VERİ KALİTESİ ve BÖLGE SINIRLARI SEÇİMİNİN DEPREM TEHLİKESİ HESABINA ETKİSİ

Serap KAHRAMAN[1] Türkay BARAN[1] İ.Aydın SAATÇI [2] Müjgan ŞALK[3]

[1] *Profesör Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
[2] *Öğretim Görevlisi Dr., İnşaat Müh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
[3] *Profesör Dr., JeofizikMüh. Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*
E-posta: serap.kahraman@deu.edu.tr

ÖZET:

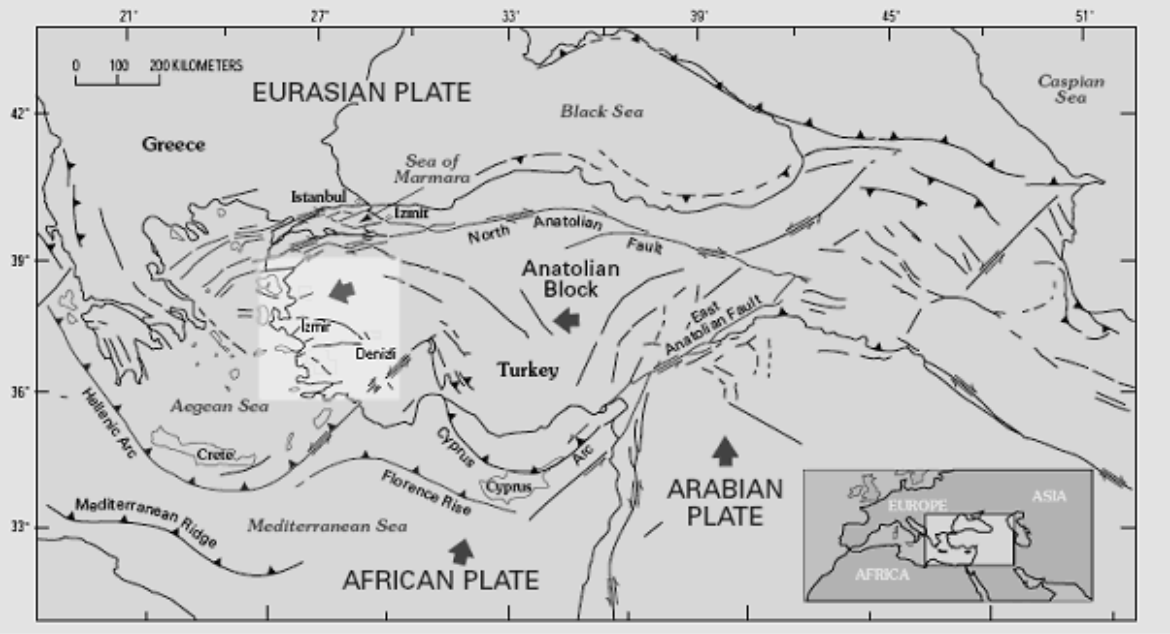
Deprem tehlikesinin belirlenmesinde, bölgeye yakın tüm fayların deprem tehlikesinin belirlemesinde etkili olacağı düşüncesiyle, bilinen tüm faylar için gözlenmiş verilerin bölgesel analiz kapsamında değerlendirilmesi yoluna gidilmektedir. Bölgesel deprem gözlemlerinin içerdiği bilgiyi en iyi biçimde tanımlayabilmek için, azalım ilişkilerinin belirlenmesinde kullanılan verilerin olabildiğince geniş bir bölgeyi tanımlaması hedeflenmektedir. Böylece, incelenen bölge için deprem tehlikesi kapsamında Gutenberg - Richter (G-R) benzeri azalım ilişkileri yardımıyla, yinelenme aralığı/aşılma olasılığı (risk) değerleri belirlenmektedir. Bu ilişkileri araştırırken genellikle göz ardı edilen ilk ve en önemli adım, deprem verilerinin değerlendirileceği bölge sınırlarının doğru biçimde tanımlanması, ikinci önemli adım ise verilerde eksiklik olup olmadığının araştırılmasıdır. . Sınırların belirlenmesindeki hatalar, ya da kullanılan veri setindeki eksiklikler azalım ilişkilerinin/dağılımların parametre değerlerini önemli ölçüde değiştirmektedir. Dolayısıyla, bölge için "en uygun" olarak önerilen azalım ilişkisi de değişebilmektedir. Sunulan çalışmada, bölge sınırları seçimin, deprem tehlikesinin belirlenmesindeki etkileri G-R modeli örneğinde incelenmektedir. Çalışmada örnek olarak çok farklı fay sistemlerine bağlı sismik etkileşimlerin gerçekleştiği bir bölge olan Batı Anadolu ele alınmaktadır.

