. Yozgat Batolitinin kuzey bölümünün jeolojisi ve petrolojisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, 116 s., Ankara
- Alpaslan, M. and Temel, A. 2000. Petrographic and geochemical evidence for magma mixing and crustal contamination in the Post-Collisional calcalkaline Yozgat Volcanics, Central Anatolia, Turkey. *International Geology*, Vol.42; 850-863
- Ateş, Ş., Erkal, T., Mutlu, G., Bulut, A., Osmañcelebiođlu, R., Olgun, Ş. ve Özata, A. 2002. Çorum kenti ile merkez ilçesinin yerbilim verileri ve doğal afet kaynakları. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Derlemesi, 146s., Ankara.
- Ayan, T. 1969. Çankırı-Yerköy Havzası petrol imkanları jeolojik ve tektonik etüdü. TPAO, Rapor No: 469, 101s., Ankara.
- Ayan, Z., Çevik, N., Coşkun, E., Sayılı, İ. S. 2009. Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü Civarındaki Volkanitlerde İzlenen Kuvars ve Ametist Kristallerinde Sıvı Kapanım Çalışmaları. 62. Türkiye Jeoloji Kurultayı, s 86.
- Birgili, S., Yoldaş, R., ve Ünal, G. 1975. Çankırı Çorum Havzası'nın jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Rapor No 5621, 78 s., Ankara
- Bodnar, R.J. 1993. Revised equation and table for determining the freezing point depression of H<sub>2</sub>O-NaCl solutions. *Geochim. Cosmochim. Acta* 58, 1053-1063.
- Büyükönel, G. 1985. Yozgat Yöresi volkanitlerinin asal ve iz elementlerinin dağılımı. MTA dergisi, 105-106; 97-111.
- Çevik, N. 2009. Yozgat-Yerköy-Belkavak Köyü civarı kalsedon ve ametist oluşumlarının incelenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tezi, 110s., Ankara
- Çevik, N. ve Sayılı, İ. S. 2010. Yozgat-Yerköy-Belkavak Kalsedon – Kuvars ve Ametist Oluşumlarının Jeolojik, Mineralojik ve Jeokimyasal Özellikleri. 2. Uluslararası Katılımlı Mücevher – Takı Tasarımı ve Eğitimi Sempozyumu, s 575
- 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.
- Gilg, H.A., Morteani, G., Kostitsyn, Y., Preinfalk, C., Gatter, I. and Strieder, A. J. 2003 Genesis of amethyst geodes in basaltic rocks of the Serra Geral Formation (Ametista do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil): a fluid inclusion, REE, oxygen, carbon, and Sr isotope study on basalt, quartz, and calcite. *Mineralium Deposita* 38, 1009-1025.
- Göncüoğlu, M.C., Toprak, G.M.V., Kuşcu, I., Erler, A., and Olgun, E. 1991. Orta Anadolu Masifinin Batı kısmının jeolojisi Bölüm 1: Güney Kesim. ODTÜ- TPAO Proj. Rep., 140 p. (yayınlanmamış).
- Gürbüz, M. 2007. Balıkesir-Dursunbey-Güğü Köyü civarındaki magmatitlerin jeolojisi ve petrografisi ile ametistlerin oluşumu, mineral kimyası ve ekonomisi. Doktora tezi (yayınlanmamış). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 139s, Adana.

Gürbüz, M ve Sayılı, İ.S. 2008: Güğü (Dursunbey-Balıkesir) Civarında Ametist İçeren Damarların Yer Aldığı Volkanik Kayaçların Jeokimyasal Özellikleri. Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Prof. Dr. Servet Yaman Maden Yatakları-Jeokimya Çalıştayı, Bildiri Özleri. 48-49. Adana

Ketin, İ. 1955. Yozgat Bölgesinin jeolojisi ve Orta Anadolu Masifi'nin tektonik durumu. TJK Bülteni, Sayı. 1-28

Keskin, E. 1992. Çiçekdağı (Kırşehir) Yerköy-Şefaati Yozgat dolaylarının jeolojisi ve kömür olanakları. MTA Genel Müdürlüğü Derleme Raporu.

Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions, Min.Soc.Am.Rev.in Min.,v.12, 646p.

Shepherd, T.J., Rankin, A.H., Alderton, D.H.M., 1985. A practical guide to fluid inclusion studies, Blackie, London, 239p.

