

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR BÖLGESİ İÇİN OLASILIKSAL**  
**DEPREM TEHLİKESİNİN FARKLI**  
**YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Bihter KORKMAZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**GEBZE**

**2012**



**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**İZMİR BÖLGESİ İÇİN OLASILIKSAL**  
**DEPREM TEHLİKESİNİN FARKLI**  
**YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Bihter KORKMAZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**DEPREM VE YAPI MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI**  
**PROF. DR. BİLGE SİYAHİ**

**GEBZE**

**2012**



## YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 13 Temmuz 2012 tarih ve 2012/25 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 11 Ekim 2012 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Bihter KORKMAZ'ın tez çalışması Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Bilge SİYAHİ

ÜYE

: Doç. Dr. Yasin FAHJAN

ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Berna UNUTMAZ

### ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../20... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

**TEZİN BAŞLIĞI :İZMİR BÖLGESİ İÇİN OLASILIKSAL DEPREM TEHLİKESİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**YAZAR ADI :BİHTER KORKMAZ**

Jeolojik konumu nedeniyle büyüklü küçüklü birçok tektonik harekete maruz kalan ülkemizde deprem tehlikesinin belirlenmesi çalışmaları artık zorunluluk haline gelmeye başlamıştır. İzmir İli ve çevresi de hem can güvenliği hem de ülke ekonomisi düşünüldüğünde deprem riskinin büyük olduğu yerleşim birimlerinden biridir.

Çalışmada İzmir İli ve çevresinin deprem tehlikesi olasılıksal yöntemle farklı etkilenme alanları (50, 100, 150 ve 200 km) için belirlenmiştir. Bunun için öncelikle uluslar arası deprem kataloglarından yaralanılmış ve 1900-2012 yılları arasında meydana gelmiş Richter büyüklüğü 3.5-7.5 olan depremler ele alınmıştır. İzmir İli ve çevresi jeolojik ve sismotektonik olarak değerlendirilmiş ve daha önce İzmir ve çevresi için yapılmış deprem kaynak bölgelendirme çalışmalarından elde edilen deprem kaynakları kullanılmıştır. Bu kaynakların deprem etkinlikleri Gutenberg-Richter yinelenme ilişkileriyle ifade edilmiştir. Belirsizliklerin en aza indirgenebilmesi için ise elde edildiği verilerin çokluğu ve güvenilirliği nedeniyle Boore-Atkinson (2008 NGA), Campbell-Bozorgnia (2008 NGA) ve Chiou-Youngs (2008 NGA) yer hareketi tahmin ilişkileri kullanılmıştır. Son adım olarak EZ-FRISK yazılımı ile İzmir İli ve çevresi için farklı etkilenme alanlarında olasılıksal deprem tehlikesi hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## **SUMMARY**

**THESIS NAME: PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT FOR İZMİR REGION APPLYING DIFFERENT METHODS**

**AUTHOR'S NAME: BİHTER KORKMAZ**

At the present time, the studies of seismic hazard calculation have become necessary by the reason of the geologic position of Turkey that is subjected to tectonic motions of all sizes. When life safety and national economy are thought, İzmir Province and its surrounding area is an accommodation unit that is under big seismic risk

In this study, seismic hazard of İzmir Province and its surrounding area was determined by different striking distances (50, 100, 150 and 200 km). First of all, international earthquake catalogs were used and earthquakes in size of 3.5-7.5 Richter magnitude and occurred in 1900-2012 were taken. İzmir Province and its surrounding area were assessed in terms of geology and seismotectonic and seismic sources which were achieved by previous seismic zonation studies of İzmir were used. Then their seismic activities were expressed by Gutenberg-Richter recurrence relations. To reduce the uncertainties Boore-Atkinson (2008 NGA), Campbell-Bozorgnia (2008 NGA) and Chiou-Youngs (2008 NGA) ground motion prediction relations which were generated by a large number of data were used. Lastly, probabilistic seismic hazard for İzmir Province and its surrounding area was calculated by different striking distances with EZ-FRISK software and results were compared.

