

31 TEMMUZ 2005-1 AĞUSTOS 2005 ve 20-27 ARALIK 2007 AFŞAR-BALA (ANKARA) DEPREM DİZİSİ

JULY 31, 2005 - AUGUST 1, 2005 AND DECEMBER 20-27, 2007
AFŞAR-BALA (ANKARA) EARTHQUAKE SEQUENCE

Doğan KALAFAT^{1*}, Kıvanç KEKOVALI, Pınar DENİZ,
Yavuz GÜNEŞ, Ali PINAR², Gündüz HORASAN³

¹ B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve DAE., Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM), 34684, Çengelköy-İstanbul

² İ.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar-İstanbul

³ S.Ü. Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sakarya

Yayına Geliş (Received): 14.02.08, Yayına Kabul (Accepted): 29.01.09

*Corresponding author

Öz: 31 Temmuz 2005 tarihinde, yerel saatle 00:45'de Ankara'nın Bala ilçesinde ve ona bağlı belde ve köyleri kuvvetlice sarsan bir deprem olmuştur. Bu depremle birlikte bölgede başlayan sismik etkinlik aynı gün yoğun olarak devam etmiş ve sabaha kadar büyüklükleri $M=2.6-3.6$ arası yaklaşık 40 adet hafif şiddette deprem meydana gelmiştir. 31 Temmuz Bala depreminin dış merkezi Ankara'nın Bala ilçesinin yaklaşık 12 km. güneyine Afşar beldesi yakınlarına düşmektedir. Depremin dış merkezinin Ankara iline oldukça yakın olması nedeniyle Ankara ve çevresinde kuvvetlice hissedilmiştir. Depremde can kaybı olmamakla birlikte, özellikle Bala ilçesine bağlı Sarıpınar, Bahçekaradalak, Yeniyapanşeyhli köylerinde kerpiç evlerde hasar meydana gelmiştir. 20 Aralık 2007 yerel saat ile 11:48'de $M_w=5.5$ büyüklüğünde depremle başlayan etkinlik, 27 Aralık'ta yerel saat ile 01:47'de büyüklüğü $M_w=5.3$ depremle devam etmiştir. Depremlerin dışmerkezleri, Afşar beldesi Yeniyapan, Sarıpınar köyü yakın çevresidir, nitekim bölgedeki hasar dağılımı da bunu doğrulamaktadır. Afşar beldesi ve yakın köylerde yaklaşık 500 yığma kerpiç konut ağır hasar görmüştür. Bölge genel anlamda Anadolu Bloğu'nun iç deformasyon alanı olup aktif tali kırıklar mevcuttur ve bu kırıklar orta büyüklükte depremler üretmektedirler. Bölgedeki deprem oluş düzeni "Deprem Dizileri" şeklinde olup, deprem dizleri bölgede bulunan aktif fayların uzunluklarına ve miktarlarına bağlı olarak büyüklüğü genel olarak $M=4.7-5.7$ arasında depremler üretmektedirler. Depremlerin faylanma mekanizmaları Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI)'nin sayısal genişbantlı (BB) deprem istasyonlarının verileri kullanılarak Moment Tensör Çözüm Tekniği ile saptanmıştır. Faylanma mekanizmaları bölgedeki deprem aktivitesinin genel anlamda eğim atım bileşeni olan doğrultu atımlı KB-GD ve KD-GB gidışli birbirine çapraz verrev fayların etkisi ile meydana geldiğini göstermektedir. Artçı depremlerin dağılımı da bu sonucu desteklemektedir. Bölgedeki yaklaşık 3 yıldan beri süren deprem etkinliğini Afşar-Bala (Ankara) deprem dizisi olarak tanımlayabiliriz. Her üç deprem ve onları izleyen yaklaşık 2000 adet küçük deprem sırasında can kaybı olmazken az sayıda yaralanma olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Levha içi deprem, artçı sarsıntılar, moment tensör çözümü, gerilme tensörü

ABSTRACT: The earthquake occurred on 31 July 2005 at 00:45 local time that was felt strongly in Bala district of Ankara city and its surrounding villages. This activity continued at the morning of the same day and about 40 small earthquakes with $2.6 \leq M \leq 3.6$ occurred in the region. The epicenter of this earthquake is about 12 kilometers south of Afşar town of Bala district. No people were killed, but the damage were considerably in the villages including, Sarıpınar, Bahçekaradalak, Yeniyapanşeyhli that have adobe and soil-roof buildings. The earthquake activity began on 20 December 2007 at 11:48 local time with $M_w=5.5$ earthquake and continued following $M_w=5.3$ earthquake that occurred at 01:47 local time on 27 December. The epicenters of the earthquakes took place in the vicinity of Sarıpınar and Yeniyapan villages of Afşar district. About 500 adobe houses were

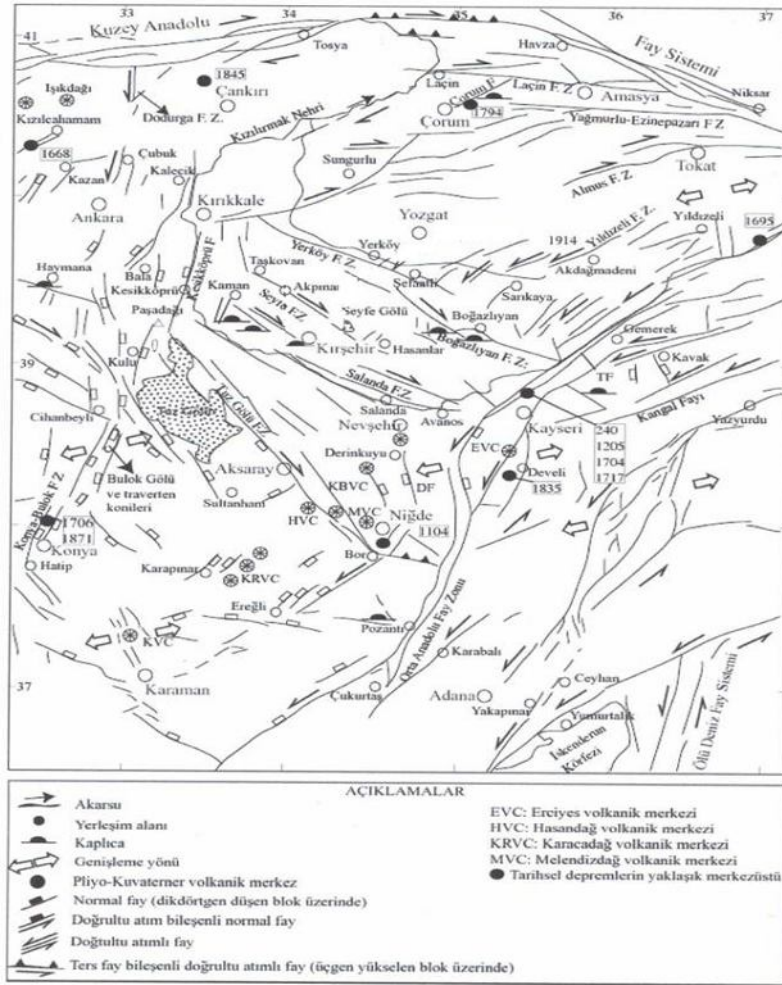
damaged in the Afşar district and its surrounding villages. The region is controlled generally by the internal deformation of Anatolian Block. There are several active faults that cause moderate earthquakes in the region quite often. Earthquake activity generally starts an earthquake series that cause earthquakes with $4.7 \leq M \leq 5.7$ dependent on the dimensions and number of the active faults in the region. The fault plane solutions of the earthquakes were calculated of from digital broadband (BB) stations of Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) using regional moment tensor inversion method. According this analysis, the earthquake activity was occurred with the effect of NW-SE and NE-SW trending strike slip faults with oblique components that could be interpreted as a form transverse oblique faults with each others. The distribution of the aftershocks in the region coincides with this result. The earthquake activity has continued about three years that could be interpreted as an Afşar-Bala (Ankara) earthquake series. No people were killed and a few persons injured with three earthquakes and the following about small 2000 earthquakes.

Anahtar Kelimeler: Intraplate earthquake, aftershocks, moment tensor solution, stress tensor

GİRİŞ

Doğu Anadolu sıkışma bölgesi ve Batı Anadolu açılma bölgesi arasında kalan İç Anadolu bölgesi, kuzeyde Kuzey Anadolu Fayı (KAFZ), güneyde Toros Dağları ile sınırlandırılmıştır. Bölgenin en belirgin morfolojik yapısını simgeleyen Konya ve Tuz gölü

havzalarının Batı Anadolu Graben sistemine aşamalı olarsak geçiş gösterdiği ifade edilmektedir (Şengör, 1980). Tuz gölünün her iki kenarında KB-GD doğrultusunda Aksaray'a oradan da volkanik Hasan dağlarına uzanan fay sistemleri mevcuttur (Şekil 1).



