EN BÜYÜK OLASILIK YÖNTEMİ KULLANILARAK BATI ANADOLU'NUN FARKLI BÖLGELERİNDE ALETSEL DÖNEM İÇİN DEPREM TEHLİKE ANALİZİ

Yusuf BAYRAK[1], Erdem BAYRAK[2], Nursebil ATAY[3]

[1] *Doçent, Jeofizik Müh. Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon*
[2] *Araştırma Görevlisi, Jeoloji Müh. Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum*
[3] *Jeofizik Mühendisi*
Email: bayrak@ktu.edu.tr

ÖZET:

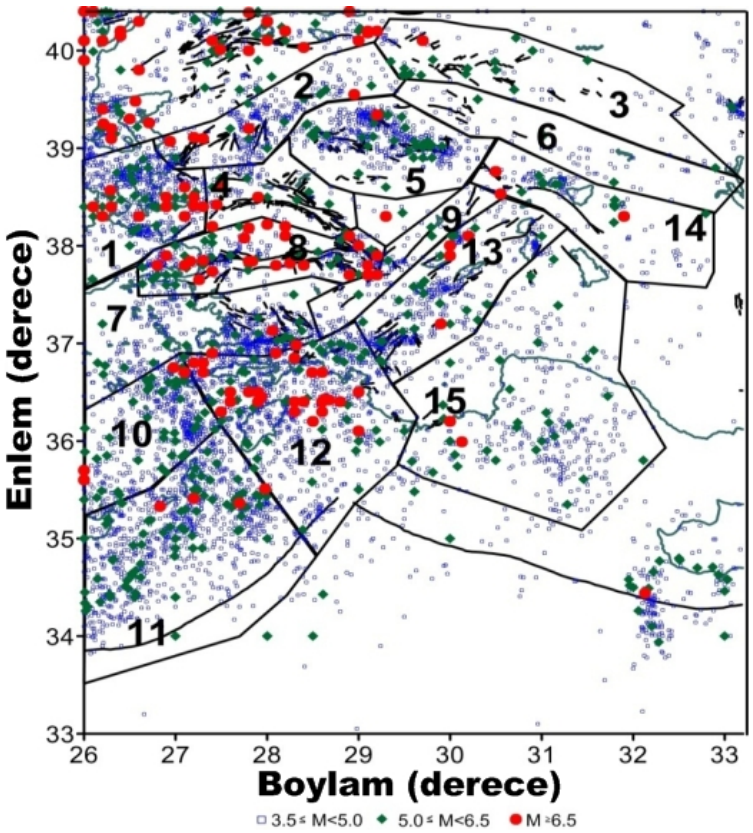
Bu çalışmanın amacı, Batı Anadolu'daki farklı deprem kaynak bölgeleri için *a*, *b* ve bu değerlere bağlı farklı depremsellik parametrelerinin hesaplanması ve bu parametrelerin bölgesel değişiminin ortaya koyulmasıdır. Bu çalışmada ilk olarak Batı Anadolu bölgesi fay türlerine, odak mekanizması çözümlerine ve depremselliğine göre farklı sismik kaynak bölgelere bölünmüştür. Her bölge için Gutenberg-Richter (1954) bağıntısı olarak bilinen LogN=*a*-*b*M denkleminden *a* ve *b* depremsellik parametreleri en büyük olasılık yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Daha sonra *a* ve *b* parametreleri kullanılarak sismik risk parametreleri (a_1,yıllık *a* değeri; P_t, t zamanda magnitüdü M' den büyük depremin oluşma olasılığı; M_t, t zamanda oluşabilecek en büyük depremin magnitüdü; T_m, magnitüdü M olan depremin geri dönüşüm periyodu) hesaplanmıştır. Hesaplanan bütün parametreler dikkate alındığında, Batı Anadolu Bölgesi için en tehlikeli bölgenin Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren 12. bölge ve Ege adalarını içeren 10. bölge olduğu görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Ege Bölgesi, Depremsellik, Deprem Tehlikesi