## TEŐEKKÖR

Yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği destek ve yardımlarından dolayı danışman hocam Prof. Dr. Bilge SİYAHİ'ye, Doç. Dr. Bülent AKBAŐ ile Doç. Dr. Yasin FAHJAN'a ve tez jüri hocam Yrd. Doç. Dr. Berna UNUTMAZ'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım süresince tüm desteklerini esirgemeyen sevgili çalışma arkadaşlarım Araő. Gör. F. İlknur KARA ve Araő. Gör. Önder UMUT'a da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Ve beni her zaman destekleyen sevgili annem PINAR KORKMAZ'a, babam Yakup KORKMAZ'a ve en büyük teknik destekçim ağabeyim BİLGEHAN KORKMAZ'a sevgi, şefkat ve sabırlarından dolayı teşekkürü borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı	2
2. BÖLGENİN JEOLJİK, SİSMOTEKTONİK YAPISI ve DEPREMSELLİĞİ	3
2.1. Bölgenin Jeolojisi	3
2.1.1. Paleotektonik Dönem Oluşumları	3
2.1.2. Neojen ve Kuvaterner Dönem Oluşumları	5
2.2. Bölgenin Sismotektonik Yapısı	6
2.2.1. Temel Kavramlar	6
2.2.2. Sismotektonik Yapı	10
2.2.3. Tektonik Unsurlar	12
2.2.4. Etkin Faylar	13
2.3. Bölgenin Depremselliği	17
2.3.1. Bölgenin Tarihsel Dönem Depremselliği	18
2.3.2. Bölgenin Aletsel Dönem Depremselliği	19
3. OLASILIKSAL DEPREM TEHLİKESİ ÇÖZÜMLEMESİ	20
3.1. Olasılıksal Deprem Tehlikesi Çözümlemesi Adımları	20
3.1.1. Deprem Kataloglarından Depremselliğin Elde Edilmesi	21
3.1.2. Deprem Kaynaklarının Belirlenmesi	22
3.1.3. Deprem Kaynaklarının Yinelenme İlişkilerinin (Gutenberg-Richter) Elde Edilmesi	27

3.1.4.	Yer Hareketi Tahmin Modellerinin Belirlenmesi	35
3.1.5.	Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi	36
3.1.6.	EZ-FRISK Yazılımı	37
3.1.7.	Tehlike Çözümlemesi Sonuçları	38
4.	SONUÇLAR	61
	KAYNAKLAR DİZİNİ	62
	ÖZGEÇMİŞ	64
	EK I	65
	EK II	66

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a	: Gutenberg-Richter ilişkisi hesabında yere ve zamana bağlı regresyon sabiti
A	: Deprem kaynaklarının alanı
AFAD	: TC Başbakanlık, Afet Acil Durum Dairesi Başkanlığı
b	: Gutenberg-Richter ilişkisi hesabında bölge özelliğine bağlı regresyon sabiti
CSEM-EMSC	: Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi
denb	: En büyük deprem derinliği
dort	: Ortalama deprem derinliği
DLH (2008)	: Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği
EAB	: Ege Açılma Bölgesi
EDBB	: Ege Dalma-Batma Bölgesi
GPS	: Global Positioning System
$I_0$	: Depremin şiddeti
IAEA	: International Atomic Energy Agency
IM	: Depremin herhangi bir büyüklüğü
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
M, m	: Depremin büyüklüğü
menb	: En küçük deprem büyüklüğü
menk	: En büyük deprem büyüklüğü
myö	: Milyon yıl önce
P	: Olasılık değeri
PGA	: En büyük yer ivmesi
R	: Depremin merkez üssü uzaklığı
T	: Periyot
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UDİM	: Ulusal Deprem İzleme Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
USGS	: United States Geological Survey
$\theta$	: Belirsizlik
$\lambda, \beta$	: Deprem kaynaklarının depremselliklerini ifade eden değişken

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>		<u>Sayfa</u>
2.1	Paleotektonik dönem oluşumlar (Yılmaz, 1997)	4
2.2	Deprem yaratması olası kaynaklar	8
2.3	Noktasal kaynak	8
2.4	Çizgisel kaynak	9
2.5	Alansal kaynak	9
2.6	Hacimsel kaynak	9
2.7	Batı Anadolu ve çevresinin yer değiştirme mekanizması (Barka ve Reilinger, 1997, Reilinger ve diğ., 1997)	10
2.8	EAB'nin ana tektonik unsurları ve sismotektonik özellikleri (Aktuğ ve Kılıçoğlu (2006), Bozkurt (2001), Emre ve diğ. (2005), Eyidoğan (1988), Ocaoğlu ve diğ. (2004, 2005) ve Şaroğlu ve diğ. (1992))	11
2.9	Ege Bölgesi'nin tektonik yapıları	13
2.10	Doğu Akdeniz bölgesinin etkin tektonik haritası (Barka, 1992, Barka ve Reilinger, 1997, Şengör ve diğ., 1985, Armijo ve diğ., 1991, 1992, 1996)	13
2.11	İzmir ve çevresinin diri fay haritası (Aleysel dönem deprenselliğiyle birlikte)	14
2.12	Batı Anadolu'nun deprenselliği (1900-2012) (USGS)	18
2.13	Tarihsel dönem depremlerinin merkez üssü dağılımları	19
2.14	Aleysel dönem depremlerinin merkez üssü dağılımları	19
3.1	Çalışmada kullanılan etkilenme alanları (50, 100,150 ve 200 km)	22
3.2	İzmir İli ve çevresinin deprenselliği (1900-2012)	22
3.3	İzmir İli ve çevresi için deprem kaynak bölgelendirmesi ve tektonik yapılar	24
3.4	İzmir İli ve çevresi için deprem kaynak bölgelendirmesi	24
3.5	Kaynak I'in konumu ve yinelen yinelenme ilişkisi	27
3.6	Kaynak II'nin konumu ve yinelenme ilişkisi	28
3.7	Kaynak III'ün konumu ve yinelenme ilişkisi	28
3.8	Kaynak IV'ün konumu ve yinelenme ilişkisi	28
3.9	Kaynak V'in konumu ve yinelenme ilişkisi	28
3.10	Kaynak VI'nın konumu ve yinelenme ilişkisi	29
3.11	Kaynak VII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi	29
3.12	Kaynak VIII'in konumu ve yinelenme ilişkisi	29