Şekil 1: Orta Anadolu ve yakın çevresinin neotektonik haritası (Koçyiğit, 2003).

Figure 1: The neotectonic map of Central Anatolia and its near neighbourhood (Koçyiğit, 2003).

Bu fay sistemlerinde eğim atımlı normal ve ters faylanmalara rastlanmaktadır. Bölgede yapılan fay düzlemi çözümleri de, büyük normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylanmalar ve ters fay bileşeni olan doğrultu atımlı faylar ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Kalafat, 1995).

Tarihsel dönemde Yozgat-Kırıkkale-Kırşehir-Ankara Yöresi, özellikle Ankara'nın K-KD'sundaki ve

K-KB'sındaki kaynaklardan, dolayısı ile Kuzey Anadolu Fayı üzerinde olan tahripkar depremlerden dolayı olarak etkilenmişlerdir (Şekil 2, Tablo 1). Bunun yanında tarihsel kayıtlarda bu şehirlerimizi doğrudan etkileyen tahripkar depremler görülmemektedir. Ancak bu şehirlerimizi etkileyen ve çevresinde deprem üreten kaynakların da varlığı bilinmektedir (Kalafat ve Bağcı, 2001).



Şekil 2: Tarihsel dönemde (M.Ö. 2100 - M.S. 1900) bölgede etkili olan depremler.

Figure 2: The historical period earthquakes in the region (BC 2100-AC 1900).

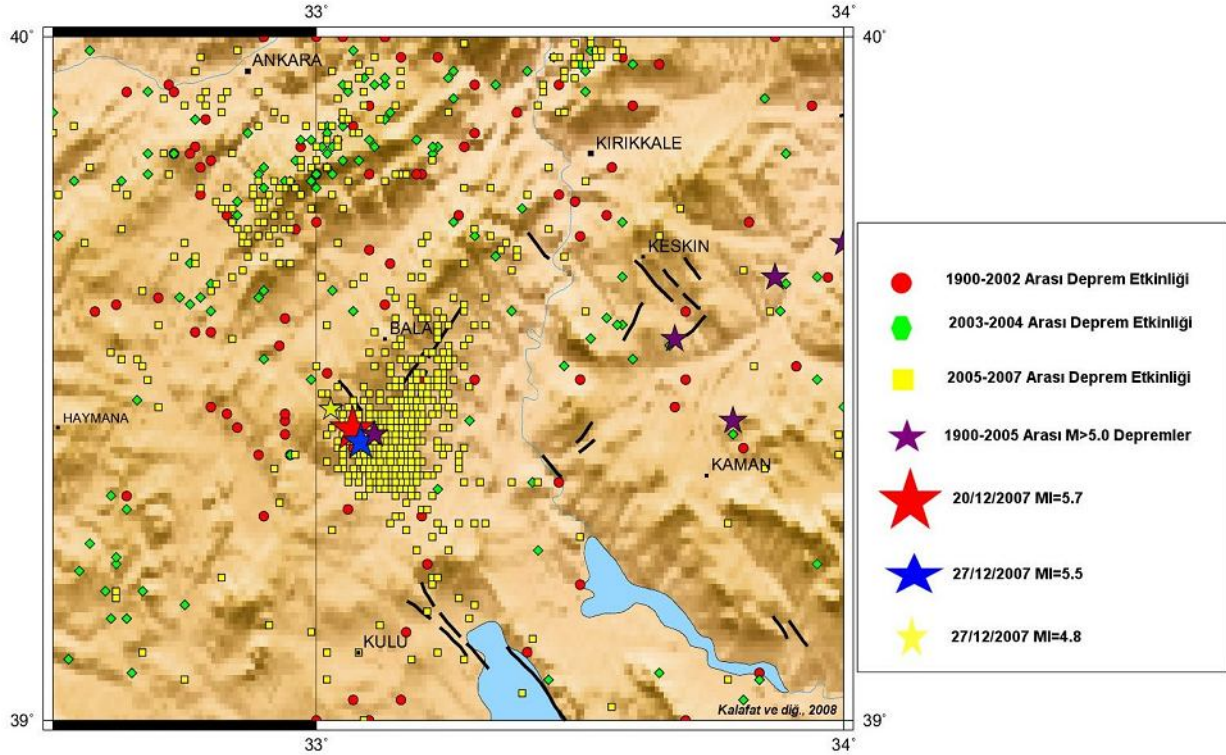
Çizelge 1: Tarihsel dönemde etkili olan depremler.

Table 1: The historical period earthquakes.

Oluş Tarihi	Koordinat	Şiddet	Yer
1075	40.60°K - 34.95°D	VIII	Çorum ve Yöresi
1509	40.55°K - 35.00°D	VIII	Çorum ve Yöresi
1598	40.40°K - 35.40°D	IX	Amasya, Çorum
12.08.1668			Beypazarı
15.08.1668			Ankara
17.08.1668	40.90°K - 36.00°D	IX	Amasya, Tokat (faylanma 380 km)
12.05.1844	40.98°K - 34.80°D	VIII	Osmancık, Çorum, Ankara (200 ölü)

Kaynak: (Ambraseys ve Finkel 2003; Soysal ve diğ., 1981)

Bölge genel anlamda iç deformasyon alanı olup, birçok diri fay parçasını içinde barındırır. Özellikle Ankara'nın güneyinden kuzeyine doğru Kırıkkale'ye, Bala-Kulu arası ve Bala-Keskin-Kırıkkale arasındaki depremsellik dikkat çekmektedir (Şekil 3).

BALA (ANKARA) ve YAKIN ÇEVRESİ Deprem Etkinliği (1900-2007)

Şekil 3: Aletsel dönemde (1900-2007) bölgedeki deprem etkinliği.
Figure 3: The instrumental period earthquake activity.

ALETSEL DÖNEMDE BÖLGEDE MEYDANA GELMİŞ ÖNEMLİ DEPREMLER

9 Mart 1902 Korgun-Çankırı Depremi

$M_s=5.5$, $I_0= VIII$ (MSK), Çankırı ve çevresinde etkili olmuştur. Bu depremin merkezi Korgun yakınları olarak belirtilmektedir (Ambraseys ve Finkel, 1987b). Birçok ön ve art sarsıntıları olan bu deprem, Çankırı ve çevresindeki yerleşim birimlerinde ağır hasara neden olmuş, Çankırı merkezinde 3000 ev yıkılmış ve ağır hasar görmüş, 4 kişi ölmüş, 100 kişi de yaralanmıştır. Deprem Orta Anadolu'da geniş çapta hissedilmiştir (Eyidoğan ve diğ., 1991).

25 Haziran 1910 Osmancık-Çorum Depremi

O.Z. = 19:26 U.T.; 41.00 K – 34.00 D, $M_s=6.1$, $I_0= VII$ (MSK), Çorum ve çevresinde etkili olmuştur (Ambraseys ve Finkel, 1987b). Kuzey Anadolu fayı üzerinde olan bu depremin bir ön aktivitesi olmuştur. Öncü depremler Sinop, samsun ve Çankırı arasındaki bölgeyi kapsar. Ana şok Kırşehir, Ankara ve Yozgat'a kadar geniş bir alanda hissedilmiştir. Deprem Hacıham-

za, Osmancık ve İskilip arasındaki bölgede önemli hasar yapmıştır (Eyidoğan ve diğ. 1991).

19 Nisan 1938 Akpınar-Kırşehir Depremi

O.Z. = 10:59 U.T.; 39.50 K – 33.70 D, $M_s=6.8$, $I_0= IX$ (MSK), Ölü sayısı = 158, Kırşehir-Ankara-Yozgat arasında etkili olmuştur (Eyidoğan ve diğ., 1991). Oldukça büyük bir alanda hasara neden olmuştur. Kırşehir iline ait 150 köyde 2157 evin tümü yıkılmış, 1705 ev ağır hasara uğramış, 1100 ev de hafif hasar görmüştür. Yozgat'ta 1 kişi ölmüş, 140 ev ağır, 64 ev orta, 18 ev ise hafif hasar görmüştür. Ankara 'da da hasar meydana gelmiştir. Takazlı'da 3 can kaybı olmuştur. Yeryüzünde biçimsel değişiklikler meydana gelmiştir. Deprem sonucu oluşan fay, Akpınar'dan Taşkövan'a kadar yaklaşık 14 km. ve KB-GD gidişli olup, faylanma sonucu oluşan yüzey kırığında hem yatay, hem de düşey atım gözlenmiştir (Yatay atım ortalama 65 cm. civarında olup, sağ yanal doğrultu atımlı özellik taşımaktadır; Şekil 4). Deprem yamaçlarda heyelanlara neden olmuştur.



Şekil 4: 1938 Depreminde görülen yüzey faylanması.
Figure 4: Surface ruptures observed after the 1938 event.