ANAHTAR KELİMELER: Deprem tehlikesi, Gutenberg-Richter, Bölge sınırları, Tamlık Analizi

1. EGE BÖLGESİNİN TEKTONİĞİ

Avrupa ve Asya kıta hareketlerinin yanı sıra Afrika kıtası ve Arap yarımadasının hareketlerine de bağlı deprem dinamiğinden etkilenen Anadolu'da kurulu yerleşimler sürekli olarak büyük depremlere maruz kalmıştır. En büyük faylanma sistemi olan Kuzey Anadolu Fay (KAF) sistemi dışında olmasına rağmen, yaygın bir deprem hareketi gözlenen Ege (Batı Anadolu) bölgesi, dünyanın en hızlı şekil değiştirmelerinin gözlendiği bölgelerden biridir. Batı Anadolu'nun sismolojik yapısını açıklamaya yönelik çok sayıda tektonik, sismo-tektonik model önerilmiştir (Dewey ve Şengör 1979, Le Pichon ve Angelier 1979, Şengör vd. 1987, Dewey 1988, Meulenkamp vd. 1989, Seyitoğlu ve Scott 1992 ve 1996, Koçyiğit vd. 1999). Ancak, bölgedeki deformasyona ilişkin dinamik ve kinematik yapı son derece karmaşık olduğundan genel kabul gören bir modelden söz edilememektedir. Bölgenin sismik etkinliği ve deprem tehlikesi konusunda da yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Barka ve Reilinger 1997, Şalk vd. 2000, Kahraman vd., 2004, 2007, 2008).

Tarih boyunca sismik etkinliklerin sıklıkla hissedildiği bilinen Batı Anadolu'da deformasyonların bölgedeki küçük faylar ve sistemler kadar, üç ana levhanın (Avrasya, Arabistan ve Afrika) hareketi ile de ilgili olduğu düşünülmektedir (Royden 1993a, b). Bölgedeki aktif deformasyonlar, kuzeye doğru hareket eden Afrika/Arabistan ve Hindistan Levhalarının Avrasya Levhasıyla çarpışmaları sonucunda oluşmaktadır. (Şekil 1). Bu hareket, kuzeyde Kuzey Anadolu (KAF), güneyde Doğu Anadolu fayları, Kıbrıs ve Helenik yayları ile sınır oluşturmaktadır (Barka 1992, Barka ve Reilinger 1997, Rockwell vd. 2001).



Şekil 1. İncelenen bölgenin yeri [Oklar hareket yönünü göstermektedir] (Barka 1992, Rockwell vd. 2001).

Ege graben sistemi, genel olarak D-B doğrultulu normal faylar ile sınırlandırılmış çok sayıda bloktan meydana gelmektedir. Bu bloklar arasında, D-B uzanımlı grabenler yer almaktadır. Bölge, genel olarak KKD-GGB yönlü bir çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Bu oluşumlar, kuzeyden güneye doğru; Edremit Körfezi, Bakırçay-Simav grabeni, Gediz-Küçük Menderes grabenleri, Büyük Menderes ve Gökova Körfezi grabenleri şeklinde sıralanabilir. Ege graben sisteminin Edremit Körfezini içine alan kuzey kesimi, Kuzey Anadolu fayı ile Batı Anadolu'daki çekme rejiminin etkisi altında bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu bölgede oluşmuş depremlerin odak mekanizmaları hem normal, hem de yatay bileşenlerin hâkim olduğu birleşik fay çözümlerini vermektedir. Bölgede 1900-1910 yılları arasında suskun bir dönem gözlenirken, 1910-1930 yılları arasında deprem sayısının önemli ölçüde arttığı izlenmektedir. Benzer şekilde, 1930-1960 yılları arasında tekrar sakin bir dönem, 1960-1975 yılları arasında yoğun bir sismik aktivite gözlenmektedir (Ayhan v.d 1986). Kahraman v.d (2007, 2008) 1975-2005 arasında tekrarlanan suskunluk dönemi ardından, yeniden bir sismik aktivite artışına girilmesi olasılığını yüksek olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmaların ardından geçen sürede bölgede gözlenen deprem sayısındaki artış (son beş yılda $M \geq 4.0$ olan 144 deprem gözlenmiştir) bu öngörüyü doğrular niteliktedir.