3.13	Kaynak IX'un konumu ve yinelenme ilişkisi	29
3.14	Kaynak X'un konumu ve yinelenme ilişkisi	30
3.15	Kaynak XI'in konumu ve yinelenme ilişkisi	30
3.16	Kaynak XII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi	30
3.17	Kaynak XIII'ün konumu ve yinelenme ilişkisi	30
3.18	Kaynak XIV'ün konumu ve yinelenme ilişkisi	31
3.19	Kaynak XV'in konumu ve yinelenme ilişkisi	31
3.20	Kaynak XVI'nın konumu ve yinelenme ilişkisi	31
3.21	Kaynak XVII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi	31
3.22	Kaynak XVIII'in konumu ve yinelenme ilişkisi	32
3.23	Kaynaklar (50 km)	39
3.24	Toplam tehlike eğrisi (PGA) (50 km)	39
3.25	Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (50 km)	40
3.26	Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (50 km)	40
3.27	Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (50 km)	41
3.28	Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (50 km)	41
3.29	Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (50 km)	42
3.30	Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (50 km)	42
3.31	Kaynak katkı eğrileri (PGA) (50 km)	43
3.32	Birleştirilmiş tehlike spektrumları (50 km)	43
3.33	Kaynaklar (100 km)	44
3.34	Toplam tehlike eğrisi (PGA) (100 km)	44
3.35	Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (100 km)	45
3.36	Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (100 km)	45
3.37	Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (100 km)	46
3.38	Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (100 km)	46
3.39	Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (100 km)	47
3.40	Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (100 km)	47
3.41	Kaynak katkı eğrileri (PGA) (100 km)	48
3.42	Birleştirilmiş tehlike spektrumları (100 km)	48
3.43	Kaynaklar (150 km)	49
3.44	Toplam tehlike eğrisi (PGA) (150 km)	49
3.45	Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (150 km)	50
3.46	Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (150 km)	50
3.47	Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (150 km)	51

3.48	Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (150 km)	51
3.49	Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (150 km)	52
3.50	Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (150 km)	52
3.51	Kaynak katkı eğrileri (PGA) (150 km)	53
3.52	Birleştirilmiş tehlike spektrumları (150 km)	53
3.53	Kaynaklar (200 km)	54
3.54	Toplam tehlike eğrisi (PGA) (200 km)	54
3.55	Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (200 km)	55
3.56	Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (200 km)	55
3.57	Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (200 km)	56
3.58	Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (200 km)	56
3.59	Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (200 km)	57
3.60	Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (200 km)	57
3.61	Kaynak katkı eğrileri (PGA) (200 km)	58
3.62	Birleştirilmiş tehlike spektrumları (200 km)	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Deprem kaynaklarının yinelenme ilişkileri	33
3.2 Deprem kaynaklarının depremsellik özellikleri	34
3.3 Seçilen periyotlar için depremsel etkilenme alanına göre elde edilen spektral ivme değerleri	59
3.4 Depremsel etkilenme alanındaki artışın spektral ivme değerlerine etkisi	60

# 1. GİRİŞ

Ülkemiz, jeolojik konumu nedeniyle büyüklü küçüklü birçok tektonik harekete maruz kalmaktadır. Depremleri meydana getiren bu hareketleri araştırmak, deprem tehlikesinin boyutunu belirlemede ve buna bağlı olarak depremsel riskin azaltılmasında hem toplumsal hem de ekonomik açıdan büyük önem taşır. Özellikle her geçen gün gelişen büyük kentlerde ve sanayileşmenin yoğun olduğu yerlerde hasargörebilirlik çok daha fazladır. Bu yüzden ki günümüzde, tehlikenin belirlenmesi çalışmaları; can güvenliğinin sağlanması ve ülke ekonomisinin korunması açısından artık gereklilik durumuna gelmiştir.

İzmir İli, körfez kıyısına kurulu olup Türkiye'nin üçüncü en büyük kentidir ve en önemli ikinci limanına sahiptir. Anadolu yarımadasının batısında, Ege Denizi'nin kıyısında yer alan şehrin yüzölçümü 12,012 km<sup>2</sup> ve nüfusu 3,948,848'dir (TÜİK, 2010). Nüfusun %91'lik bölümü il ve ilçe merkezlerinde yaşamaktadır. Aynı zamanda Türkiye'nin en önemli tarihi ve turistik yerlerini, sanayi ve ticaret merkezlerini, limanlarını, serbest bölgelerini ve enerji kaynaklarını bünyesinde barındıran İzmir İli gerek tarihsel gerekse aletsel dönem etkinliklerine bakıldığında büyük risk altındadır.