1. ÇALIŞMADA KULLANILAN VERİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Bayrak vd. (2008) tarafından hazırlanan aletsel deprem kataloğu kullanılmıştır. Bu kataloğu hazırlayabilmek için Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜKRDAE), Ulusal Deprem İzleme Merkezi (UDİM), TUBİTAK (2006), TURKNET (2006), International Seismological Centre (ISC);(2006), Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS; 2006) kataloglarından faydalanılmıştır. Katalog, depremlerin tarihlerini, oluş zamanlarını, farklı magnitüd değerlerini (M_S: yüzey dalgası magnitüdü m_b: cisim dalgası magnitüdü, M_D: süreye bağlı magnitüd, M_L: yerel magnitüd M_W: moment magnitüdü), coğrafik koordinatlarını ve derinlik bilgilerini içermektedir. Ayrıca, 2008-2011 yılları arasındaki deprem verisi ise Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (BÜKRDAE)' den alınarak katalog güncelleştirilmiştir. Çalışılan bölge, 26-33^{0}D boylamları ve 33-40^{0}K enlemleri arasında kalan bölgedir. Katalogda toplam 69182 adet deprem verisi kullanılmıştır. Çalışmada 1900 yılından 2011 yılı Mart ayının sonuna kadar olan bütün depremler kullanılmıştır.

Bu çalışmada Batı Anadolu bölgesi fay türlerine, odak mekanizması çözümlerine ve depremselliğine göre farklı sismik kaynak bölgelere bölünmüştür. Birçok araştırmacı tarafından yapılan bölgelendirme haritalarında sismik tehlike değerlendirmeleri bu tektonik kuşakları içine alan sismik bölgeler dikkate alınarak yapılmıştır. Bu araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar ve bölgelendirmeler de göz önüne alınarak, aletsel depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik yapı ve odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme işlemi sonucunda Batı Anadolu 15 farklı kaynak bölgeye ayrılmıştır (Şekil 1) ve bölgelerin kapsadığı tektonik yapılar Tablo 1' de verilmöiştir.. 1900' den günümüze kadar oluşmuş magnitüdü 3.5' ten büyük depremler, mevcut tektonik yapı ve 15 farklı kaynak bölge Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Batı Anadolu'da meydana gelen ve mag ≤ 3.5 olan depremlerin episantr dağılımları ve mevcut tektonik yapının birlikte çizimi ve odak mekanizması çözümleri de dikkate alınarak yapılan bölgelendirme (Bayrak vd., 2008'den değiştirilerek alınmıştır).

1.1. En Büyük Olasılık Yöntemi

b-değeri Gutenberg-Richter ilişkisi olarak bilinen (1) denkleminden hesaplanır;

$$\mathrm{LogN} = a - b\mathrm{M} \tag{1}$$

a ve *b* sabit katsayılardır. *b*-değeri magnitüde karşı kümülatif sayının logaritmasının çizilmesi ile elde edilen doğrunun eğimidir. *a* katsayısı ise doğrunun LogN eksenini kestiği yerdir (Scholz 1990; Wiemer and Wyss 1997) (Şekil 2). Herhangi bir bölgedeki *b*-değeri değişik yöntemler kullanılarak hesaplanabilir. Fakat en güvenilir ve en çok kullanılan yöntem En Büyük Olasılık Yöntemidir ve bu çalışmada da bu yöntem kullanılmıştır. En büyük olasılık yönteminde *b*-değeri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır (Aki 1965);

$$b = \frac{\log_{10} e}{\bar{M} - M_{min}} = \frac{0.4343}{\bar{M} - M_{min}} \tag{2}$$

$\bar{M}$ ortalama mangitüd değeri ve M_{min} kullanılan verinin en küçük magnitüd değeridir.

1.2. Sismik Risk Parametreleri

Bir bölgedeki sismik risk değişik parametreler hesaplanarak ortaya konabilir. Bu parametreler arasında bir depremin oluşma olasılığı, geri dönüşüm periyotları (tekrarlanma süresi) ve beklenen en büyük deprem yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir bölgede katalog t yıllar için sürekli ise, bu bölge için yıllık *a* değeri

$$a_1 = a - \log t \tag{3}$$

bağıntısından hesaplanabilir. Bu bölgede t zamanda magnitüdü *M* den büyük bir depremin oluşma olasılığı

$$P_t = 1 - \exp\left(-10^{a_1 - bM} t\right) \tag{4}$$

şeklinde tanımlanabilir. Gutenberg-Richter ilişkisinden veya bu formdaki Gumbel I ilişkisinden hesaplanan *a* ve *b* parametrelerinden t zamanda oluşabilecek en büyük depremin magnitüdü

$$M_t = \frac{a}{b} + \frac{\log t}{b} \tag{5}$$

denklemi ile verilir. Magnitüdü M olan depremin geri dönüşüm periyodu ise

$$T_m = \frac{10^{bM}}{10^{a_1}} \tag{6}$$

şeklinde hesaplanabilir.

2. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Batı Anadolu ve civarındaki farklı 15 bölge için deprem tehlike parametreleri değerlendirilmiştir.. Her bir bölgege için en büyük olasılık yöntemi ile magnitüd-deprem sayısını ifade eden *a* ve *b* değeri hesaplanmıştır. Hesaplanan değerlerden geri dönüşüm periyotları (*Tm*), her bölgede depremlerin oluşma olasılıkları (*Pr*) ve her bölgede beklenen maksimum magnitüdlü depremler hesaplanarak haritalanmıştır.

Batı Anadolu'daki 15 farklı kaynak bölge için en büyük olasılık yöntemi kullanılarak *b*-değerleri hesaplanmıştır Hesaplanan değerler Tablo 1' de listelenmiş ve farklı aralıklar için Şekil 2' de bölgelerin üzerine farklı renklerle gösterilmiştir. Farklı kaynak bölgeleri için elde edilen *b* değerleri 0.71 ile 1.02 arasında değişmektedir (Tablo 1). En büyük *b* değeri 1.02 ile Zeytindağı-Bergama fayını ve Akhisar fayını içeren 2. bölgede gözlenmiştir. En düşük *b* değerleri ise Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren büyük bir kısmı denizde olan, Rodos adasını da içine alan 12. bölgede (0.71) ve Ege adalarını içeren 10. bölgede (0.75) elde edilmiştir. *b* değerinin gerilme ile olan ilişkisi göz önüne alındığında ve son yıllarda bu bölgelerdeki gerilme birikimini azaltacak büyük depremlerin olmadığı düşünülürse, bu bölgelerde gelecek yıllarda büyük bir depremin olma olasılığı diğer bölgelere göre daha yüksektir. Gediz Grabenini içeren 4. bölgede ve Büyük Menderes Grabenini içeren 8. bölgede tektonik yapılarına bağlı olarak yüksek *b* değerleri (sırası ile 0.96, 0.83) elde edilmiştir.

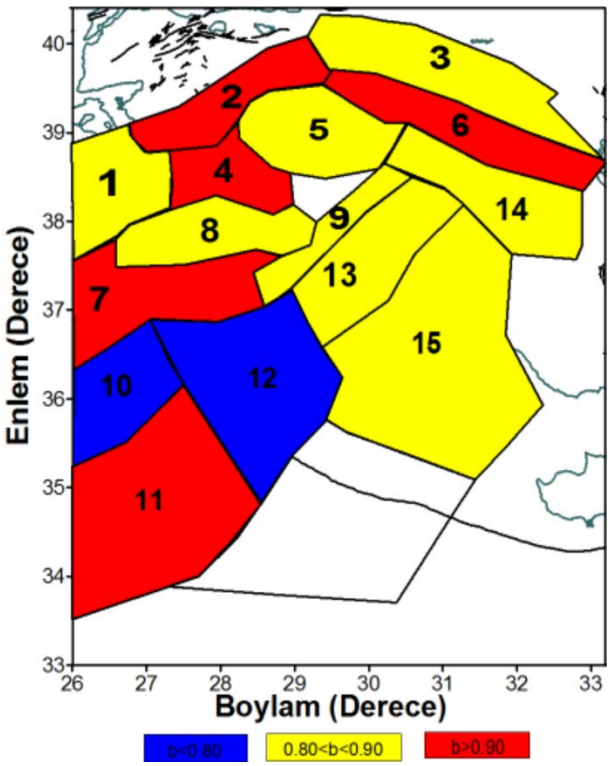
Tablo 2' de değişik magnitüd değerleri için hesaplanan geri dönüşüm periyotları verilmiştir. 6.5.5'den büyük depremler için hesaplanan geri dönüşüm periyotlarına bakıldığında, en küçük değerler Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren 12. bölgede (18 yıl), Ege adalarını içeren 10. bölgede (21 yıl) ve Ege yayını içeren 11. bölgede (36 yıl) olarak bulunmuştur.