Gevşek malzeme ile dolmuş vadilerde yarılmalar olmuş, su fışkırmaları ve kum konileri-sıvılaşma meydana gelmiştir. Birçok köyde kaynak suları artmış, Akpınar ve Köşker'deki kaynaklar bulanık akmıştır. Çeşme sularında renk değişikliği gözlenmiş ve kaplıca sularında geçici olarak artma veya kesilmeler meydana gelmiştir. Yapıların tortul, dolma saha gibi gevşek zeminlerde yapılmış olanları genellikle çok zarar görmüştür. Sağlam zeminlerdeki yapılarda hasar az olmuştur. En çok hasar gören köyler şunlardır; Akpınar, Sofrazlı, Deveci, Köşker, Alişan, Çürükler, Hanyeri, Çamsarılı, Cebişler, Kırteller, Takazlı ve Küçüködemli'dir. Artçı depremler 20 gün sürmüştür. Bu depremde Ankara ili ve çevresindeki şiddet değeri $I_0=VI$ (RF; Pajeras ve Pamir, 1939) olarak verilmiştir.

13 Nisan 1940 Yozgat-Kayseri Depremi

O.Z. = 06:29 U.T., 38.30 K – 35.20 D, $M_s=5.7$, $I_0 = VIII$ (MM; Ergin ve diğ., 1967). Yozgat-Kayseri arasında etkili olmuştur. Deprem Ankara, Tokat, Yozgat, Çorum, Zile, Kırşehir ve Sivas 'ta şiddetlice hissedilmiştir. Yozgat ili Maden ilçesinin Peyik bucağı ile Dedefakılı, Karamağara, Kanberli, Karapınar ve Karacaalan köylerinin evleri tümü depremde yıkılmıştır. Toplam 4 kişi ölmüş, 14 kişi yaralanmıştır. Bunun dışında 15 köyde de çeşitli hasarlar meydana gelmiştir. Yozgat'ın Akdağ madeninde de hasar olmuştur (Eyidoğan ve diğ., 1991).

7 Eylül 1953 Çerkeş Depremi

O.Z. = 03:58 U.T., 41.20 K – 32.80 D, $M_s=6.0$, $I_0 = VII$ (MSK; Ambraseys, 1988). Çerkeş-Çorum-Kırşehir arasında etkili olmuştur. Deprem Düzce-İnebolu-Çorum ve Kırşehir'e kadar olan bölgede hissedilmiş, Kurşunlu ve çevresinde hasara neden olmuştur. Depremün faylanma mekanizması önemli

normal bileşeni olan doğrultu atımlı faylanma vermektedir (Kalafat ve Bağcı., 2001).

21 Nisan 1983 Kulu-Bala Depremi

O.Z. = 16:18 U.T., 39.31 K – 33.06 D, $M_s=4.7$, $I_0 = VII$ (MM Eyidoğan ve diğ., 1991). Ankara ve Kırşehir'de orta şiddette hissedilen deprem, Bala ilçesinin Sofular köyünde 2 evin yıkılmasına birçok evin hasar görmesine neden olmuştur. Konya'nın Kulu ilçesine bağlı Köşkler köyünde de 40 kadar ev yıkılırken, 20 ev oturulamayacak hale gelmiştir. Depremde can kaybı olmamıştır.

5 Ağustos 1990 Çankırı-Çorum Depremi

O.Z. = 18:31 U.T., 40.23 K – 33.88 D, $M_b=4.8$, $I_0 = VI$ (MSK); Deprem Ankara, Çankırı, Çorum ve Kırıkkale'de kuvvetlice hissedildi, halk arasında paniğe yol açan deprem herhangi bir can ve mal kaybına neden olmamıştır (Kalafat, 1996; Kalafat ve diğ., 2000).

22 Ocak 1999 Ankara Depremi

O.Z. = 01:25 U.T., 40.03 K – 32.76 D, $M_d=4.0$, $I_0 = IV$ (MSK); Deprem özellikle Ankara'nın kuzeyinde etkili olmuş ve Çubuk, Etlik, Keçiören, Esenboğa, Batıkent, Mamak, İncirli, Akyurt'ta hissedilmiştir (Kalafat ve diğ., 2003).

17 Mart 1999 Ankara Depremi

O.Z. = 20:27 U.T., 40.26 K – 32.14 D, $M_b=4.0$, $I_0 = IV$ (MSK); Deprem özellikle Beypazarı ve Ankara'da etkili olmuştur (Kalafat ve diğ., 2003).

6 Haziran 2000 Orta-Çankırı Depremi

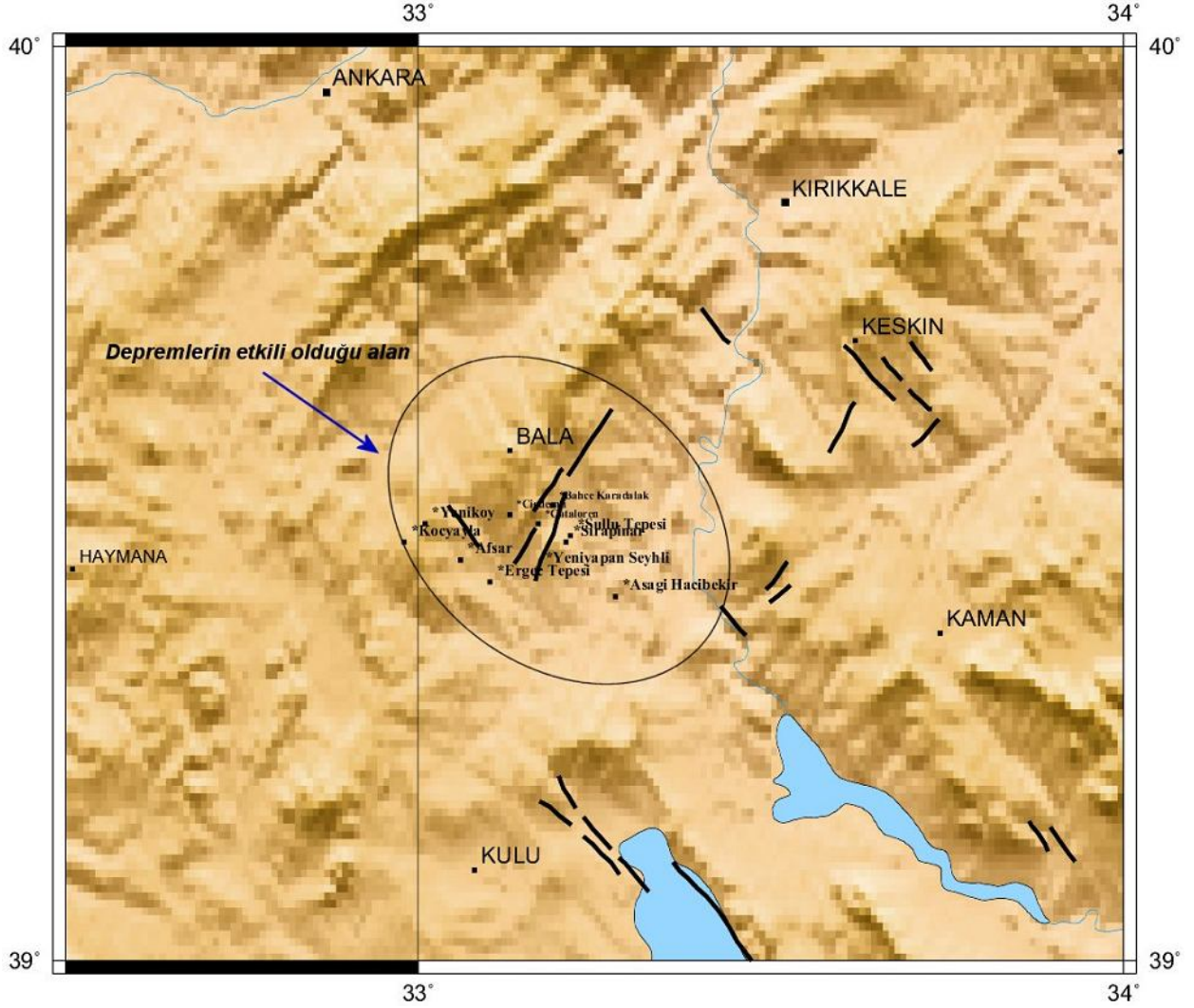
O.Z. = 02:41 U.T., 40.70 K – 32.98 D, $M_s=6.0$, $I_0 = VII$ (MSK; Kalafat ve diğ., 2003). Depremde 2 can kaybı meydana gelmiş, özellikle Orta, Çerkeş ve yakın yerleşim birimlerinde 4600 konut ve işyerinde ağır hasara neden olmuştur. Depremde arazi üzerinde KB-GD gidimli çatılar görülmüştür. Özellikle Gürecek Barajı civarı, Ortaköy, Dodurga, Kısacık, Eldivan köyleri ve Tutmaç-Bayındır'da fay izlerinin hakim doğrultusu K-G yönlü olup, yapılan fay düzlemi çözümü depremin eğim atımlı bir faylanma ile meydana geldiğini göstermiştir. Deprem çok geniş bir alanda hissedilmiştir. Depremün Ankara ili ve çevresindeki şiddeti $I_0=VI$ (MSK; Kalafat ve diğ., 2003) olarak verilmiştir.