Amerika Jeolojik Araştırma Merkezi (U.S. Geological Survey, USGS) verilerine göre tarih boyunca Türkiye'de meydana gelmiş, 10,000 ve daha fazla sayıda ölümlle sonuçlanmış birçok deprem; Kocaeli-İstanbul, Erzincan-Erzurum, Adana-Antakya ve İzmir yörelerinde yoğunlaşmıştır. İzmir'in İli ve çevresinin Türkiye'nin depremselliğindeki önemi buradan da anlaşılabilir.

Adından da anlaşılacağı gibi "olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemesi" ile çalışılan bölgenin depremsel etkinliği hakkında belirli olasılık değerlerinin saptanması amaçlanır. Bu olasılık değerleri hesaplanırken bölgenin yerel zemin koşullarıyla birlikte; tarihi ve jeolojik bilgileri, depremsel etkinliği ve deprem değişkenlerinin azalmasına ilişkin bilgiler bir bütün olarak ele alınır.

Tüm bu veriler ışığında, İzmir İli ve çevresinde deprem tehlikesinin araştırılması ve elde edilen sonuçlarla birlikte alınacak önlemlerin en iyi biçimde planlanması için depremsel etki alanı değişen farklı olasılıksal depremsel tehlike çözümlemeleri yapılmış bulunan tehlike eğrileri karşılaştırılarak sonuçları sunulmuştur.

## 1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın öncelikli amacı; İzmir İli ve çevresinin, olasılıksal deprem tehlikesi değerlendirmesi yapılırken depremsel etkilenme alanının değişimi ve bu değişimin tehlike çözümlerindeki etkisinin incelenmesidir. Çalışmada İzmir İli ve çevresinin jeolojik, sismotektonik ve zemin özelliklerinden bahsedilmiş ve olasılıksal depremsel tehlike değerlendirmesi adımlarına geçilmiştir. Bunun için deprem kataloglarından yararlanılmış ve depremsel kaynak modellemeleri yapılmıştır. Gutenberg-Richter ilişkileri bulunan kaynaklar için daha sonra uygun yer hareketi tahmin ilişkileri seçilmiş ve farklı yarıçaplar için olasılıksal depremsel tehlike çözümleri yapılmıştır. Çözümlerinin sonucunda elde edilen tehlike eğrileri ve birleştirilmiş tehlike spektrumları karşılaştırılmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Kapsamı

Bu çalışmanın kapsamı özetlenecek olursa;

İlk bölümde konuyla ilgili genel bilgiler verilmiş, çalışmanın amacı ve kapsamından söz edilmiştir.

İkinci bölümde, daha önce yapılmış çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, çalışılan alanın jeolojik ve sismotektonik yapısı anlatılmış ve bölgede bulunan etkin faylar ve bunların depremselliği değerlendirilmiştir.

Dördüncü bölümde, olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemesi yöntemi ve hesap adımları açıklanmış ve kullanılan yazılım hakkında bilgi verilmiştir.

Son bölümde, sonuçlar grafikler şeklinde verilmiş ve yorumlanmıştır.

## 2. BÖLGENİN JEOLJİK, SİSMOTEKTONİK YAPISI ve DEPREMSELLİĞİ

### 2.1. Bölgenin Jeolojisi

Anadolu Yarımadası'nın batısında, Ege Denizi'nin kıyısında yer alan İzmir İli'nin ve çevresinin jeolojisini, Kambriyen Öncesi Devir'den Günümüz'e (~4500 myö-Günümüz) kadar oluşmuş çeşitli yaş ve türdeki kaya toplulukları oluşturur. Bunlar paleotektonik (Miyosen (23.8-5.32 myö) öncesindeki tektonik faaliyetler) dönem kaya toplulukları ile Neojen (23.8-1.81 myö) ve Kuvaterner (1.81 myö-Günümüz) oluşumları olarak iki grupta incelenmiştir.

#### 2.1.1. Paleotektonik Dönem Oluşumları

Batı Anadolu' da dört temel birim tanımlanmaktadır ve bunlar kuzeyden güneye şöyle sıralanabilir (Şengör ve diğ., 1985, Şengör, 1987 ve Yılmaz, 1997) (Şekil 2.1).