---

**Makale Geliş Tarihi** : 14.04.2012

**Kabul Tarihi** : 01.10.2012

*Received* : 14.04.2012

*Accepted* : 01.10.2012







## TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ

### YAZIM KURALLARI

#### Yazıların hazırlanması

TÜRKİYE JEOLOJİ BÜLTENİ'nin yayın dili Türkçe ve İngilizce'dir. Türkçe makalelerde "Extended Summary", İngilizce makalelerde ise "Genişletilmiş Özet" verilmelidir. Yazarların ana dillerinin Türkçe olmaması durumunda, yazıların başlığı ve özeti ile çizelge ve şekillerin başlıkları Editörlükçe Türkçeye çevrilir. Ana dili İngilizce olmayan yazarlara, yazılarını Editörlüğe göndermeden önce, gramer ve üslup açısından, ana dili İngilizce olan bir kişiden katkı almaları özellikle önerilir. Hazırlanan makaleler orijinal ve daha önce basılmamış araştırma, yorum ya da her ikisine ait sentezi içermeli, veya teknik not niteliğinde olmalıdır. Yazının gönderilmesi, daha önce basılmamış veya başka bir yerde incelemede olmadığını gösterir.

Yazılar, aşağıda verilen düzen çerçevesinde hazırlanmalıdır.

- (a) **Başlık** (Türkçe ve İngilizce)
- (b) **Yazar adları** (koyu ve tamamı büyük harfle) ve **adresleri** (italik ve küçük harfle) ile başvurulacak **yazarın E-posta adresi**
- (c) **Öz** (Türkçe ve İngilizce)
- (d) **Anahtar Kelimeler** (Türkçe ve İngilizce)
- (e) **Giriş** (amaç, kapsam ve yöntem)
- (f) **Ana metin** (kullanılan yöntemler, çalışılan malzemeler, tanımlamalar, analizler vd.)
- (g) **"Tartışma ve Sonuçlar"** veya **"Tartışma ve Öneriler"**
- (h) **"Extended summary"/"genişletilmiş özet"**
- (i) **Katkı Belirtme** (gerekliyorsa)
- (j) **Kaynaklar**
- (k) **Çizelgeler**
- (l) **Şekiller Dizini**
- (m) **Şekiller**
- (n) **Levhalar** (var ise)

Metinde kullanılan değişik türde başlıklar farklı şekillerde ve tüm başlıklar sayfanın sol kenarında verilmelidir. Ana başlıklar büyük harflerle ve koyu yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar alt başlık olarak değerlendirilmeli ve birinci ve ikinci derece alt başlıklar küçük harfle (birinci derece alt başlıklarda her kelimenin ilk harfi büyük) ve koyu, üçüncü derece alt başlıklar ise italik olmalıdır. Başlıkların önüne numara veya harf konulmamalıdır. Yazılar (öz, metin, katkı belirtme, kaynaklar, ekler ve şekiller dizini) A4 (29.7 cm x 21 cm) boyutundaki sayfaların bir yüzüne, kenarlardan en az 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 cm aralıkla ve 12 puntuyla (Times New Roman) yazılmalı, ayrıca tüm sayfalara numara verilmelidir.

**Başlıklar şu şekilde olmalıdır:**

**ÖZ**

**ABSTRACT**

**GİRİŞ**

**ANA BAŞLIK**

**Birinci Derece Alt Başlık**

**İkinci derece alt başlık**  
**Üçüncü derece alt başlık**  
**SONUÇLAR VE TARTIŞMA**  
**GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**  
**KATKI BELİRTME**  
**KAYNAKLAR**

**Kapak Sayfası**

Yazıdan ayrı olarak sunulacak kapak sayfasında aşağıdaki bilgiler yer almalıdır.

- Yazının başlığı
- Yazar(lar)ın ad(lar)ı (ad ve soyadı kısaltılmadan)
- Tüm yazarların açık posta ve e-mail adresleri (Başvurulacak Yazar belirtilerek). Başvurulacak yazarın faks ve telefon numaraları da ayrıca belirtilmelidir.

**Başlık ve Yazarlar**

Yazının başlığı, çalışmanın içeriğini anlaşılır şekilde yansıtmalıdır. Eğer yazı Türkçe hazırlanmışsa, Türkçe başlığı (koyu ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) İngilizce başlık (italik ve kelimelerin ilk harfleri büyük harf olacak şekilde) izlemelidir. İngilizce hazırlanmış yazılarda ise, İngilizce başlık Türkçe başlıktan önce ve yukarıda belirtilen yazım kuralına göre verilmelidir.