31 Temmuz 2005 Afşar-Bala Depremi

31 Temmuz tarihinde başlayan deprem etkinliğinde yaklaşık 535 adet deprem meydana gelmiştir (1/8/2005 saat 11:30 itibarı ile). 31 Temmuz 2005 tarihinde yerel saat ile 00:45'de büyüklüğü $M_l=5.3$ olan depremle (Şekil 3) başlayan etkinlik aynı gün yoğun olarak sürmüş ve sabaha kadar büyüklükleri $M=2.6-3.6$ arasında yaklaşık 40 adet hafif şiddette deprem meydana gelmiştir. Depremlerin dış merkezi Ankara'nın Bala ilçesinin güneyi olup, Bala'ya 12-16 km. uzaklıktadır. Dış merkezin Ankara iline oldukça

yakın olmasından dolayı Ankara ve çevresinde kuvvetlice hissedilmiştir. Deprem Bolu, Kırşehir, Yozgat ve Aksaray'da da hissedilmiştir. Depremde can kaybı olmamakla birlikte, özellikle Bala ilçesine bağlı

Sarıpınar, Bahçekaradalak ve Yeniyağanşeyhli köylerinde kerpiç evlerde hasar meydana gelmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Afşar-Bala Depremlerinin etkili olduğu alan.

Figure 5: The source area of the Afşar-Bala earthquakes.

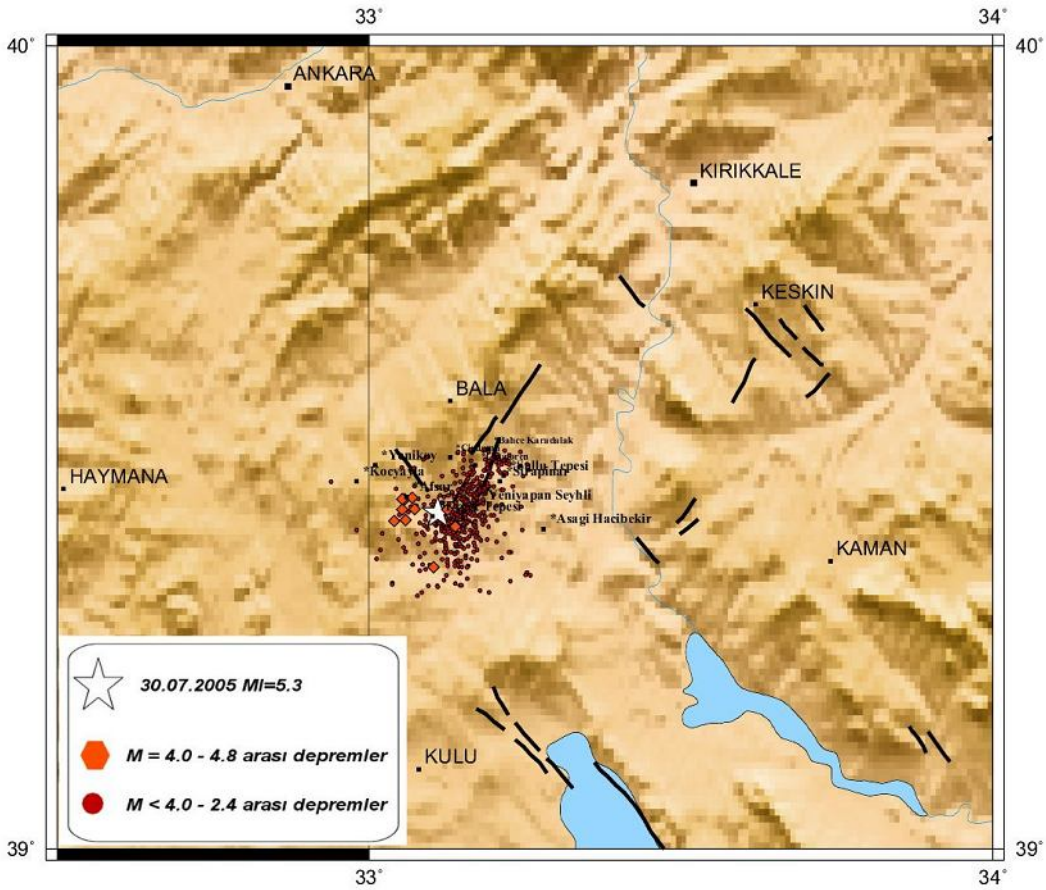
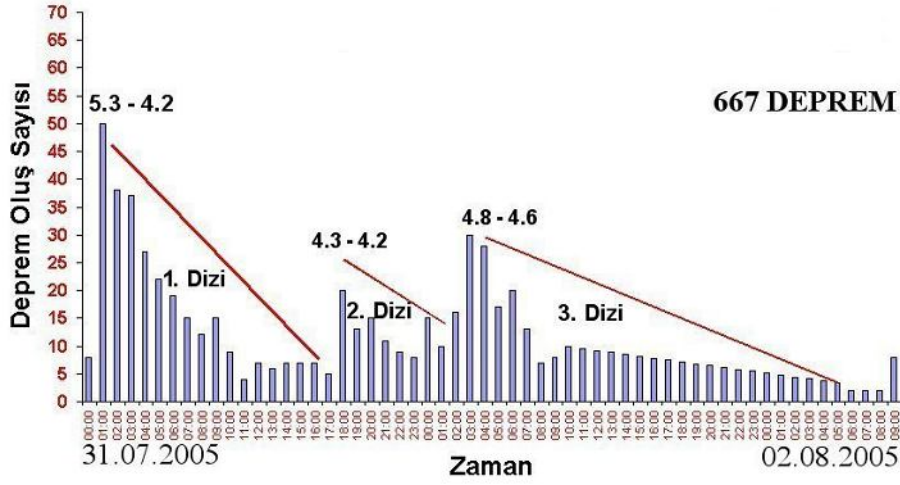
Tablo 2, yalnızca 31 Temmuz 2005-1 Ağustos 2005 tarihlerinde meydana gelen deprem etkinliğini göstermektedir.

31 Temmuz 2005 tarihinde saat 18:18'de büyüklüğü M=4.3 ile başlayan yeni etkinlik, 1

Ağustos 2005 tarihinde saat 02:412 de (M=4.8) ve 03:45'de büyüklüğü M=4.6 olan depremle ve daha sonra meydana gelen hafif ve çok hafif şiddetlerdeki depremlerle yoğun olarak sabaha kadar sürmüştür (Şekil 6).

Çizelge 2: Temmuz - Ağustos 2005 Afşar-Bala deprem dizisi.

Table 2: The Afşar-Bala earthquake sequence in July-August 2005.



Şekil 6: 2005 yılı Afşar-Bala deprem etkinliği (aktif faylar Şaroğlu ve diğ., 1992' den alınmıştır).

Figure 6: The Afşar-Bala earthquake activity in 2005 (aktive faults from Şaroğlu et al, 1992).

Bölgede görülen deprem etkinliği, Deprem Dizileri biçiminde sürmektedir. Deprem dizileri genellikle içlerinde birçok diri fay parçasını barındıran

fay zonlarında görülen bir deprem oluş düzenidir ve ülkemizde son yıllarda değişik yörelerde bu tür deprem oluş düzenleri görülmektedir. Bunlara son yıllarda olan

Gökova (Muğla), Aşkale-Kandilli (Erzurum) ve (Kalafat ve diğ., 2003). Deprem dizileri bu tür fay Doğubeyazıt (Ağrı) Deprem Dizileri'ni verebilir zonlarında günlerce hatta aylarca sürebilir (Şekil 7).