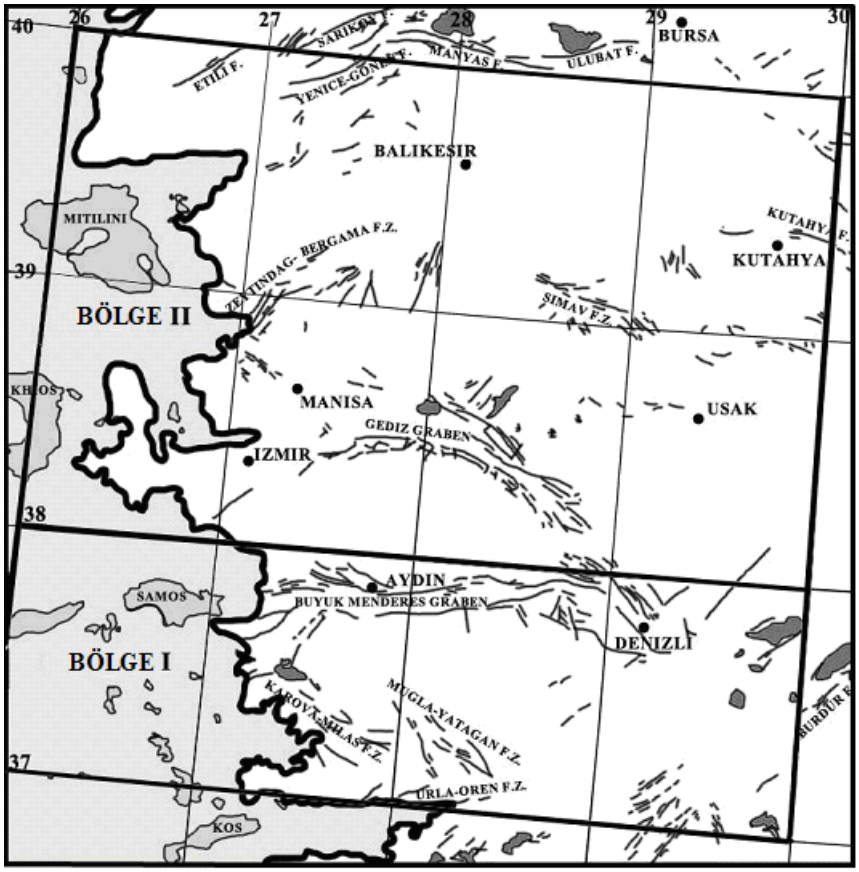
2. BÖLGE SINIRLARININ BELİRLENMESİ, DEĞERLENDİRİLEN VERİLER

Çalışmada Ege Bölgesi ve yakın çevresinde, 1900 ve 2011 yılları arasında gerçekleşmiş, aletsel olarak ölçülmüş deprem verileri kullanılarak, Batı Anadolu ve özellikle İzmir ve çevresi için deprem tehlikesini tanımlayacak modeller araştırılmıştır. İzmir ili ve çevresini içerisine alacak şekilde sınırlandırılan coğrafya 37° – 40° N Enlem / 26°– 30° E Boylam olarak tanımlanmış ve iki bölgeye ayrılarak değerlendirmeye alınmıştır. Bu bölgelere ait koordinatlar ve ilgili faylanmalar Tablo 1 ve Şekil 2'de sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan aletsel veriler Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü (KOERI) ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Dairesi Başkanlığı tarafından değerlendirilmiştir. Deprem tehlikesinin belirlenmesinde kullanılan azalım ilişkilerine esas olarak $M \geq 4.0$ olan depremler dikkate alınmıştır. İncelenen dönem ve bölge için 897 gözlenmiş değerin bölgeye ve büyüklüğe göre dağılımları Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 1. Batı Anadolu'da Aktif Faylar

BÖLGE I **37°– 38° N/ 26°– 30° E**	Büyük Menderes Grabeni
	Karova-Milas Fay Zonu
	Muğla-Yatağan Fay Zonu
	Ula-Ören Fay Zonu
Bölge II **38°– 40° N / 26°– 30° E**	Gediz Grabeni
	Zeytindağ-Bergama Fay Zonu
	Simav Fay Zonu
	Etili Fayı
	Kütahya Fayı
	Yenice-Gönen Fayı



Şekil 2. Batı Anadolu bölgesi diri fay haritası (MTA 1992, Kahraman vd. 2007, 2008)

3. YÖNTEM

Depremlerin oluşum mekanizması ve dinamiği, deprem sürecinin stokastik olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Kıta (levha) hareketlerine bağlı olarak meydana gelen bu tür süreçleri tanımlarken, tektonik yapı gereği, veri eksikliği sorunu ile karşılaşılması kaçınılmazdır. Veri sayısının azlığına (nicelik) bağlı tahmin hatalarını ortadan kaldırabilmek için iki yaklaşım uygulanabilmektedir: **i)** geçmiş verilerin değerlendirilmesi (retrospektif yaklaşım) **ii)** geleceğe yönelik tahminlerin uyumluluğu (prospektif yaklaşım).