Yazarlara ilişkin bilgi ise aşağıdaki örneğe uygun olarak verilmelidir:

Ahmet Ahmetoğlu                      Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,  
Tandoğan 06100 Ankara  
A. Hüsnü Hüsnüoğlu                 MTA Genel Müdürlüğü, Jeolojik Etüdler Dairesi, 06520 Ankara  
(e-posta: husnu56@mta.gov.tr)

**ÖZ**

Öz, çalışma hakkında bilgi verici bir içerikle (çalışmanın amacı, elde edilen başlıca sonuçlar) ve 300 kelimeyi aşmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Özde kaynaklara atıfta bulunulmamalıdır. Özler, hem Türkçe hem, İngilizce olarak verilmelidir. Türkçe hazırlanmış yazılarda Öz'den sonra "Abstract" (italik) yer almalı, İngilizce yazılarda ise italik yazılmış Türkçe Öz Abstract'ı izlemelidir.

**Anahtar Kelimeler**

Öz ve Abstract'ın altında en az 2, 7 kelimeyi aşmayacak şekilde ve yazının konusunu yansıtan anahtar kelimeler Türkçe ve İngilizce olarak verilmelidir. Anahtar kelimeler, alfabetik sırayla küçük harfle (ilk anahtar kelimenin ilk harfi büyük) yazılmalı ve aralarına virgül konmalıdır. Teknik Not ve Tartışma türü yazılarda anahtar kelimelerin verilmesine gerek yoktur.

**EXTENDED SUMMARY/GENİŞLETİLMİŞ ÖZET**

Genişletilmiş özet 2500 kelimeyi geçmemelidir. Ancak makalenin öz/abstract kısmından daha geniş hacimli olmalıdır. Genişletilmiş özet kısmında yeni bir şekil ve çizelge verilmemelidir. Ancak makalede kullanılan şekil ve çizelgelere bu kısımda atıf yapılabilir. Aynı şekilde, makale içinde atıf yapılan kaynaklara da gerektirdiğinde bu kısımda atıf yapılmalıdır.

**KATKI BELİRTME**

Katkı belirtme, kısa olmalı ve teşekkür edilecek olanlar çalışmaya en önemli katkıyı sağlayan kişilerin ve/veya kuruluşların adlarıyla sınırlandırılmalıdır. Teşekkür edilecek kişilerin açık adları unvanları belirtilmeksizin verilmeli, ayrıca bu kişilerin görevli oldukları kurum ve kuruluşların adları da eklenmelidir.

**DEĞİNİLEN BELGELER**

(aşağıdaki örnekler ile kesinlikle uyumlu olmalıdır)

**(a) Süreli yayınlar :**

Hoek, E. ve David, M., 1990. Estimating Mohr - Coulomb friction and cohesion values from Hoek - Brown failure criterion. International Journal of Rock Mechanics, 27(3), 220 - 229.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Makalenin başlığı. Süreli Yayının Adı (kısaltılmamış), Cilt No. (Sayı No.), sayfa no.

**(b) Bildiriler:**

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 - Rock Characterization, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Bildirinin başlığı. Sempozyum veya Kongrenin Adı, Editör(ler) varsa, Basımevi,

Cilt/Sayı No. (birden fazla ciltten oluşuyorsa), Düzenlendiği Yerin Adı, sayfa no.

**(c) Kitaplar:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York, 562 s.  
Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869, 520 s. Yazar ad(lar)ı, Tarih. Kitabın Adı (ilk harfleri büyük). Yayınevi, Basıldığı Şehrin Adı, sayfa sayısı.

**(d) Raporlar ve Tezler:**

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234, 17 s (yayınlanmamış).

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütlesi içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

Yazar ad(lar)ı, Tarih. Raporun veya tezin başlığı. Kuruluşun veya Üniversitenin Adı, Arşiv No. (varsa), sayfa sayısı (yayınlanıp, yayınlanmadığı)

**(e) Kişisel Görüşme:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) İnternette İndirilen Bilgiler:**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. Kurumun Adı , Tarih. Web adresi, Web adresine girildiği tarih.

Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

**Eşitlikler ve Formüller**

Matematiksel semboller ve formüller el yazısıyla yazılmamalıdır. Eşitlik numaraları eşitliğin hizasında ve sağ kenarına dayandırılarak birbirini izleyen bir sırayla parantez içinde, ayrıca eşitliklerdeki sembollerin anlamı makalede ilk kez kullanıldıkları eşitliğin altında verilmelidir.