Tablo 1. 15 bölgede aletsel dönem için en büyük olasılık yöntemine göre depremsellik parametreleri

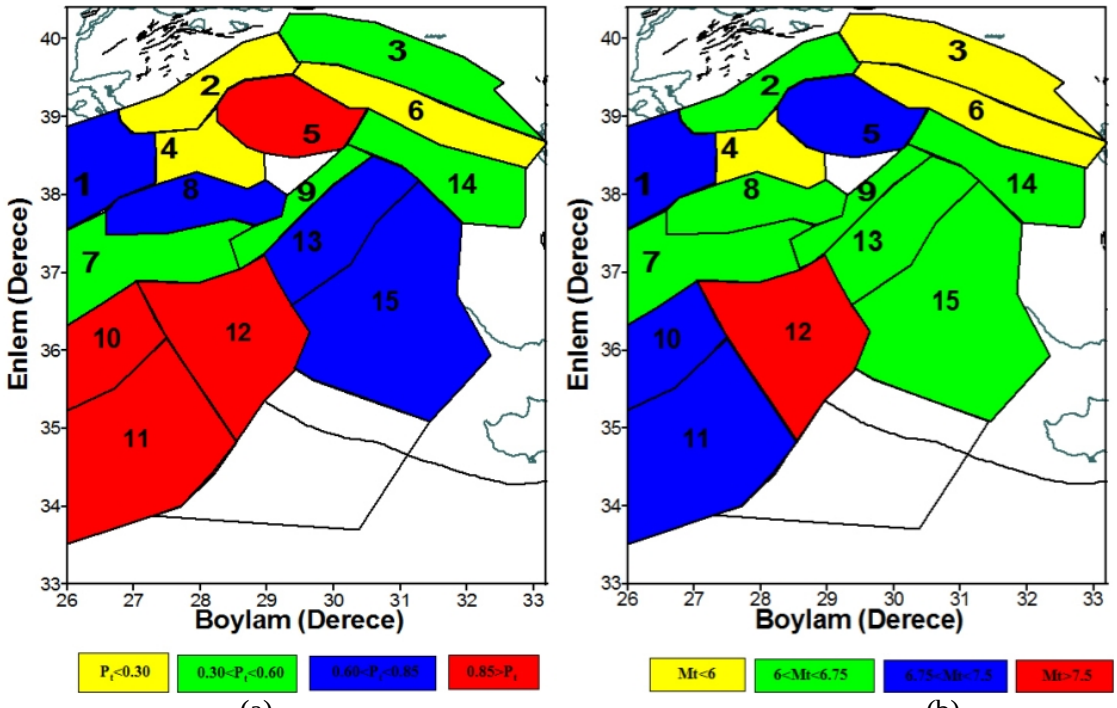
Bölge	**Tektonik Yapı**	***b***	***σb***	***a***	***Mc***	a_1
1	Aliağa Fayı	0.82	0.01	5.7	2.6	3.6
2	Akhisar Fayı	1.02	0.008	6.2	2.1	4.2
3	Eskişehir Fay Zonu, İnönü Dodurga Fayı	0.81	0.05	4.8	2.7	2.8
4	Gediz Grabeni-Dumlupınar Fayı	0.96	0.03	5.4	2.6	3.3
5	Simav Fayı, Gediz-Dumlupınar Fayı	0.81	0.02	5.7	2.7	3.7
6	Kütahya Fay Zonu	0.97	0.02	5.2	1.9	3.2
7	Karova-Milas Fayı, Ula Ören Fay Zonu, Muğla-Yatağan Fayı	1.01	0.02	6.2	2.7	4.2
8	Büyük Menderes Grabeni	0.83	0.01	5.6	2.5	3.5
9	Dozkırı-Çardak Fayı, Sandıklı Fayı	0.84	0.02	5.1	2.5	3.0
10	Ege Adaları	0.75	0.04	5.6	4.0	3.5
11	Ege Yayı	0.91	0.06	6.4	4.6	4.3
12	Marmaris Köyceğiz Fayı-Fethiye Fayı	0.71	0.03	5.4	3.8	3.3
13	Gölhisar-Çameli Fay Zonu, Acıgöl Fayı, Tatarlı Fayı, Kumdanlı Fayı, Dinar Grabeni	0.86	0.02	5.7	2.8	3.6
14	Sultandağı Fayı	0.85	0.02	5.2	2.3	3.1
15	Beyşehirgölü Fayı- Kaş Fayı	0.85	0.04	5.6	3.3	3.5

Tablo 2. En büyük olasılık yöntemi ile5.0 den büyük depremler için hesaplanan geri dönüşüm periyotları (tekrarlanma süreleri). Herhangi bir bölgede tablo da verilmeyen büyüklükler için depremler oluşmamışsa o depremlere ait geri dönüşüm periyotları hesaplanmamıştır.