Birinci yaklaşım, önerilen modellerin tarihsel depremlerle uyumluluğunun araştırılması esasına dayanırken, ikinci yaklaşımda geleceğe yönelik tahminlerin bölgede gözlenmiş aletsel depremler, sismo-tektonik yapı, vb. jeofizik özelliklerle uyumluluğu araştırılmaktadır. Bir bölge için deprem tehlikesinin belirlenmesinde (PSHA) genellikle her iki yaklaşımın da dikkate alınması önerilir.

Tablo 2: İncelenen Bölgede ($37° - 40°$ N / $26° - 30°$ E) Büyüklüğü $M \geq 4.0$ olan Deprem Sayıları

M	BÖLGE I		BÖLGE II		TÜM BÖLGE	
	Adet	Eklenik	Adet	Eklenik	Adet	Eklenik
$M \geq 7$	0	**0**	2	**2**	2	**2**
$6.5 \leq M < 7$	2	**2**	4	**6**	6	**8**
$6 \leq M < 6.5$	5	**7**	5	**11**	10	**18**
$5.5 \leq M < 6$	4	**11**	21	**32**	25	**43**
$5 \leq M < 5.5$	40	**51**	52	**84**	92	**135**
$4.5 \leq M < 5$	77	**128**	157	**241**	234	**369**
$4 \leq M < 4.5$	150	**278**	378	**619**	528	**897**

Olasılık temelli (PSHA-Probabilistic Seismic Hazard Analysis) bu yöntemler, gözlenmiş verilerin azalım ilişkilerinin modellenmesi esasına dayanmaktadır. Deprem tehlikesi, belli bir yer ve zamanda, hasar ve can kaybına yol açabilecek büyüklükte bir yer hareketinin oluşma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Yer hareketlerinin oluşumundaki, yer, zaman ve büyüklük ölçeklerindeki belirsizlik, istatistik – olasılık yöntemlere dayalı tahminleri zorunlu kılmaktadır (Naeim 1989, Naeim ve Kelly 1999). Deprem tehlikesinin (PSHA) belirlenmesine yönelik olarak, tarihsel kayıtların değerlendirilmesi ve tümdengelim olarak isimlendirilen iki ana yöntem bulunmaktadır (McGuire 1993, Utsu 1999). Her iki yöntem de farklı açılardan güçlü/zayıf yönler taşımaktadır (Kijko ve Graham 1998, 1999).

Bu yöntemler, deprem tehlikesi belirlenecek bölge için gözlenmiş verilerden hareketle tanımlanan azalım ilişkilerinin değerlendirilmesi esasına dayanmakta; Gutenberg-Richter (1944, 1956, 1958) tarafından tanımlanmış olan azalım ilişkileri yaygın olarak kullanılmaktadır. Parametrelerinin bölge sınırlarına, tarihsel verinin niteliğine bağımlılığı gibi çeşitli sakıncalarına dikkat çekilmiş olmakla birlikte (Cornell 1968, Wesnousky 1994, Kossobokov vd. 2000), halen azalım ilişkileri için daha iyi bir model önerilememiştir. Karakteristik deprem modeli (CH) gibi, özellikle verilerin durağan olmamasının (nonstationarity) yarattığı sorunları ortadan kaldırmak amacıyla önerilmiş olan daha kompleks modellerin de iç yapılarından kaynaklanan zayıflıkları olduğu belirtilmektedir (Kagan 2003).

Sunulan çalışmada, aletsel verilerin değerlendirilmesine dayalı parametrik yöntem kullanılmaktadır. Gutenberg ve Richter (1944) tarafından önerilmiş azalım ilişkisi:

$$\log N_a = a - bM \tag{1}$$

biçiminde olup, N_a herhangi bir yılda büyüklüğü M veya daha büyük olan ortalama deprem sayısıdır. a ve b sabitleri ise sırasıyla, bölgenin sismik yönden aktivitesini, bölgedeki küçük ve büyük depremler arasındaki ilişkinin karakteristiğini tanımlamaktadır. Gutenberg-Richter veya sadece Richter Kanunu (G-R modeli) olarak isimlendirilen (1) numaralı ilişki, bir bölgenin deprem davranışını tanımlamak açısından en uygun model olarak kabul edilmektedir (Wesnousky 1994, Naeim ve Kelly 1999).