Burada; makaslama dayanımı, c kohezyon, normal gerilme ve içsel sürtünme açısıdır". Eşitliklerde kullanılan alt ve üst indisler belirgin şekilde ve daha küçük karakterle yazılmalıdır (örneğin;  $I_d$ ,  $x_2$ ). Karekök işareti yerine parantezle birlikte üst indis olarak 0.5 kullanılmalıdır (örneğin;  $c_{mass} = s0.5$ ). Çarpım işlemi göstermek için herhangi bir işaret kullanılmamalı, ancak gerekli durumlarda "\*" işareti tercih edilmelidir (örneğin;  $y = 5 \cdot 10^{-3}$ ). Bölme işareti olarak yatay çizgi yerine "/" işareti kullanılmalıdır. Kimyasal formüllerde iyonların gösterilmesi amacıyla  $Ca^{++}$  ve  $CO_3^{--}$  yerine  $Ca^{2+}$  ve  $CO_3^{2-}$  tercih edilmelidir. Metinde eşitlikler "eşitlik (1)" şeklinde atıfta bulunulmalıdır. Gerekliyse, bilgisayar programı listeleri de net ve okunur şekilde ekte verilmelidir.

### Çizelgeler

Çizelgeler, başlıklarıyla birlikte, Dergi'nin sayfalarındaki baskı alanını (15.8 cm x 22.5 cm) aşmayacak şekilde hazırlanmalı ve birbirini izleyen sıra numaralarıyla verilmelidir. Çizelgelerin üst kısmında hem Türkçe, hem de İngilizce başlıkları bulunmalıdır (Çizelge başlıkları ayrı bir sayfada liste halinde verilmemelidir). Makalenin Türkçe yazılması halinde İngilizce başlık italik harflerle Türkçe başlığın altında yer almalı, İngilizce makalelerde ise, italik yazılmış Türkçe başlık İngilizce başlıktan sonra verilmelidir. Çizelgeler, "Çizelge 1" vb. şeklinde sunulmalıdır. Metinde çizelgelere Çizelge 1 veya Çizelge 1 ve 2 (eğer birden fazla sayıda çizelgeye atıfta bulunulacaksa) şeklinde değinilmelidir. Çizelgeler, metinde kullanılan karakterlerden daha küçük (10 veya 11 punto) karakterle yazılmalı ve Dergi'nin tek (7.3 cm-Genişlik) veya çift (15.8 cm-Genişlik) kolonuna sığacak şekilde düzenlenmelidir. Çizelgelerde düşey çizgiler kullanılmamalı, yatay çizgiler ise sadece çizelgenin alt ve üstünde, ayrıca çizelgedeki başlıklar ile bunların altında listelenen rakamları ayırmak için kullanılmalıdır (Bunun için Dergi'nin önceki sayılarına bakılması önerilir). Çizelgelerde makalenin diğer kısımlarında verilen bilgi veya sonuçların (örneğin grafikler vb.) tekrar verilmemesine özen gösterilmelidir. Her çizelge ayrı sayfalara bastırılarak metnin sonunda (Kaynaklar dizininin sonra) sunulmalıdır. Çizelgelerdeki kısaltma ve simgeler daha küçük karakterlerle çizelgelerin altında verilmelidir (örneğin; c: tek eksenli sıkışma dayanımı; II: illit;....vd.).