Sakarya Kıtası

İzmir-Ankara Kenet Kuşağı

Menderes Masifi

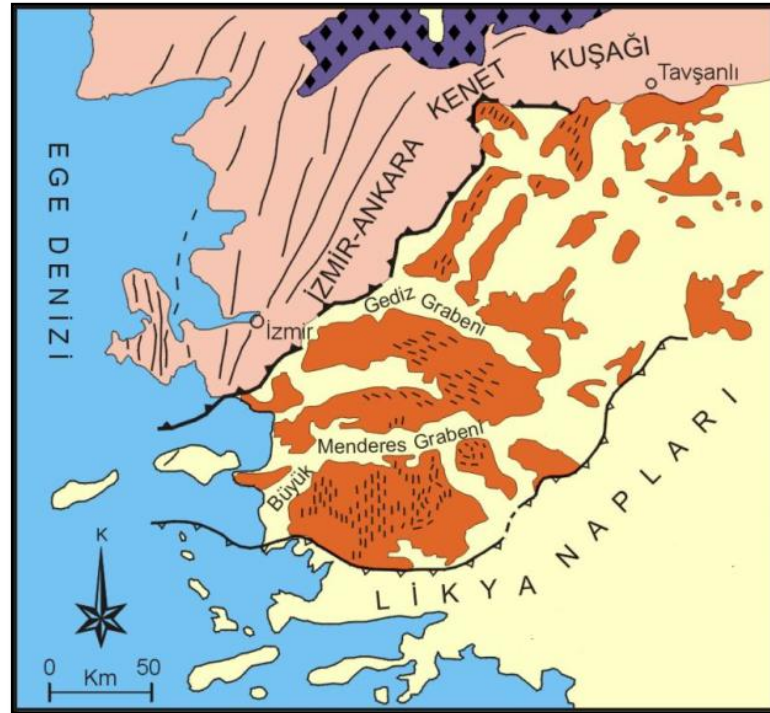
Likya Napları

Bu jeolojik birimler farklı zamanlarda ve farklı tektonik süreçler sonucu Orta Miyosen öncesinde bir araya gelmişlerdir.

#### Sakarya Kıtası

Sakarya Kıtası güneyde İzmir-Ankara ve kuzeyde İç-Pontid Kenet Kuşakları arasında yer almaktadır. Kıtanın temeli başkalaşmış ve başkalaşmamış Paleozoik (545-251.4 myö) birimlerden oluşmaktadır ve bu temel Mezozoyik (251.4-65.5 myö) ve Senozoyik (65.5 myö-Günümüz) birimlerle örtülür (Yılmaz 1997). Sakarya kıtası içinde Biga Yarımadası ile Bilecik arasında Lias (Erken Jura (205.1-142 myö)) öncesi Permiyen (292-251.4 myö) ve Trias (251.4-205.1 myö) yaşındaki birimlerden oluşan Karakaya Karmaşığı (Şekil 3.1, mor renkli bölge) (Bingöl, 1973; Okay ve diğ., 1991)

temelin önemli kısmını oluşturmaktadır (Yılmaz, 1997). Bu karmaşık Yenişehir başkalaşım birimlerine karşılık gelir ve Jura ve Alt Kretase (142-65.5 myö) yaşlı değişik kireçtaşları ile örtülmektedir. Üst Kretase birimleri daha çok şist çökellerinden oluşmaktadır ve kıtasal çökellerle Paleosen'e (65.5-55.5 myö) kadar devam etmektedir. Geç Eosen-Erken Miyosen (55.5-5.32 myö) döneminde Sakarya güneyinde yer alan Tetis okyanusunun kapanmasının ardından kıta-kıta çarpışması sonucunda Oligosen (33.7-23.8 myö) birimler oluşmuştur. Alt Miyosen birimleri ise gösel çökellerle ve yine aynı zamanlı yaygın volkanik kayalardan oluşmaktadır.



Şekil 2.1 Paleotektonik dönem oluşumlar (Yılmaz, 1997)

## İzmir-Ankara Kenet Kuşağı

Paleotektonik dönemin önemli tektonik oluşumlarından bir olan İzmir-Ankara Kenet Kuşağı, kuzeyinde Sakarya Kıtası ile Menderes Masifi arasında kalır. Aynı zamanda İzmir çevresi Bornova şisti veya karmaşığı olarak adlandırılmaktadır (Kaya, 1991; Erdoğan ve Güngör, 1992) ve Üst Kretase-Paleosen (142-55.5 myö) yaşlı kaya topluluklarından oluşur. Bazı kesimleri başkalaşmış kırıntılı kayalar ile bunlar içerisinde irili ufaklı bloklar oluşturan serpantin, çört, diyabaz ve kireçtaşları bu yapıyı oluşturan kaya birimleridir. Tartışmalı da olsa bu bölge içerisinde değerlendirilen ve Karaburun Yarımadası'nda yüzeyleyen Alt Karbonifer-Alt Kretase (354-65.5 myö) yaşlı kaya toplulukları bulunur. Bornova Karmaşığı'nın Karaburun Kuşağı ile dokunağı tektonik bir

oluşumdur ve günümüzdeki etkin Gülbahçe fayının bu oluşuma karşılık geldiği düşünülür.