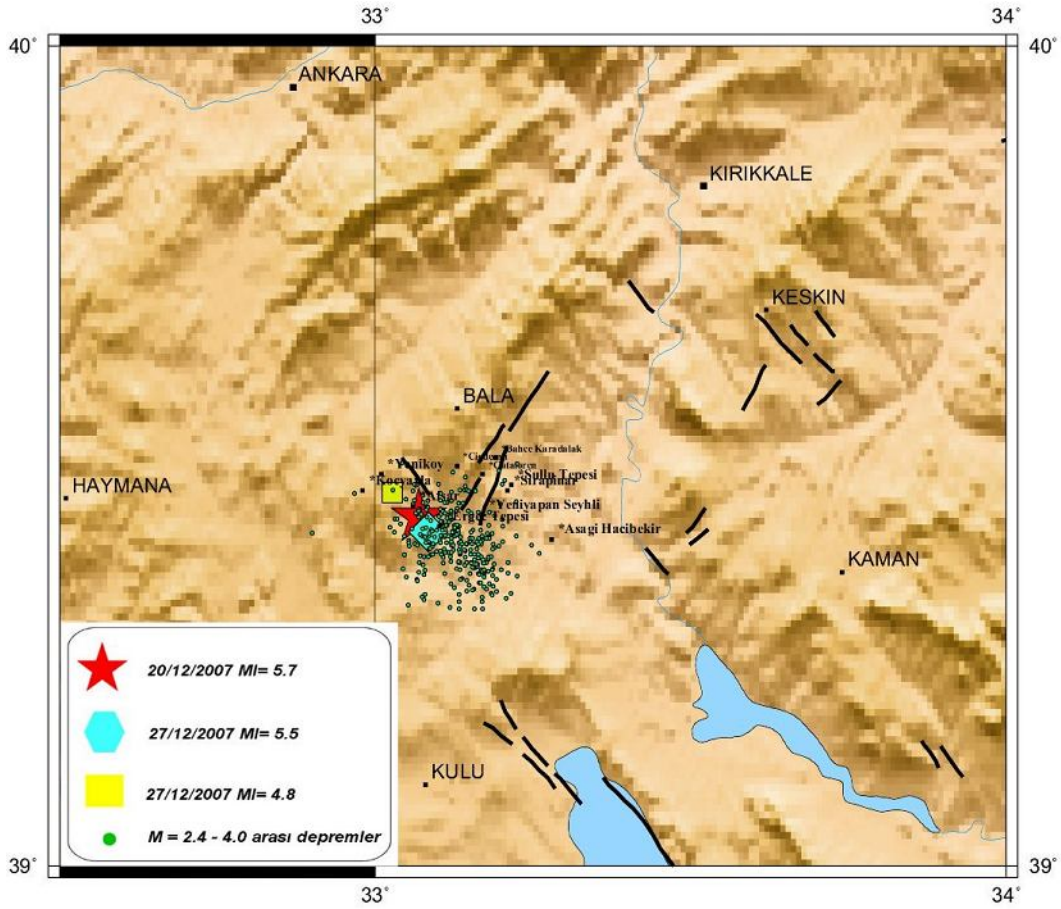
Şekil 7: Ülkemizde farklı bölgelerde görülen deprem oluş düzenleri.

Figure 7: The earthquake patterns observed of different regions in our country.

20-27 Aralık 2007 Afşar-Bala Depremleri

20 Aralık 2007 saat 11:48'de $M=5.7$ büyüklüğündeki depremle başlayan etkinlik, 27 Aralık

2007'de yerel saat ile 01:47'de $M=5.5$ ve 27 Aralık 15:47'de $M=4.8$ büyüklüğündeki depremlerle devam etmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: 2007 yılı Afşar-Bala deprem etkinliği.

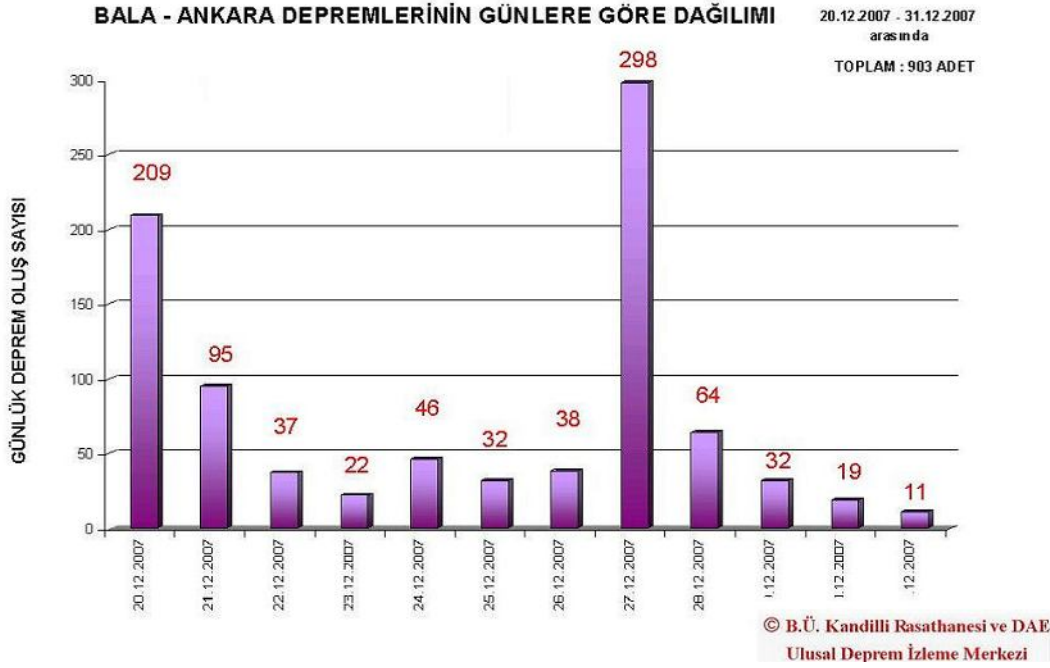
Figure 8: The Afşar-Bala earthquake activity in 2007.

Bunu takip eden zaman diliminde bölgede büyüklüğü $M=2.7$ ile 4.2 arasında yüzü aşkın deprem meydana gelmiştir (Tablo 3).

Ana şokun dış merkezi ($39.42^{\circ}K- 33.09^{\circ}D$) Afşar-Bala yakınlarıdır. Depremin dış merkezine en yakın yerleşim birimleri Bala ilçesinin güneyindeki yerleşim birimleridir (Tablo 4).

Çizelge 3: 20-31 Aralık 2007 Afşar-Bala depremlerinin günlere göre dağılımı.

Table 3: The 20-31 December 2007 Afşar-Bala earthquakes daily frequency distribution.



Çizelge 4: Afşar-Bala Depremleri dış merkezlerinin yerleşim birimlerine olan uzaklıkları.

Table 4: The epicentral distances of the Afşar-Bala events to various localities.

YERLEŞİM YERİ	KOORDİNAT		1. DEPREM	2. DEPREM	3. DEPREM	4. DEPREM
	ENL.	BOYL.	30/07/2005 Mw=5.4 39.446 - 33.094	20.10.2007 Mw=5.5 39.427 - 33.069	26.12.2007 Mw=5.3 39.409 - 33.084	27.12.2007 Mw=4.4 39.457 - 33.027
ANKARA	39.95	32.87	59 km	61 km	63 km	56 km
BALA	39.55	33.12	12 km	14 km	16 km	13 km
Afşar	39.44	33.06	3 km	2 km	4 km	3 km
Sırapınar	39.46	33.21	10 km	13 km	12 km	16 km
Yeniyapan Seyhli	39.43	33.17	7 km	9 km	8 km	13 km
Asağ Hacıbekir	39.40	33.28	17 km	18 km	17 km	23 km
Yeniköy	39.48	33.01	8 km	8 km	10 km	2 km
Bahçe Karadalak	39.50	33.19	10 km	13 km	14 km	15 km
Cataloren	39.48	33.17	7 km	11 km	11 km	12 km
Çiğdemli	39.49	33.13	6 km	9 km	10 km	10 km
Kocayaya	39.46	32.98	10 km	9 km	11 km	4 km
Ergec Tepesi	39.42	33.1	3 km	3 km	2 km	8 km
Sulu Tepesi	39.47	33.22	11 km	13 km	13 km	16 km

En Yakın	1
İkinci Yakın	2

Kalafat ve diğ., 2008

Deprem başta Ankara ili Afşar beldesi, Bala ilçesinde ve köylerinde hasara neden olmuş (Tablo 5) ve Ankara, Yozgat, Haymana, Karakeçili, Çelebi, Kulu,

İkizce, Yenice ve yakın çevresinde kuvvetlice hissedilmiştir.

Çizelge 5: 20-27 Aralık 2007 Afşar-Bala (ANKARA) depremleri yapısal hasar bilgileri.

Table 1: The structural damages resulting from 20-27 December 2007 Afşar-Bala earthquakes.

İLÇEBELDE	AĞIR HASAR			ORTA HASAR		
	KONUT	AHIR	İŞYERİ	KONUT	AHIR	İŞYERİ
BALA	30					
AFŞAR	266	5	1	6		
KESİKKOPRU	25	1	1			
TOPLAM	321	6	2	6		
KÖYLER						
ABAZLI	113	24	1			
YENİYAPANŞEYHLİ	102	8				
SIRAPINAR	97					
SOFULAR	81	8				
SUYUGUZEL	54					
SARİHÖYÜK	37	1				
ÇİĞDEMLİ	33	5				
YENİYAPANÇARSAK	33	7				
YUKARİHACİBEKİR	30	2				
YÖRELİ	26	2				
TUM KÖYLER TOPLAMI	816	96	1	2		
GENEL TOPLAM	1139	101	3	8		© D.K.