### Şekiller

Çizim, grafik ve fotoğraf gibi tüm şekiller yüksek kalitede basılmış olarak "Şekil" başlığı altında ve metin içinde anıldıkları sırayla numaralandırılarak verilmelidir. Şekiller orijinal çıktılar olup, ayrı sayfalara bastırılarak ve katlanmadan gönderilmelidir. Şekil numaraları sayfanın sağ üst köşesine yazılmalı, ayrıca şekiller küçültülüp büyütülebilecek halde sunulmalıdır. Şekil açıklamaları; şekillerin altına yazılmamalı ve ayrı bir sayfaya bastırılarak "Şekiller Dizini" başlığıyla verilmeli, ayrıca "Şekil 1." olarak başlamalıdır. Çizelgeler için yukarıda belirtilen yazım kurallarına benzer şekilde, şekil başlıkları hem Türkçe, hem de İngilizce hazırlanmalıdır. Ayrı sayfalara bastırılmış olan şekiller, çizelgelerden sonra sunulmalıdır. Şekiller için en büyük boyut, şekil başlığını da içerecek biçimde 15.8 cm (Genişlik) x 22.5 cm (uzunluk) olmalıdır. Tüm şekillerin Dergi'nin tek veya çift kolonuna sığacak boyutlarda hazırlanması ve mümkünse daha çok tek kolona göre tasarlanması önerilir. Katlanmış şekiller ile renkli şekiller Dergi'ye kabul edilmez. Özellikle haritalar, araziyle ilgili çizimler ve fotoğraflar, sayısal ölçek (1:25000 vb.) yerine, metrik sisteme uygun çubuk ölçekle verilmelidir. Tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir. Bölgesel haritalarda, uygun olduğu takdirde, ulusal grid veya enlem/boylam değerleri verilmelidir. Harita açıklamaları, şekil başlığıyla birlikte değil, şeklin üzerinde yerelmalıdır. Fotoğraflar, çizimler veya bunların birlikteliğinden oluşan şekiller (a), (b) vb. gibi gruplar halinde verilebilir. Bu tür sunumlarda (örneğin; Şekil 5a ve 5b) a, b, c vb. gibi tek bir şekle ait çizimler veya fotoğraflar, ayrı sayfalarda basılması yerine, gruplandırılarak aynı sayfada sunulmalıdır. Şekillerde açık gölge ve tonlarından kaçınılmalı, özellikle bilgisayar programlarından elde edilen grafiklerde bu hususa dikkat edilmelidir. Gölgeleme belirgin, fotoğraflar siyah-beyaz ve iyi bir kontrasta sahip olmalıdır. Tüm şekiller, Şekil 1 veya Şekil 1 ve 2 (birden fazla şekle değiniliyorsa) gibi ve metinde anıldıkları sırayla numaralandırılmalıdır. Bir dizi fosil fotoğraflarını içeren şekiller Levha olarak değerlendirilmeli ve parlak kağıda basılmış orijinal halde verilmelidir. Levha sayısı mümkün olduğunca az tutulmalıdır. Levhalara ilişkin açıklamalar, hem Türkçe hem İngilizce olarak aynı sayfada verilmelidir.

### MAKALELERİN EDİTÖRLÜĞE GÖNDERİLMESİ

Metin, şekil, tablo ve başlıkların iyi kaliteli A4 kağıda basılmış üç kopyası, aşağıdaki yazışma adresine gönderilmelidir.

#### TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDİTÖRLÜĞÜ

T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK 464, Yenişehir 06444, Ankara

Tel : (312) 432 30 85 / (312) 434 36 01

Faks : (312) 434 23 88

Ayrıca makalelerin gönderildiği, aşağıdaki editörün e-mail adresine de mesaj ile mutlaka bildirilmelidir.

E-posta: Orhan TATAR orhantatar@cumhuriyet.edu.tr

### **YAYIMA KABUL EDİLEN MAKALELERİN SUNUMU**

Yazarlar, makalelerinin yayıma kabulü halinde, makalenin düzeltilmiş son kopyasını orijinal çıktısıyla birlikte CD'ye de kopyalayarak (metin, çizelgeler ve tablolar) Editör'e göndermelidir. Levhalar iyi kalitede basılmış olarak gönderilmelidir. Metin, çizelgeler ve şekiller elektronik ortamda (internet aracılığıyla) gönderilmemelidir. Makaleler WORD ile hazırlanmalıdır. Diskin üzerinde yazarların adları, kullanılan yazım programının adı ve versiyonu, makalenin başlığı ve dosyanın adı belirtilmelidir. Levhalar hariç, tüm şekiller Corel Draw ile hazırlanmalıdır. Bununla birlikte, şekillerin 300 dpi'dan az olmamak koşuluyla JPG dosyaları da gönderilmelidir.

### **PROVA BASKILAR**

Makalelerin prova baskıları, dizgi ve yazım hatalarının olup olmadığının kontrolü için Başvurulacak Yazar'a gönderilir. Prova baskılarda yapılacak düzeltmeler yazım hataları ile sınırlı olup, yazarların makaleyi kabul edilmiş son halinden farklı bir duruma getirebilecek değişiklikler ve düzeltmeler yapması kabul edilmez. Prova baskılar, yazarlar tarafından alındıktan sonra en geç üç gün içinde Editör'e gönderilmelidir. Gecikmeli olarak yapılacak düzeltmelerin baskıya verilmesi garanti edilmeyeceği için, yazarların prova baskıları göndermeden çok dikkatli şekilde kontrol etmeleri önerilir.

### **AYRI BASKILAR**

Makalenin onbeş ayrı baskısı, makalenin basıldığı sayı ile birlikte ücretsiz olarak Başvurulacak Yazar'a gönderilir. İlave ayrı baskı talep edilmemelidir.