## **Menderes Masifi**

Menderes Masifi, Batı Anadolu'nun en önemli başkalaşmış birimidir ve İzmir-Ankara Kenet Kuşağı ile Likya Napları arasında yer alır. Batı Anadolu'nun paleotektonik dönem oluşumlarından biri olan Menderes Masifi başkalaşmış kayalardan oluşur. Masif, karmaşık bir içyapısı ve litolojik dağılım gösterir. Okay (2000)'da Menderes Masifi'ni oluşturan kaya birimlerinin katmanları ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Masifin çekirdeğinden üst katmanlara doğru kayalar; Kambriyen Öncesi yaşlı gnayslar, Paleozoik (545-251.4 myö) yaşlı mika-şistler, Permo-Karbonifer (354-251.4 myö) yaşlı meta-kuvarsit, siyah fillit ve koyu renkli rekristalize kireçtaşları, Mezozoik (251.4-65.5 myö) yaşlı neritik kireçtaşları ile Paleosen (65.5-55.5 myö) ve Alt Eosen (55.5-33.7 myö) yaşlı rekristalize pelajik kireçtaşlarından oluşur.

## **Likya Napları**

Likya Napları'nın oluşumu, seçeneği üretilmemiş bir varsayıma göre açıklanmıştır (Brunn ve diğ., 1971; Graciansky, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Şengör ve diğ., 1984; Ersoy, 1990, 1991). Bu varsayıma göre; İzmir-Ankara Kenet Kuşağı boyunca Geç Kretase'de meydana gelen dalma-batma sırasında okyanus kabuğu Anatolid-Torid platformu (Ketin (1966) tarafından tanımlanan paleotektonik bölgeler) üzerine bindirmiştir (üzerlenme). Likya Napları, bu üzerlenme ve daha sonraki Geç Paleosen-Erken Eosen'de meydana gelen kıta-kıta çarpışmasında dalma-batma sırasında süpürülen (accretionary complex) malzeme ile birlikte Batı Toroslar'ın yer değiştirmiş birimlerini oluşturur. Sin-tektomatik konglomeralardan, peridotit naplarından, Karbonifer (354-292 myö)-Eosen yaşlı karbonatlı kayalardan ve Eosen şistten oluşmaktadır. Naplarla ilgili hareketlerin Orta Miyosen'e kadar devam ettiği gözlenmiştir (Hayward, 1984).

### **2.1.2. Neojen ve Kuvaterner Dönem Oluşumları**

Bu dönem oluşumları Menderes Masifi'nin başkalaşmış birimleri ile İzmir-Ankara Kenet Kuşağı'na ait temel birimler üzerindeki örtü kayalarıdır.

Neojen kaya toplulukları İzmir'in kuzeyinde Foça-Aliaga-Menemen, İzmir'in güneyinde Urla, Seferihisar-Torbalı ve Gediz Grabeni çevresinde geniş yayımlıdır ve

bu toplulukların katmanlarının tabanını Alt-Orta Miyosen yaşlı kaya birimleri oluşturur. Bunlar; çökemiş kumtaşı, şeyl, kireçtaşı ve çakıl taşlarından oluşur. Üst Miyosen-Erken Pliyosen (23.8-11.81 myö) birimleri Urla Yarımadası, Buca-Cumaovası, Foça Yarımadası ve Bornova doğusunda yaygın kaya türlerini meydana getirirler. Menemen-Foça-Aliğa civarında yer alan Miyosen yaşlı birimler karmaşık bir tabakalaşma gösterir.

İzmir ve çevresinde iki ayrı dönem tortullaşma görülmektedir. İlki Alt Miyosen çökelleridir. İzmir'in güneyinde bu ilk dönem çökeller, Cumaovası batısında Tuzla Fayı boyunca tabanda konglomera ve onun üzerinde yer alan kireçtaşları ile temsil edilmektedir. Bu alanda Üst Miyosen tortulları tabanda yine bir konglomera ile başlayıp yukarı doğru görsel kireçtaşları ile devam etmektedir. Yılmaz (1997) bölgede Alt Miyosen'de volkanizma ile göl ortamının var olduğu ve faylanmaların daha çok Üst Miyosen'de başladığını belirtmiştir ve Pliyosen başından itibaren de bugün Batı Anadolu'ya hâkim D-B grabenlerin meydana geldiği ve bu yapıların bütün önceki sistemleri kestiğini ileri sürmüştür. Ancak her iki farklı sistemin güncel tektonik çatı içinde etkin olduğu sanılmaktadır.

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, çalışma alanında Pliyosen birimlerine rastlanmamıştır ancak birçok çalışmacı Pliyosen birimlerinin D-B uzanımlı grabenlerin içinde yer aldığına inanmaktadır.