Gelecekte oluşabilecek bir deprem için yinelenme (tekerrür) aralığı ise,

$$T = \frac{1}{\lambda} \tag{2}$$

ilişkisi ile belirlenebilir. λ herhangibir yılda ortalama deprem görülme olasılığı (λ-Poisson olasılık dağılımı için beklenen değer) olarak tanımlanmaktadır.

4. AZALIM İLİŞKİLERİ

Gutenberg ve Richter modeli olarak tanımlanan (1) numaralı azalım ilişkisinin parametrelerinin belirlenmesi sonucunda, ele alınan üç bölge için bu gruplandırma esas alınarak en küçük kareler (EKK) ve maksimum olabilirlik (ML) yöntemleriyle parametre değerleri belirlenmiş ve Tablo 3'de sunulmuştur. Karşılaştırmalı sonuçlardan, bölgenin sismik yönden oldukça aktif olduğu bilgisinin parametrik olarak da onaylandığı sonucuna ulaşılabilmektedir.

Tablo 3: G-R Model Parametreleri (a,b), Determinasyon Katsayısı (R^2) ve Student-t İstatistiği (t_r) Değerleri

PARAMETRE	BÖLGE I		BÖLGE II		TÜM BÖLGE	
	EKK	ML	EKK	ML	EKK	ML
a	4,12	4,51	4,14	4,64	4,54	4,41
b	-0,908	-0,981 ± 0,11	-0,851	-0,941 ± 0,07	-0,896	-0,872 ± 0,10
R^2	0,992		0,996		0,994	
t_r	57,0		88,3		71,1	

Öngörülen deprem büyüklüklerine bağlı olarak, her iki yöntemle yapılan parametre tahminleri esas alınarak yinelenme süreleri hesaplanmış, bölgelere göre karşılaştırmalı olarak Tablo 4'de sunulmuştur. İstatistik açıdan çok güçlü görünen modellerin verdiği sonuçlar arasındaki büyük farklar, bölge sınırlarının yeniden tanımlanması ihtiyacını doğurmaktadır. Kahraman v.d (2007, 2008), Batı Anadolu deprem tehlikesini tanımlamak için kullanılacak bölgenin belirlenmesi için tarihsel verilere dayanan bir değerlendirme yoluna gitmiştir. Bu değerlendirme sonucunda, bölge için deprem tehlikesinin belirlenmesinde, Büyük Menderes ve Gediz grabenleri, Zeytindağ-Bergama ve Simav fay sistemleri ile Kütahya fayının bulunduğu yeni bir bölge (37,5° – 39,6° N / 26° – 30° E) tanımlamışlardır.

Yeni tanımlanan bölge için oluşturulan yeni veri dizisi 640 elemandan oluşmaktadır. Güncelleme yapılan 2005-2011 döneminde oluşmuş 188 yeni deprem içinde, $M \geq 6{,}5$ deprem kaydı yoktur. Gözlenmiş depremlerin mutlak frekans değerleri $M \geq 7$ için 2; $6{,}5 \leq M < 7$ için 5; $6 \leq M < 6{,}5$ için 7; $5{,}5 \leq M < 6$ için 21; $5 \leq M < 5{,}5$ için 57; $4{,}5 \leq M < 5$ için 162 ve $4 \leq M < 4{,}5$ için 386 olmuştur. EKK ve ML yöntemi ile belirlenen G-R model parametreleri sırasıyla *a* için 4,19 ve 4,55, *b* için -0,853 ve -0,917 ± 0,08 olup, determinasyon katsayısı 0,995, t-istatistiği ise 80,2 olarak hesaplanmıştır. Yeni bölge için yapılan yinelenme süresi tahminleri de Tablo 4'de sunulmaktadır.