### **TELİF HAKLARI**

Yazar veya Başvurulacak Yazar (birden fazla yazarlı makalelerde), kendisi ve diğer yazarlar adına "Telif Hakkı Devir Formu"nu makalenin baskıya verilmesinden önce imzalamalıdır. Bu sözleşme, Jeoloji Mühendisleri Odası'na yazarlar adına telif hakkı alınmış yayınlarını koruma olanağı sağlamakla birlikte, yazar(lar)ın makalenin sahibi olma haklarından vazgeçtiği anlamına gelmemektedir. Telif Hakkı Devir Formu, en kısa sürede Editör'e gönderilmelidir. Bu form Editör'e ulaştırılıncaya değin, makale yayına kabul edilmiş olsa bile, baskıya gönderilmez.



## GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY

### INSTRUCTIONS FOR CONTRIBUTORS

#### Preparation of Manuscripts

The language of the GEOLOGICAL BULLETIN OF TURKEY is both Turkish and English. For manuscripts submitted in English "Genişletilmiş Özet", for manuscripts submitted in Turkish "Extended Summary" should be given. If the author(s) are residents of a non-Turkish speaking country, titles, abstracts, and captions of figures and tables are translated into Turkish by the Editors. It is strongly recommended that authors whose native language is not English, should ask a person whose native language is English to check the grammar and style of manuscript before submission. Papers should be original and comprise previously unpublished research, interpretations, or synthesis of two, or technical notes. Submission implies that the manuscript is not currently under consideration for publication elsewhere.

Manuscripts should generally be structured as follows:

- (a) **Title** (English and Turkish)
- (b) **Names of authors** (bold and in capital), **their affiliations** (italic and lower-case) and the name and E-mail address of the corresponding author.
- (c) **Abstract** (English and Turkish)
- (d) **Key words** (English and Turkish)
- (e) **Introduction** (aim, content and methodology)
- (f) **Main text** (methods, material studied, descriptions, analyses etc.)
- (g) **"Results and Discussion"** or **"Conclusions and Recommendations"**
- (h) **"Extended summary"** / **"Genişletilmiş özet"**
- (i) **Acknowledgements** (if necessary)
- (j) **References**
- (k) **Tables**
- (l) **List of figure captions**
- (m) **Figures**
- (n) **Plates** (if any)

The various levels of headings used in the manuscript should be clearly differentiated. All headings should be in left-aligned. Major headings should be bold capitals. Secondary headings should be considered as sub-headings. Primary- and secondary-subheadings should be given in lower-case and tertiary headings in italics. Headings should not be preceded by numerals or letters. Manuscripts (abstract, main text, acknowledgments, references, appendices and figure captions) should be typed on one side of the paper (A4 size: 29.7 cm x 21 cm) with wide margins (at least 2.5 cm) and 1.5 line-spaced throughout, at a font size of 12 point (Times New Roman) and with all pages numbered.

#### Examples for headings:

**ABSTRACT**

**INTRODUCTION**

**PRIMARY HEADING**

**Primary Sub-Heading**

**Secondary sub-heading**

**Tertiary sub-heading**





**(b) Proceedings and Abstracts:**

Ünal, E., Özkan, İ. ve Ulusay, R., 1992. Characterization of weak, stratified and clay bearing rock masses. ISRM Symposium: Eurock'92 - Rock Characterization, Chester, U.K., 14-17 September 1992, J.A.Hudson (ed.), British Geotechnical Society, London, 330-335.

Author(s), Date. Title of paper. Title of Symposium or Congress, Name of Editor(s), Name and Location of Publisher, Vol. (if any), pages

**(c) Books:**

Goodman, R.E., 1988. Introduction to Rock Mechanics. John Wiley and Sons, New York.

Ketin, İ. ve Canitez, N., 1972. Yapısal Jeoloji. İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, Sayı:869.

Author(s), Date. Name of Book. Name and Location of Publisher

**(d) Unpublished Reports and Thesis:**

Demirok, Y., 1978. Muğla-Yatağan linyit sahaları jeoloji ve rezerv ön raporu. MTA Derleme No:6234. (yayınlanmamış). [Author(s), Date. Title of report. Name of Organization, Report No., Name of City (unpublished).]

Sönmez, H., 1996. T.K.İ.-E.L.İ. Soma Linyitleri açık işletmelerinde eklemli kaya kütleli içindeki şevlerin duraylılığının değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü., Ankara, Yüksek Mühendislik Tezi, 99 s (yayınlanmamış).

Author, Date. Title of thesis. Type of Thesis (MSc or PhD), Name of University or Institution, City, Country (unpublished).