Gediz Grabeni, Cumaovası ve Küçükmenderes Ovaları ile Gediz Deltası'ndaki geniş düzlükler Kuvaterner birimleri oluşturur. İzmir Körfezi çevresinde de Kuvaterner ve Holosen yaşlı delta, yelpaze deltası ve yelpaze çökelleri oluşmuştur. Körfezin kuzeyinde yer alan Holosen yaşlı Gediz Deltası'nın yüzeyi taşkın çökelleriyle örtülüdür (Hakyemez ve diğ., 1999). Günümüz Gediz Deltası Ege Denizi'nde Holosen başında meydana gelen deniz seviyesi yükselimi (Erinç, 1955; Stanley ve Blanpied, 1980; Aksu ve diğ., 1987; Perissoratis ve Conispoliatis, 2003) sonucu oluşmuş genç bir çökel paketidir. Güney kesimlerdeki Kuvaterner çökelleri ise Holosen yelpaze deltalarından oluşmaktadır.

## **2.2. Bölgenin Sismotektonik Yapısı**

### **2.2.1. Temel Kavramlar**

Sismotektonik, tektoniğin deprensellikle birlikte ele alındığı ve depremin gelişim sürecini inceleyen jeofizik biliminin bir dalıdır. Fayların etkin olup olmadığı, çok eski ve

günümüz deprem oluşumlarının faylarla ilişkisi bu çalışmalar sonucunda ortaya çıkarılmaktadır.

Sismotektonik bölge, ABD Atom Enerjisi Komisyonu (United States Atomic Energy Commission, AEC) ve Uluslararası Atom Enerjisi Dairesi (International Atomic Energy Agency, IAEA) tarafından, ilgili bölge sınırları içerisinde jeolojik yapı ve deprem özellikleri bakımından benzerlik gösteren yöre olarak tanımlanmıştır.

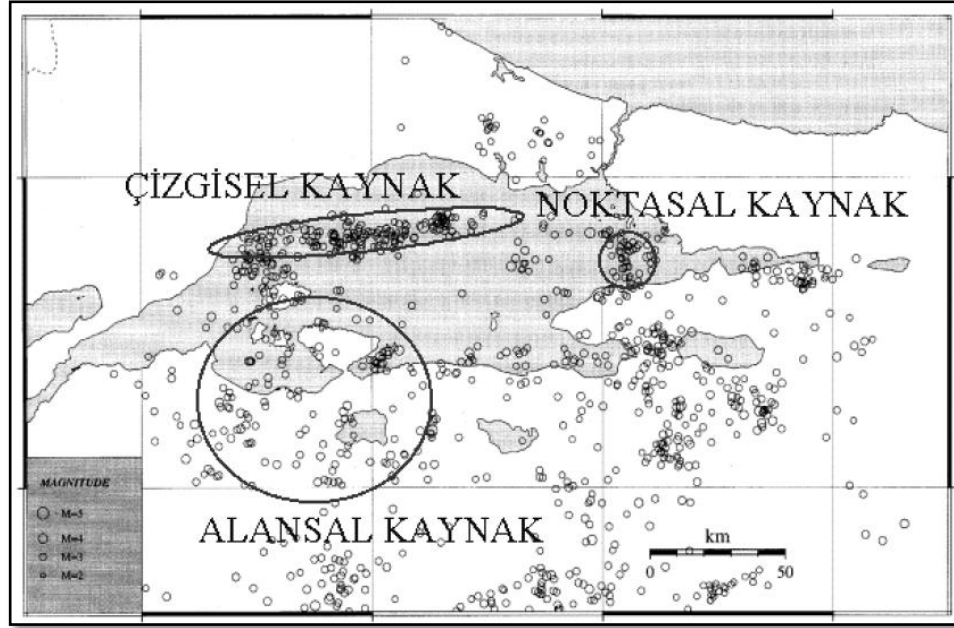
Depremlerin nerede olabileceğinin belirlenebilmesi için çalışılan alan ve çevresini etkileyecek deprem kaynaklarını içeren sismotektonik modellerin kurulması gereklidir. Sismotektonik model, jeofizik ve jeolojik verilerden üretilen deprem kaynak bölgelerini içeren ve tehlikenin belirlenmesinin temelini oluşturan bir depremsel tehlike modelidir. Bu modellerin oluşturulabilmesi için deprem kaynaklarının boyutlarının, sınırlarının ve çalışılan alana göre konumlarının belirlenmesi çok önemlidir. Bu aşamada, sismotektonik özellikleri tanımlamada gerekli olan morfolojik, jeolojik, tektonik, jeofizik ve sismolojik veriler derlenir. Buna göre deprem yaratması olası kaynaklar (Şekil 2.2)

Noktasal kaynaklar

Çizgisel kaynaklar

Alansal kaynaklar

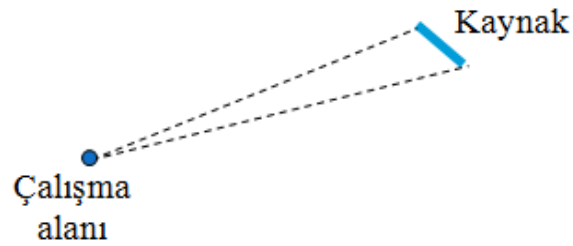
Hacimsel kaynaklar olarak sınıflandırılabilir.