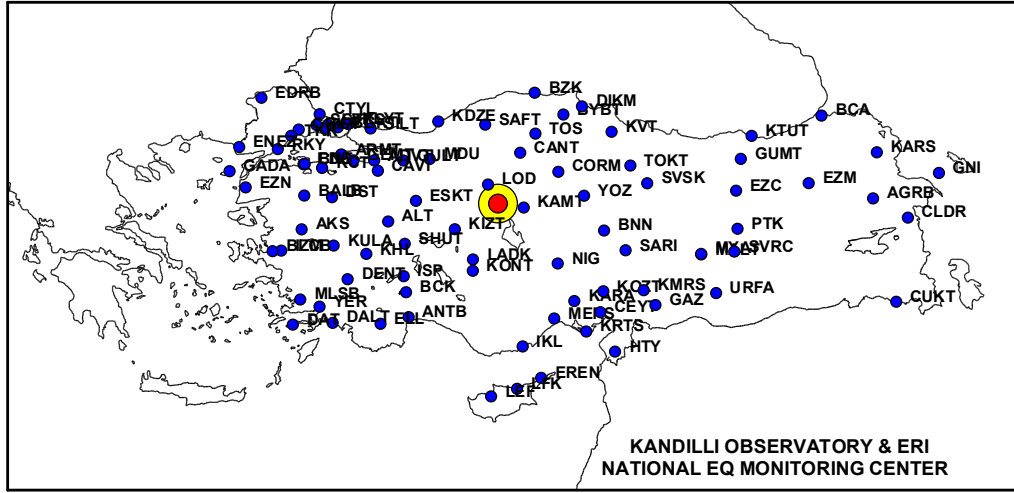
Kaynak: BİB-AİGM

Yörede haritalanmış ve bilinen diri kırılar ve uydu fotoğraflarından elde edilen çizgisellikler göz önüne alındığında, son depremler gerilimin yerel olarak artmasının beklendiği bir bölgede meydana gelmiştir. Devam eden deprem dizisi, bölgede bulunan aktif fayların uzunluklarına ve miktarlarına bağlı olarak genelde büyüklüğü $M=4.7-5.7$ arasında deprem üretmektedirler. Özellikle son iki senedir bölgede devam eden deprem etkinliğini bu şekilde yorumlayabiliriz.

YÖNTEM

Deprem parametrelerinin hesaplanmasında ve kaynak parametrelerinin belirlenmesinde Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'de kullanılan ZSacWin programı kullanılmıştır. Deprem Parametrelerinin hesaplanmasında HYPO71, kaynak parametrelerinin hesaplanmasında, CMT (Centroid Moment Tensor) çözümleri için TDMINV (Time

Domain Moment Tensor Inversion) kodları esas alınarak yazılan program kullanılmıştır (Yılmaz, 2003). Önemli uluslararası sismoloji merkezlerinde kullanılan HYPO deprem parametreleri çözüm programı UDİM tarafından 1992 yılından beri başarı ile kullanılmaktadır. Afşar-Bala depremlerinin çözümlerinde ülkemiz için hesaplanan yerel kabul yapısı ve hızları model olarak kullanılmıştır (Kalafat ve diğ., 1987). Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM)'e gelen sismolojik veriler, gerçek zamanlı olarak hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmektedir. Afşar-Bala depremlerinin dışmerkezlerinin belirlenmesinde bölgede yerleşik düzende çalışan KRDAE deprem ağına ait istasyonların P ve S okumalarından yararlanılmıştır. Deprem kaynaklarına en yakın istasyon Kaman (KAMT) olup, p-s fakları yaklaşık 6-7 sn. civarındadır. Çözümü yapılan depremlerde $RMS < 0.4$, Uzaklık hatası $ERH < 1$ km. ve derinlik hatası $ERZ < 0.5$ km., Sismik istasyon boşluğu $GAP < 65^\circ$ olanlar değerlendirilmiştir (Şekil 9).



Location : AFŞAR-BALA (ANKARA) [North West 3.5 km]

Results		Local Info
Date	071227	DATE : 27.12.2007
Origin Time (GMT)	13:47:58.42	HOUR : 16:47:58
Latitude (degrees)	39.4592 degree	MD = - ML = -
Longitude (degrees)	33.0277 degree	Ms = - Mw = 4.5
Depth	6.8 km	INTENSITY : Light
Magnitude (Md)	0.0	DEPTH : 18.00km
Number of Phases	91	Unknown User
GAP (degrees)	25	
Min.Stn.Distance	52.9 km	
RMS Error	0.34	
ERH (Distance Error)	0.6 km	
ERZ (Depth Error)	0.2 km	
Quality	D1	

DETAILED INFORMATION												
Station		P WAVE				S WAVE				Duration	Distance	MAG
No	Code	Pick	Calc	Res	Q	Pick	Calc	Res	Q	(s)	(km)	Dur
1	LOD	8.18	8.15	0.03	2	15.26	15.26	0.00	2	0	52.85	0.0
2	KAMT	8.54	9.34	-0.80	2	0.00	17.30	0.00	2	0	59.84	0.0
3	KIZT	19.06	19.14	-0.08	2	0.00	34.26	0.00	2	0	117.82	0.0
4	CANT	22.44	22.39	0.05	2	39.99	39.88	0.11	2	0	137.03	0.0
5	LADK	24.00	24.42	-0.42	2	0.00	43.40	0.00	2	0	151.18	0.0
6	CORM	25.30	25.40	-0.10	2	0.00	45.09	0.00	2	0	158.80	0.0
7	KONT	27.92	27.83	0.09	2	0.00	49.30	0.00	2	0	177.79	0.0
8	ESKT	29.34	29.07	0.27	2	0.00	51.45	0.00	2	0	187.47	0.0
9	MDU	29.72	29.52	0.20	2	0.00	52.22	0.00	2	0	190.94	0.0
10	TOS	30.03	29.98	0.05	2	0.00	53.01	0.00	2	0	194.52	0.0
11	YOZ	30.50	30.40	0.10	2	0.00	53.74	0.00	2	0	197.79	0.0
12	SAFT	30.52	30.66	-0.14	2	0.00	54.19	0.00	2	0	199.83	0.0
13	NIG	31.15	31.15	0.00	2	0.00	55.04	0.00	2	0	203.65	0.0
14	SHUT	35.60	35.42	0.18	2	0.00	62.43	0.00	2	0	236.97	0.0
15	GULT	36.08	35.87	0.21	2	0.00	63.21	0.00	2	0	240.50	0.0
16	KDZE	37.32	36.57	0.75	2	0.00	64.41	0.00	2	0	245.92	0.0
17	BNN	37.47	37.44	0.03	2	0.00	65.92	0.00	2	0	252.71	0.0
18	ALT	37.37	37.61	-0.24	2	0.00	66.22	0.00	2	0	255.62	0.0
19	BYBT	39.46	39.32	0.14	2	0.00	69.18	0.00	2	0	267.41	0.0
20	ISP	41.30	41.45	-0.15	2	0.00	72.86	0.00	2	0	283.99	0.0
21	CAVI	41.41	41.63	-0.22	2	0.00	73.17	0.00	2	0	285.40	0.0
22	BZK	42.07	42.18	-0.11	2	0.00	74.13	0.00	2	0	289.72	0.0
23	ADVT	43.28	43.68	-0.40	2	0.00	76.71	0.00	2	0	301.39	0.0
24	KARA	44.00	43.69	0.31	2	0.00	76.74	0.00	2	0	301.49	0.0
25	BCK	43.91	44.45	-0.54	2	0.00	78.05	0.00	2	0	307.40	0.0
26	DIKM	44.56	44.52	0.04	2	0.00	78.16	0.00	2	0	307.92	0.0
27	KVT	45.12	45.23	-0.11	2	0.00	79.40	0.00	2	0	313.51	0.0
28	TOKT	44.67	45.49	-0.82	2	0.00	79.85	0.00	2	0	315.50	0.0
29	MERS	45.40	45.55	-0.15	2	0.00	79.96	0.00	2	0	316.01	0.0
30	SARI	46.08	45.61	0.47	2	0.00	80.06	0.00	2	0	316.47	0.0
31	KOZT	47.27	47.14	0.13	2	0.00	82.71	0.00	2	0	328.42	0.0

Şekil 9: Örnek deprem çözümü.

Figure 9: An earthquake location example.

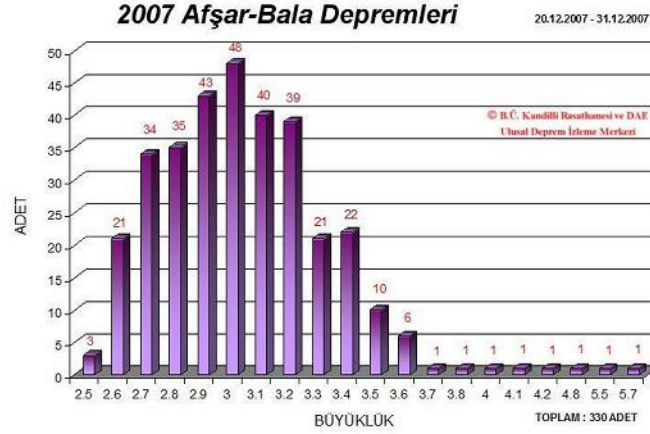
Çözümü yapılan depremlerin büyüklükleri genelde $M > 2.7$ olup, 2007 yılı sonuna kadar 330 depremin değerlendirilmesi yapılmıştır (Tablo 6).