**(e) Personal Communications:**

Sözbilir, H., 2005. Personal communication. Geological Engineering Department of 9 Eylül University, İzmir, Turkey.

**(f) Information Downloaded from the Internet**

ERD (Earthquake Research Department of Turkey), 2005. <http://www.gov.tr>, 3 April 2005. [Name of the Organization, Date. Web address, date of access to website.]

Turkish references can also be given directly in Turkish. For such references please use Turkish characters.

**Mathematical Expressions**

Mathematical symbols and formulae should be typed. Equation numbers should appear in parentheses at the right-hand side of the equations and be numbered consecutively. For Greek or other non-Roman letters, identify the symbol in words in the left-hand margin just below the equation the first time it is used. In addition, the meaning of symbols used in equations should be given below the equations. "

Where  $\tau$  is the shear strength,  $c$  is cohesion,  $\sigma$  is normal stress and,  $\phi$  is internal friction angle." Subscripts and superscripts should be given clearly and written in smaller character (e.g.  $\text{Id}$ ,  $x^2$ ). Instead of square-root symbol, an indice of 0.5 should be used (e.g.  $y = 5x^{0.5}$ ). For the of multiplication sign do not use any symbol, however if necessary, the symbol "\*" can be preferred (e.g.  $y=5*10^{-3}$ ). Please use "/" for division instead of a horizontal line between numerator and denominator. In the expression of chemical reactions, ions should be given as  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  (not  $\text{Ca}^{++}$  and  $\text{CO}_3^{--}$ ). In the text, equations should be referred to as equation (1). Computer program listings, if appropriate, must be very clear in an Appendix.

**Tables**

Tables with their titles should not exceed the printed area of the page (15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep)) and be numbered consecutively. Both Turkish and English titles should appear at the top of a table (do not print table captions on a separate sheet). If the manuscript is written in Turkish, English title in italics should follow the Turkish title. For manuscripts in English, a Turkish title should appear below the English title in italics. They should begin "Table 1." etc. Tables should be referred to as Table 1 or Tables 1 and 2 (if more than one table is referred to). Tables can be written in a font size smaller than that of the text (10 or 11 point). Tables should be arranged to fit single column (7.3 cm wide) or double column (15.8 cm wide). No vertical rules should be used.

Horizontal rules should only be used at the top and bottom of the tables, and to separate headings and numbers listed in the tables (Please check the previous issues of the Journal). Tables should not duplicate results presented elsewhere in manuscript (e.g. in graphs). Each table should be separately printed and appear after the text (after references). All abbreviations and symbols must be identified with smaller character underneath the tables (e.g. c: uniaxial compressive strength; Il: Illite; etc).

### **Illustrations**

All illustrations, whether diagrams, charts and photographs, should be of high quality, referred to as "Figures" and be numbered consecutively as they appear in the text. They must be originals presented separately from manuscripts, and not be folded. The number of the figure should be given at top on the right-hand side of the paper. Illustrations should be provided in camera-ready form, suitable for reproduction (which may include reduction) without retouching. Figure captions should be supplied on a separate sheet and should begin "Figure 1." etc. As with the rules given for tables, figure captions should also be given both in Turkish and English. All illustrations should be printed on separate pages and given offer tables together with a list of figure captions. The maximum printed size of illustrations is 15.8 cm (wide) x 22.5 cm (deep) together with figure captions. It is recommended that all illustrations should be designed with the Journal's single-column or two-column layout in mind, and where possible, illustrations should be designed for a single column. Foldout and colored illustrations are not accepted. Illustrations, particularly maps, field sketches and photographs should have a metric bar scale rather than magnification factors. All maps should have a north mark. Regional maps may include National Grid or latitude/longitude number where appropriate. Map keys should be given on the figure, not in the figure caption.

Photographs, line drawings, or combinations may be grouped as figure parts (a), (b), etc. It is preferred that these are mounted. Letters or numerals should not be less than 1 mm after reduction. Avoid fine shading and tones, particularly from computer graphics packages. Shading should be distinct. Photographs must be black and white and sharp, and exhibit good contrast.

All illustrations must be numbered in the order in which they are referred to and discussed in the text as Figure 1 or Figures 1 and 2 (if more than one figures is referred to). Illustrations consisting of a set of fossil photographs should be given as "Plates" and submitted as original glossy prints and mounted in the desired layout. The number of plates should be kept to a minimum. Explanations of plates should be given in both Turkish and English on the same page.