	M_S=5.0	**M_S=5.5**	**M_S=6.0**	**M_S=6.5**	**M_S=7.0**	**M_S=7.5**
Bölge	***Tm***	***Tm***	***Tm***	***Tm***	***Tm***	***Tm***
1	3.05	7.9	20.6	53.7		
2	7.05	24.2	78.5	254.2		
3	19.7	50.1	127	323		
4	27.8	84.2	254.2			
5	2.48	6.3	16	40		
6	40.3	123.1				
7	7.0	22.4	71.6	229.2		
8	3.9	10.2	26.6	69.2		
9	12.1	31.6	82.2	213.9		
10	1.5	3.7	8.8	2.09	49.5	117.5
11	1.5	4.47	12.7	36.3	10.3	
12	1.5	3.55	8.04	18.2	41.2	
13	4.1	11.1	29.8	80.4		
14	12.7	33.9	90.2	240	638	
15	4.9	13.1	35.1	93.3		



Şekil 2. Batı Anadolu'da ki 15 farklı kaynak bölgesi için En Büyük Olasılık Yöntemi ile hesaplanan *b* değerleri.



(a) (b)

Şekil 3. (a) 15 farklı bölge için En Büyük Olasılık Yöntemi ile hesaplanan gelecek 100 yıl için de 6.5 den büyük depremleri oluşma olasılığı (b) Gelecek 100 yılda beklenen en büyük depremin magnitüd değerleri.

Her bölge için depremlerin 100 yıllık periyotlarda oluşma olasılıkları hesaplanmıştır (Şekil 3a). Magnitüdü 6.5'den büyük depremler için hesaplanan oluşma olasılıklarına bakıldığında en büyük değerler Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren 12. bölgede (%99), Ege adalarını içeren 10. bölgede (%99) ve Ege yayını içeren 11.bölgede (%93) bulunmuştur.

Şekil 3b' de her bölge için gelecek 100 yılda oluşabilecek en büyük depremlerin magnitüd değerleri gösterilmiştir. En büyük değerler Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren 12. bölgede (7.6), Ege adalarını içeren 10. bölgede (7.4) ve Sultandağı fayını içeren 14. bölgede (7.1) hesaplanmıştır.

Hesaplanan bütün parametreler dikkate alındığında, Batı Anadolu Bölgesi için en tehlikeli bölgenin Marmaris-Köyceğiz ve Fethiye fayını içeren 12. bölge ve Ege adalarını içeren 10. bölge olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula log N = a - bM and its confidence limits, *Bull. Earthquake Res. Inst., Tokyo Univ*. 43, 237-239.

Bayrak, Y., Öztürk, S., Tsapanos, T. M., Koravos, G. Ch., Leventakis, G. A. ve Kalafat, D. (2008). Estimation of the earthquake hazard parameters from instrumental data for the different regions in and around Turkey, *Journal of Geophysical Research*, (Submitted to).

Gutenberg, R. ve Richter, C. F. (1954). Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 32 163-191.

Scholz, C.H. (1990). The Mechanics of Earthquakes and Faulting. xxii + 439 pp. Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney: Cambridge University Press. ISBN 0 521 33443 8.

Wiemer, S., and M. Wyss (1997). Mapping the frequency-magnitude distribution in asperities: An improved technique to calculate recurrence times, *J. Geophys. Res*., 102, 15115-15128

URL-1, http://www.tusiad.org.tr/turkish/rapor/cografya2/202210.pdf

URL-2, http://www.mam.gov.tr/enstituler/ydbe/index.html

URL-3, http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/veri_bank/mainw.htm

URL-4, http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/turknetkatalog.php

URL-5, http://sismo.deprem.gov.tr/VERITABANI/isckatalog.php

URL-6, http://www.iris.edu/quakes/eventsrch.htm