Tablo 4: Öngörülen Büyüklükteki Depremlerin G-R Modeli Kullanılarak Belirlenen Yinelenme Aralıkları T (yıl)

M	BÖLGE I		BÖLGE II		TÜM BÖLGE		YENİ BÖLGE	
	EKK	ML	EKK	ML	EKK	ML	EKK	ML
≥7.5	498,2	709,1	173,6	257,3	151,5	136,4	160,7	212,9
≥7.2	266,0	360,0	96,5	134,4	81,6	74,7	89,2	113,0
≥7.0	175,1	229,1	65,2	87,1	54,0	50,0	60,2	74,1
≥6.5	61,5	74,0	24,5	29,5	19,2	18,3	22,6	25,8
≥6.0	21,6	23,9	9,2	10,0	6,9	6,7	8,5	9,0
≥5.5	7,6	7,7	3,5	3,4	2,4	2,5	3,2	3,1
≥5.0	2,7	2,5	1,3	1,1	0,9	0,9	1,2	1,1
≥4.5	0,9	0,8	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
≥4.0	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1

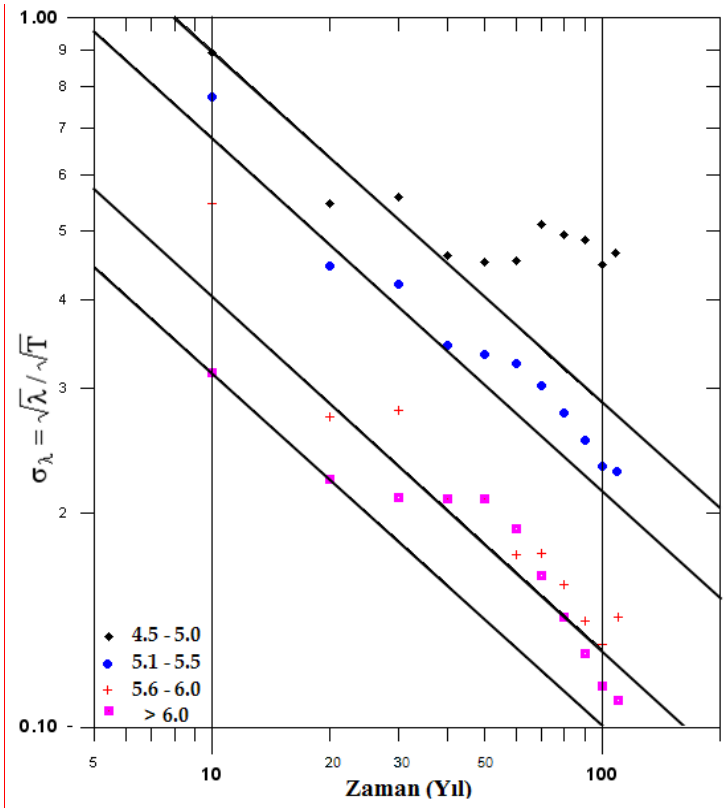
5. BATI ANADOLU VERİLERİ İÇİN TAMLIK ANALİZİ

Veri niteliğine ilişkin olarak sık karşılaşılan bir durumdur kullanılan verilerin *tam* olup olmadığı (completeness) sorunudur. Deprem verileri incelendiğinde genellikle, hafif şiddetli depremlerin sayısının günümüze yaklaştıkça arttığı izlenmektedir. Bu durum, bölgedeki deprem mekanizmasından çok, kullanılan ölçüm aletlerindeki hassasiyetlerin gelişimine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır.

Stepp (1972) depremlerin olasılıklarının Poisson dağılımı ile modellenebileceği kabulünün yapılabilmesi için, öncelikle kullanılan verilerin belirli aralıklar için bir *tamlık analizi*nden geçirilmesini önermektedir. Bu amaçla, incelenen bölgede gözlenmiş tüm veriler zaman ve büyüklük olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmadan sonra, her bir zaman aralığına (T) düşen ortalama örnek adedi (λ) ve bu aralık için ortalama değerden sapma miktarı (σ_λ) hesaplanmaktadır:

$$\sigma_\lambda = \frac{\sqrt{\lambda}}{\sqrt{T}} \tag{3}$$

Çalışmada, Batı Anadolu bölgesinde tanımlanan sınırlar içinde 1900-2011 yılları arasında ölçülmüş ve değerlendirilmiş, büyüklüğü $M \geq 4{,}0$ olan verilere, on yıllık zaman aralıkları için bölge genelinde tamlık analizi uygulanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Batı Anadolu bölgesi için 1900-2011 arası gözlenmiş aletsel depremler için *tamlık analizi*