### **SUBMISSION OF MANUSCRIPTS**

Three copies of the text, figures, tables and captions on good quality A4 paper should submitted to the following Adress:

TÜRKİYE JEOLJİ BÜLTENİ EDITÖRLÜĞÜ  
T.M.M.O.B. Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK 464, Yenışehir 06444, Ankara

After submitting of the manuscript, the e-mail message must be sent to the editor.

E-posta: Orhan TATAR orhantatar@cumhuriyet.edu.tr

### **FINAL SUBMISSION OF MANUSCRIPTS ACCEPTED FOR PUBLICATION**

On acceptance of a manuscript, authors must submit one hard copy of the revised final draft as well as a copy of the manuscript on disk (both text, and tables and figures) in standard word processing format. High quality originals of plates should be submitted. Text, tables and figures should not be electronically transmitted, via the internet. Manuscripts should be processed in WORD. The disk should be clearly labeled with names of authors, version of word processor, a short title and file name. Please keep the paper as one file. Illustrations (except Plates) are welcome using the Corel Draw or Free Hand drawing program for PC. However, JPG files of the illustrations in resolution not less than 300 dpi should also be included.

### **PROOFS**

One set of page proofs are sent to the corresponding author to be checked for typesetting/editing errors. Corrections should

be restricted to typesetting errors, change or corrections that constitute departures from the article are not accepted. Proofs should be returned to the Editor within 3 days of receipt. Please note that the authors are urged to check their proofs carefully before return, since the inclusion of late corrections cannot be guaranteed.

#### **REPRINTS**

Fifteen reprints and a copy of the issue are supplied free of charge. They are sent to the corresponding author. Additional reprints must not be ordered.

#### **COPYRIGHT**

The author or corresponding author on behalf of all authors (for papers with multiple authors) must sign the "Copyright Transfer" agreement before the article can be published. This transfer agreement enables the Chamber of Geological Engineers to protect the copyrighted material for the authors, but does not relinquish the authors' proprietary rights. The Copyright Transfer form should be sent to the Editor as soon as possible. Manuscripts accepted for publication will not be sent to print until this form is received by the Editor.

# TÜRKİYE JEOLojİ BÜLTENİ

*Geological Bulletin of Turkey*

Aralık 2011 Cilt 54 Sayı 3  
December 2011 Volume 54 Number 3

## İÇİNDEKİLER CONTENTS

**Uğur TEMİZ, Y. Ergun GÖKTEN**

**Ms 6.8 19 Nisan 1938 Akpınar (Kırşehir) Depreminin Coulomb Gerilme Analizi**

*Coulomb Stress Analysis of The 19 April, 1938 Ms 6.8 Akpınar Earthquake (Kırşehir) ..... 81*

**Nizamettin KAZANCI, Mümtaz KİBAR, Yusuf Kağan KADIOĞLU**

**Orta Anadolu Geç Neojen Tortullarında Asteroid Çarpma Bulguları**

*Findings of an Asteroid Impact crater within the Late Neogene Deposits in Central Anatolia, Turkey..... 93*

**Bülent ÖZMEN**

**Kastamonu ve Yakın Çevresi İçin Deprem Olasılığı Tahminleri**

*Earthquake Probability Forecasts for Kastamonu and Near Surroundings ..... 109*

**Nihal ÇEVİK, Zeynep AYAN, Ebru COŞKUN ve İ. Sönmez SAYILI**

**Belkavak Köyü (Yerköy-Yozgat) Civarındaki Kuvars ve Ametist Oluşumlarında  
Mikrotermometrik Özellikler**

*Microthermometric features in Quartz and Amethyst occurrences around Belkavak village  
(Yerköy-Yozgat) ..... 123*

### **Türkiye Jeoloji Bülteni makale dizin ve özleri:**

GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology, Geology, Geo  
Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS ve ULAKBİM  
Veri Tabanlarında yer almaktadır.

### ***Geological Bulletin of Turkey is indexed and abstracted in:***

*GeoRef, Geotitles, Geoscience Documentation, Bibliography of Economic Geology,  
Geo Archive, Geo Abstract, Mineralogical Abstract, GEOBASE, BIOSIS and ULAKBİM Database*

#### **Yazışma Adresi**

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası  
PK. 464 Yenışehir, 06410 Ankara  
Tel: (0312) 434 36 01  
Faks: (0312) 434 23 88  
E-Posta: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr

#### **Correspondence Address**

UCTEA Chamber of Geological Engineers of Turkey  
PO Box 464 Yenışehir, TR-06410 Ankara  
Phone: +90 312 434 36 01  
Fax: +90 312 434 23 88  
E-Mail: jmo@jmo.org.tr  
URL: www.jmo.org.tr