Depremlerin faylanma mekanizmaları KRDAE'nün sayısal genişbantlı deprem istasyonlarının verileri kullanılarak zSacWin programı içerisinde bir

paket olan Momet Tensör Çözüm Tekniği ile (Dreger, iyi olduğu toplam 12 adet depremin kaynak 2002) saptanmıştır (Şekil 10). Önemli ve veri kalitesinin parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 7, Şekil 11).

Çizelge 6: Çözümü yapılan Afşar-Bala depremlerinin büyüklüklerinin dağılımı.

Table 6: The magnitude frequency distribution of the Afşar-Bala earthquakes.

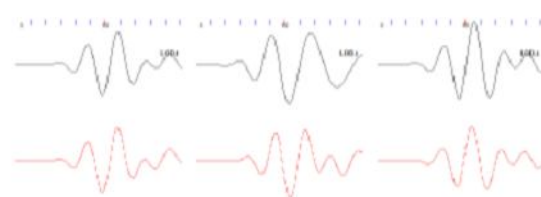
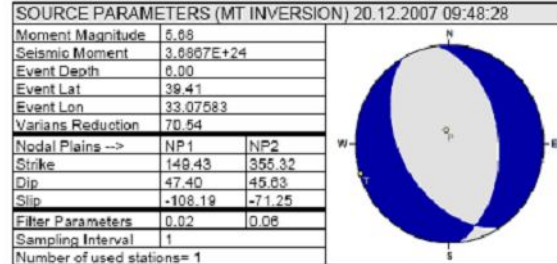
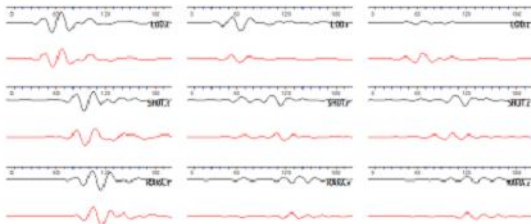
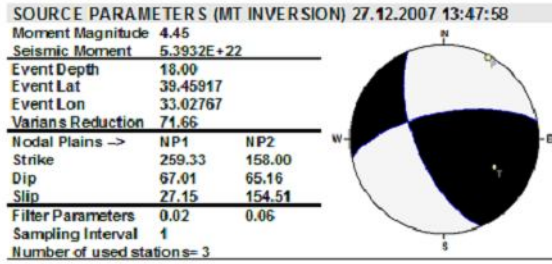


Çizelge 7: Afşar-Bala depremlerinin kaynak parametreleri.

Table 7: The source parameters of the Afşar-Bala earthquakes.

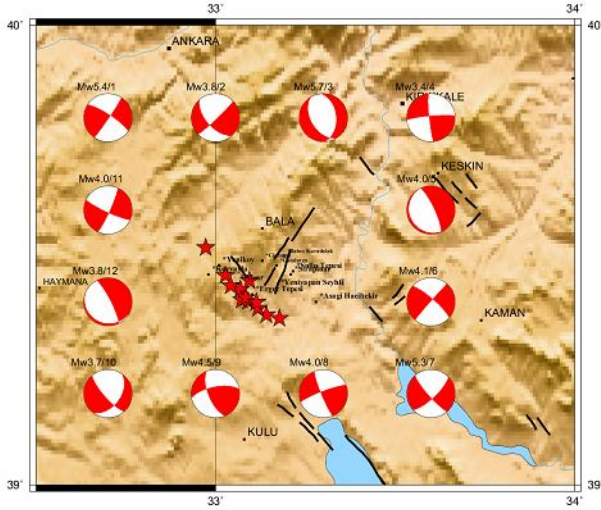
Önemli Depremlerin Kaynak Parametreleri

Eq. No.	Date	O.Time h/m/s	Lat. deg.	Lon. deg.	Dep. km.	Seismic Moment Mo dyn.cm	Moment Mag. Mw	Faut Plane Parameters			P axis Plunge/Azimuth	T axis PL/Az	Location
								NP1 strike/dip/rake	NP2 strike/dip/rake				
1	30.07.2005	21:45:01	39.446	33.094	22	1.3681 E +24	5.4	34/87/11	303/79/177	5.7/168.8	9.9/259.8	Afşar-BALA	
2	20.12.2007	07:36:49	39.401	33.091	10	5.5772 E +21	3.8	46/85/-32	139/58/-174	25.8/357.7	18.1/96.9	Afşar-BALA	
3	20.10.2007	09:48:28	39.427	33.069	6	3.6867 E +24	5.7	149/47/-108	355/46/-71	76.9/344.0	0.6/1108.4	Afşar-BALA	
4	21.12.2007	19:18:22	39.404	33.073	4	1.6119 E +21	3.4	265/84/6	175/84/174	2.3/220.0	8.5/130.1	Afşar-BALA	
5	21.12.2007	21:44:49	39.372	33.141	16	1.0109 E +22	4.0	335/79/-89	160/11/95	33.9/65.8	55.9/243.7	Afşar-BALA	
6	23.12.2007	05:02:22	39.386	33.118	26	1.3853 E +22	4.1	221/88/-11	311/79/-178	9.2/175.7	6.3/-93.3	Afşar-BALA	
7	26.12.2007	23:47:08	39.409	33.084	6	9.8636 E +23	5.3	139/80/-164	46/74/-10	18.3/3.3	3.9/-88.0	Afşar-BALA	
8	27.12.2007	07:47:01	39.518	32.972	10	9.6932 E +21	4.0	159/83/172	249/82/7	0.7/203.6	10.6/113.4	Afşar-BALA	
9	27.12.2007	13:47:58	39.457	33.027	18	5.3932 E +22	4.5	259/67/27	158/65/155	1.1/28.4	34.9/1119.2	Afşar-BALA	
10	27.12.2007	17:56:12	39.399	33.114	4	3.9890 E +21	3.7	139/76/-135	354/7/-19	41.0/7.5	18.3/-99.2	Afşar-BALA	
11	04.01.2008	05:03:13	39.364	33.178	20	1.2761 E +22	4.0	24/83/-8	115/82/-173	10.6/339.4	0.7/69.6	Afşar-BALA	
12	11.01.2008	16:07:49	39.435	33.042	4	5.1906 E +21	3.8	333/81/-83	115/11/-128	53.5/251.3	35.6/56.9	Afşar-BALA	



Şekil 10: Örnek MTI-CMT çözümleri.

Figure 10: An example for MTI-CMT solution.

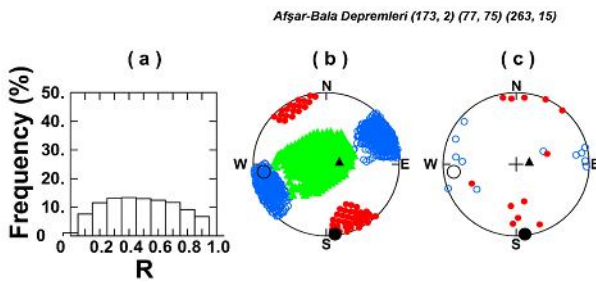


Şekil 11: Önemli depremlerin faylanma mekanizmaları.
Figure 11: The focal mechanisms of the significant events.

Faylanma mekanizmaları bölgedeki deprem aktivitesinin genel anlamda eğim atım bileşeni olan doğrultu atımlı KB-GD ve KD-GB gidişli birbirine çapraz vev fayların etkisi ile meydana geldiğini göstermektedir.

SONUÇLAR

2005-2007 yılları arasında meydana gelen depremlerin P ve T eksenlerinin azimut ve dalım çiftlerinden yararlanarak Gephart (1990) tarafından geliştirilen yöntem yardımı ile bölge için gerilme tensör değerleri hesaplanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12: Bölgenin gerilme tensörü analizi.
Figure 12: The regional stress tensor.

Veriler bu çalışma sonucu elde edilen mekanizma sonuçlarıdır. Veri seti 12 adet önemli depremi işaret etmektedir. İç Anadolu'da meydana gelmiş büyüklükleri $3.4 \leq Mw \leq 5.7$ arasında toplam 12 adet depremin P ve T eksenlerinin azimut ve dalım çiftleri yardımı ile Gephart (1990) tarafından geliştirilen

yöntem kullanılarak gerilme tensör analizi yapılmış, R değerinin büyüklüğü ~ 0.5 olarak elde edilmiştir.