Şekil 3'de görüldüğü gibi, özellikle $4{,}5 \leq M < 5$ aralığında belirgin olarak izlenen eğilim bozulması dikkat çekicidir. Bu bozulmanın 1950'li yıllardan sonra daha hassas aletsel gözlemlerin alınabilmiş olmasına bağlı olduğu söylenebilir. Ancak, bu payın ne kadarının bölgenin sismo-tektonik özelliklerine bağlı orta büyüklükte depremlerin sık görülmesine, ne kadarının büyük depremlerle ilgili öncü ve artçı depremlere ait olduğunu

belirlemek pek mümkün görülmemektedir. $4 \leq M < 4{,}5$ değerleri için de benzer bir gidiş izlenmekte olup, noktalar arası girişime neden olduğundan Şekil 3 üzerinde işaretlenmemiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Tamlık analizi sonrasında görülen sakıncaların geriye dönük olarak ortadan kaldırılması mümkün olmamakla birlikte, uygun bölge sınırlarının belirlenmesi, parametrelerin tahmininde ML gibi tarafsız tahmin yöntemlerinin seçilmesi gibi önlemlerle tahmin hatalarının azaltılabileceği düşünülebilir. Azalım ilişkilerinin tarihsel deprem kayıtlarıyla sınanarak, gerekirse bölge seçimi için düzeltme yapılması da önerilmektedir.

Yazarların önceki çalışmalarında (Kahraman 2007, 2008) elde edilen sonuçlar, parametrelerin hesabında kullanılan EKK ve ML tahminleri, tarihsel ve aletsel depremler birlikte değerlendirildiğinde; Batı Anadolu deprem tehlikesinin tanımlanması için kullanılacak en uygun bölge sınırlarının Büyük Menderes ve Gediz grabenleri, Zeytindağ-Bergama ve Simav fay sistemleri ile Kütahya fayının içinde bulunduğu 37.5° – 39.6° N / 26° – 30° E olarak belirlenmesi uygun görülmektedir.

Bu bölge için, ML yöntemi ile belirlenen daha tarafsız parametrelerin kullanılması, dolayısıyla azalım ilişkisinin $4{,}55 - (0{,}853 \pm 0.08)M$ biçiminde tanımlanması (R^2=0.995) uygun olacaktır. Tarihsel kayıtlarda, bölgede çok yıkıcı ($M_s \geq 7{,}0$) 28 deprem kaydı görülmektedir. M.Ö 1400 tarihlerinden günümüze yaklaşık 3400 yıllık süre dikkate alındığında, bu büyüklükte depremlerin 120 yıllık yinelenme aralığına sahip olduğu söylenebilir. Dolayısıyla, tanımlanan bölge sınırları için belirlenen azalım ilişkisinin tarihsel gözlemlerle de uyumlu olduğu söylenebilmektedir.

Bölge için belirlenen parametre değerleri, yinelenme aralıkları, aşılma olasılıkları ve tamlık analizinde $M_s \geq 6{,}0$ için oluşan eğim dikkate alındığında bölge için önümüzdeki on yıllık dönem içinde büyük bir depremin gerçekleşmesi beklenmelidir.

KAYNAKLAR

Ayhan, E., Alsan, E., Sancaklı, N. ve Üçer, S.B. (1986). Earthquake Catalog of Turkey and Surroundings 1881-1980, İstanbul, Boğaziçi Ünv., Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute.

Barka, A. (1992). The North Anatolian fault zone, *Annales Tectonicae* **6**, 164-195.

Barka, A. ve Reilinger, R. (1997). Active tectonics of the Eastern Mediterranean region deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, *Annale de Geofisica* **40**, 587-610.

Cornell, A.C. (1968). Engineering seismic risk analysis, *Bulletin of the Seismological Society of America* **58**, 1583–1606.

Dewey, J.F. ve Şengör, A.M.C. (1979). Aegean and surrounding regions complex multiplate and continuum tectonics in a convergent zone, *Geological Society of America Bulletin* **I:90**, 84-92.

Dewey, J.F. (1988). Extensional collapse of orogens, *Tectonics* **7**, 1123-1139.

Gutenberg, B. ve Richter, C.F. (1944). Frequency of earthquakes in California, *Bulletin of the Seismological Society of America* **34**, 185-188.

Gutenberg, B. ve Richter, C.F. (1956). Seismicity of the Earth, Princeton, Princeton University Press

Gutenberg, B. ve Richter, C.F. (1958). Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration, *Bulletin of the Seismological Society of America.* **63**, 501-516.

Kagan, Y.Y. (2003). ESI Special Topics, September, http://www.esi-topics.com/ earthquakes/interviews/ YanYKagan.html

Kahraman, S., Baran, T., Şalk, M. (2004). İzmir ve çevresi deprem frekans ve risk analizi, Istanbul, *VI. Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi Bildiriler* **I,** 500-509, 6-8 Ekim, İstanbul.
Kahraman, S., Baran, T., Saatçı, İ.A. ve Şalk, M. (2008). The effect of regional borders when using the Gutenberg – Richter Model, Case Study: Western Anatolia. *Pure and Applied Geophysics* **165** , 331-347.
Kahraman, S., Baran, T. ve Saatçı, İ.A. (2007). Batı Anadolu örneğinde bölge sınırları seçiminin deprem tehlikesinin belirlenmesine etkileri. İstanbul, *Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı Bildiriler Kitabı* CII, 335- 346.
Kijko, A. ve Graham, G. (1998). Parametric-Historic procedure for probabilistic seismic hazard analysis Part I: Estimation of maximum regional magnitude m_{max}, *Pure and Applied Geophysics* **152**, 413-444.
Kijko, A. ve Graham, G. (1999). Parametric-Historic procedure for probabilistic seismic hazard analysis Part II: Assessment of seismic hazard at specified site, *Pure and Applied Geophysics* **154**, 1-22.
Koçyiğit, A., Yusufoğlu, H. ve Bozkurt, E. (1999). Evidence from the Gediz graben for episodic two-stage extension in western Turkey, *Journal of the Geological Society London* **156**, 605-616.
Kossobokov, V.G., Keilis-Borok, V.I., Turcotte, D.L. ve Malamud, B.D. (2000). Implications of a statistical physics approach for earthquake hazard assessment and forecasting, *Pure and Applied Geophysics* **157**, 2323-2349.
Le Pichon, X. ve Angelier, J. (1979). The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area, *Tectonophysics* **60**, 1-42
McGuire, R.M. (1993). Computation of seismic hazard, *Annale de Geofisica* **36**, 181-200.
Meulenkamp, J.E., Wortel, M.J.R., Vanwimmed, W.A., Spakman, W. ve Hoogerduyn-Sytrating, E. (1988). On the Hellenic Subduction zone and the geodynamic evaluation of Crete since the late middle Miocene", *Tectonophysics* **146**, 203-215.
MTA (1992). Türkiye Diri Fay Haritası, http://www.mta.gov.tr/mta_web/dirifay1.asp (Son erişim: Ağustos 2011)
Naeim, F. (Ed.) (1989). The Seismic Design Handbook, Chapman and Hall, New York.
Naeim, F. ve Kelly, J.M. (1999). Design of Seismic Isolated Structures: from Theory to Practice, John Wiley & Sons, New York.
Rockwell, T., Barka, A., Dawson, T., Thorup, K. ve Akyüz, S. (2001). Paleoseismology of the Gazikoy-Saros segment of the North Anatolia fault, northwestern Turkey-Comparison of the historical and paleoseismic records, implications of regional seismic hazard, and models of earthquake recurrence, *International Journal of Seismology* **5: 3**, 433-448.
Royden, L. (1993a). The tectonic of slab pull at continental convergent boundaries, *Tectonics* **12**, 303-325.
Royden, L. (1993b). Evolution of retreating subduction boundaries formed during continenta collision, *Tectonics* **12**, 629-638.
Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1992). The age of the Buyuk Menderes graben (west Turkey) and its tectonic implications, *Geological Magazine* **129**, 239-242.
Seyitoğlu, G. ve Scott, B.C. (1996). The age of Alasehir graben (west Turkey) and its tectonic implications, *Geological Journal* **31**, 1-11.
Stepp, J.C. (1972). Analysis of completeness of the earthquake sample in the Puget Sound Area and its effects on statistical estimates of earthquake hazard, *Proceedings of the First Microzonation Conference*, 897-909, Seattle, WA.
Şalk, M., Altıner, Y. ve Ergün, M. (2000). Geodynamics of western Turkey and implications", *Proceedings of international conference on earthquake hazard and risk in the Mediterranean region* **I**, 179-189.
Şengör, A.M.C. (1987). Cross-faults and differential stretching of hanging walls in regions of low-angle normal faulting: examples from western Turkey, in Continental extensional tectonics (Eds: M.P. Coward, J.F. Dewey ve P.L. Hancock), London, Geological Society, Special Publication **28**, 575-589.
Utsu, T. (1999). Representation and analysis of the earthquake size distribution: a historical review and some new approaches, *Pure and Applied Geophysics* **155**, 509–535.
Wesnousky, S.G. (1994). The Gutenberg-Richter or characteristic earthquake distribution, which is it, *Bulletin of the Seismological Society of America* **84:6**, 1940-1959.