σ_1 , σ_2 , σ_3 'ün azimut ve dalımları sırası ile (173, 2 / 77, 75 / 263, 15) olarak elde edilmiştir. R'nin 0.5 olması bölgede doğrultu atımlı faylanma tektoniğinin hakim olduğuna işaret etmektedir.

Bölgedeki yaklaşık 3 yıldan beri süren deprem etkinliğini Afşar-Bala (Ankara) deprem dizisi olarak devam etmektedir. Afşar-Bala depremleri, bölgede hakim olan gerilme kuvvetlerinin ana doğrultusunun K-G sıkışma (P), D-B açılma (T) yönünde meydana geldiğini göstermektedir.

Bölgede meydana gelen deprem dizisi birbiri ile mekanik ilişkisi bulunan fay parçalarını içeren bir zon içerisinde yer almaktadır ve bu fay parçalarının büyük deprem üretecek faylarla doğrudan ilişkisi olmadığı düşünülmektedir. Devam etmekte olan etkinlik birbirine çapraz konumda olan (V) komşu faylarda stres dengesini bozmakta ve bu yeni depremlerin meydana gelmesine neden olmaktadır. Bölgedeki deprem etkinliğinin önümüzdeki yıllar içerisinde de devam etmesi ve bölgede $M > 5.3-5.7$ arası depremlerin meydana gelmesi beklenmelidir.

Ankara ili gerek tarihsel, gerekse aletsel dönemde çok büyük bir sismik tehlike oluşturacak kaynaklara sahip olmasa da, kentin çok hızlı ve denetimsiz büyümesi, yapıların kalitesinin deprem güvenli olmayışı, yer-zemin özelliklerinin (jeoteknik-jeofizik-jeolojik) önceden belirlenmeden, uygun yapı tarzının zemin özellikleri dikkate alınarak imal edilmemesi kentin deprem riskini yükseltmektedir. Ankara ili özellikle KAFZ'da meydana gelebilecek büyük depremlerden etkilenme riski vardır ve şehrin gelişmesinde yeni imara açılacak yerleşim alanlarında depreme dayanıklı konut üretiminin teşvik edilmesi ve uygulanmasını sağlamak gereklidir. Deprem riskini arttırabilecek uygulamalardan kaçınılması, deprem riskinin azaltılmasına yönelik önlemlerin ve uygulamaların ödün vermeden uygulanması sağlanmalıdır.

KATKI BELİRTME

Bu çalışma Boğaziçi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (BAP) tarafından desteklenen Proje kodu: 07T201 no'lu proje kapsamında desteklenmiştir. Bu vesile ile B.Ü. BAP Komisyonu Başkanı Sayın Prof. Dr. Cem Behar ve değerli üyelerine katkılarından dolayı çok teşekkür ederiz.

Makaleyi pozitif katkıları ve yapıcı eleştirileri ile değerlendiren destek olan Sayın Prof. Dr. Haluk Eyidoğan ve Sayın Prof. Dr. Yıldız Altınok'a, ayrıca yapıcı eleştirileri ile makalenin gözden geçirilmesinde katkısı olan adımı açıklanmasını istemeyen 3. değerli hocamıza çok teşekkür ederiz. zSacWin Programını bir paket halinde kullanıma sunan meslektaşımız Jeofizik Yüksek Mühendisi Mehmet Yılmaz'er'e, verilerin

toplanması ve değerlendirilmesinde emeği geçen UDİM'de çalışan değerli meslektaşlarımıza sonsuz şükranlarımızı sunarız.

SUMMARY

During the period between 2005-2007 a noticeable earthquake activity took place in the proximity of Bala, Ankara. We analyzed the major events of this seismic activity along with the aftershock activity following them. Using the nearby broadband seismic stations of Kandilli Observatory's network we retrieved the source parameters of the significant events. The aftershock distribution and the source parameters suggest that the activity took place on a conjugate fault system striking NE-SW and NW-SE. From the several focal mechanism solutions of the main-shocks and the aftershocks we also retrieved the parameters of the regional stress tensor acting in the region which shows predominantly strike-slip regime with maximum compressive principal stress axis oriented NNW-SSE.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Ambraseys, N.N., C.F. Finkel, 1987b**, Seismicity of Turkey and neighbouring regions, 1899-1915, *Annales Geophysicales*, B. p. 701-726.
- Ambraseys, N.N., 1988**, Engineering seismology. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 17, John Wiley & Sons, pp. 1-105.
- Ambraseys, N.N., C.F. Finkel, 2003**, Türkiye'de ve Komşu bölgelerde Sismik etkinlikler (1500-1800), TUBİTAK Yayınları, Akademik Dizi 4, s. 252.
- Dreger, D., 2002**. Manual of the Time-Domain Moment Tensor Inverse Code (TDMT_INV), Release 1.1, Berkeley Seismology Laboratory, pp. 18.
- Ergin, K., U. Güçlü, Z. Uz, 1967**, Türkiye ve civarının deprem kataloğu (M.S. 11-1964), İTÜ Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No: 24, İstanbul.
- Eyidoğan, H., U. Güçlü, Z. Uz, Z. Utku, E. Değirmenci, 1991**, Türkiye Büyük Depremleri Makro-Sismik >Rehberi (1900-1988), İTÜ Maden Fakültesi, Jeofizik Müh. Bölümü, İstanbul.
- Gephart, J.W., 1990**, FMSI: A FORTRAN program for inverting fault/slickenside and earthquake focal mechanism data to obtain the regional stress tensor, *Comp. Geosci.*, 16, 953-989.
- Kalafat, D., Gürbüz, C., Üçer, S.B., 1987**, Batı Türkiye'de Kabuk ve Üst Manto Yapısının Araştırılması, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 59, 43-64 (in Turkish).
- Kalafat, D. 1995**, Anadolu'nun Tektonik Yapılarının Deprem Mekanizmaları Açısından İrdelenmesi, İ.Ü., DBİE, Doktora Tezi, 217 s., İstanbul (in Turkish).
- Kalafat, D., 1996**, 1964-1994 yılları arasında Türkiye ve Yakın çevresinde etkili olmuş depremlerin makrosismik gözlemleri, Deprem Araştırma Bülteni, Sayı 73, 60-107 (in Turkish).
- Kalafat, D., G. Öz, M. Kara, Z. Ögütçü, K. Kılıç, A. Pınar, M. Yılmaz, 2000**, 1981-1997 Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu (M>4.0), B.Ü. Yayınları 2000, Bebek, İstanbul (in Turkish).
- Kalafat, D., G. Bağcı 2001**, Dünden bugüne Yozgat-Kırşehir-Kırıkkale depremlerine toplu bir bakış, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Yukarı Orta Anadolu Depremleri (Yozgat-Kırşehir-Kırıkkale) Jeofizik Toplantısı Bildiriler Kitapçığı, s. 45-57, 28 Nisan 2001, Yozgat, (in Turkish).
- Kalafat, D., G. Öz, M. Kara, K. Kekovalı, S. Püskülcü, Y. Güneş, 2003**, Türkiye ve Dolayları Deprem Kataloğu (1998-2002; M≥ 4.0) An Earthquake Catalogue for Turkey and Surrounding Area, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 802, 135 s. (in Turkish).
- Kalafat, D., K. Kekovalı, H. Gümüş, M. Berberoğlu, P. Garip, A. Berberoğlu, Y. Güneş, F. Bekler, A. Küsmezer 2005a**, 31 Temmuz 2005 Bala-Ankara Deprem Etkinliği, Aktif Araştırma Grubu 9. Toplantısı ATAG9 Bildiri Özetleri Kitabı, p. 5-7, Cumhuriyet Üniversitesi MF 22-24 Eylül 2005, Sivas.
- Kalafat, D., K. Kekovalı, Y. Güneş, G. Horasan 2005b**, Gökova Deprem Etkinliği ve Muğla Yöresinin Deprem Potansiyeli, Aktif Araştırma Grubu 9. Toplantısı ATAG9 Bildiri Özetleri Kitabı, p. 55-58., Cumhuriyet Üniversitesi MF 22-24 Eylül 2005, Sivas.
- Koçyiğit, A., 2003**, General neotectonic characteristics and seismicity of Central Anatolia. TPJD, Special Publication 5:1-26.
- Pajeras, E. ve Pamir, H.P, 1939**, 19.04.1938 Orta Anadolu yerdepremi, İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Mecm., B., IV, 3/4.
- Soysal, H., S. Sipahioğlu, D. Kolçak, Y. Altınok, 1981**, Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu (M.Ö. 2100-M.S. 1900), TUBİTAK, Proje No: TBAG, 341.
- Şaroğlu, F., Ö. Emre, İ. Kuşçu, 1992**, Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Enstitüsü (MTA), Ankara.
- Şengör, A.M.C, 1980**, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, T.J.K. Konferans Serisi 2, s 40., Ankara.
- Yılmaz, M., 2003**, Deprem kaynak parametrelerinin On-line Belirlenmesi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 47 s., İstanbul.