Şekil 2.2 Deprem yaratması olası kaynaklar

## Noktasal Kaynak

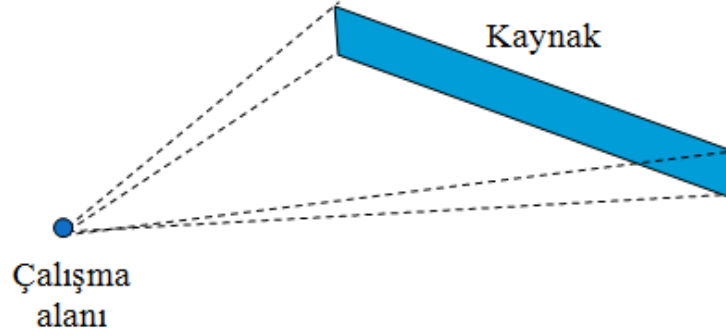
Bazen depremler kümelenme şeklinde olabilir. Eğer bu küme alanı küçükse bu alan bir nokta kaynak gibi düşünülebilir (Şekil 2.3). Noktasal kaynaklarda çalışma alanı-kaynak uzaklığı sabittir. Aynı şekilde volkanik depremlerin kaynakları da noktasal kaynak olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.3 Noktasal kaynak

## Çizgisel Kaynak

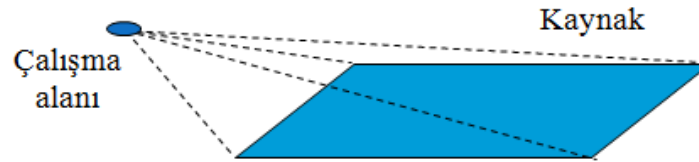
Çoğunlukla yeryüzündeki konumu ve uzanımı iyi bilinen fayların kaynak olarak modellenmesi için çizgisel kaynak kavramı kullanılır (Şekil 2.4). Özellikle doğrultu atımlı faylar bu yaklaşıma uygundur. Çalışma alanı-kaynak uzaklığını tek bir geometrik değişken belirler.



Şekil 2.4 Çizgisel kaynak

## Alansal Kaynak

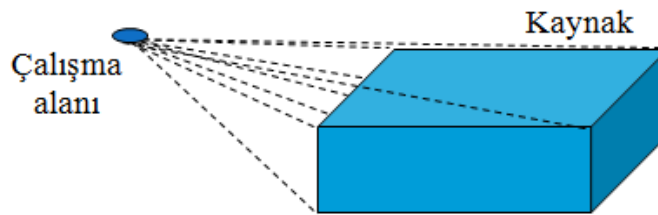
Bazen de deprem etkinliği olan yerler kolaylıkla çizgisel veya noktasal kaynak olarak değerlendirilemez. Bu durumda alansal kaynak yaklaşımında bulunmaktadır (Şekil 2.5). Çalışma alanı-kaynak uzaklığını iki geometrik değişken belirler.



Şekil 2.5 Alansal kaynak

## Hacimsel Kaynak

Yeryüzündeki konumu ve uzanımı tam olarak belirlenemeyen ve derinlik etkisinin de göz önüne alınması gereken durumlarda hacimsel kaynak kullanılır (Şekil 2.6). Çalışma alanı-kaynak uzaklığını üç geometrik değişken belirler.



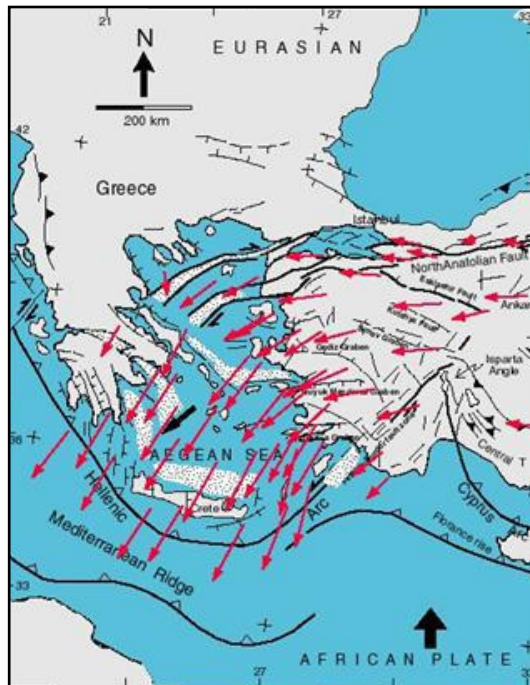
Şekil 2.6 Hacimsel kaynak

Bunların yanında herhangi bir deprem kaynağı ile ilişkilendirilemeyen deprem etkinliği, deprenselliğin bir biçimli veya mekânsal olarak yaygınlaştırılmış olduğu kabul edilen arka plan kaynak olarak incelenebilir.

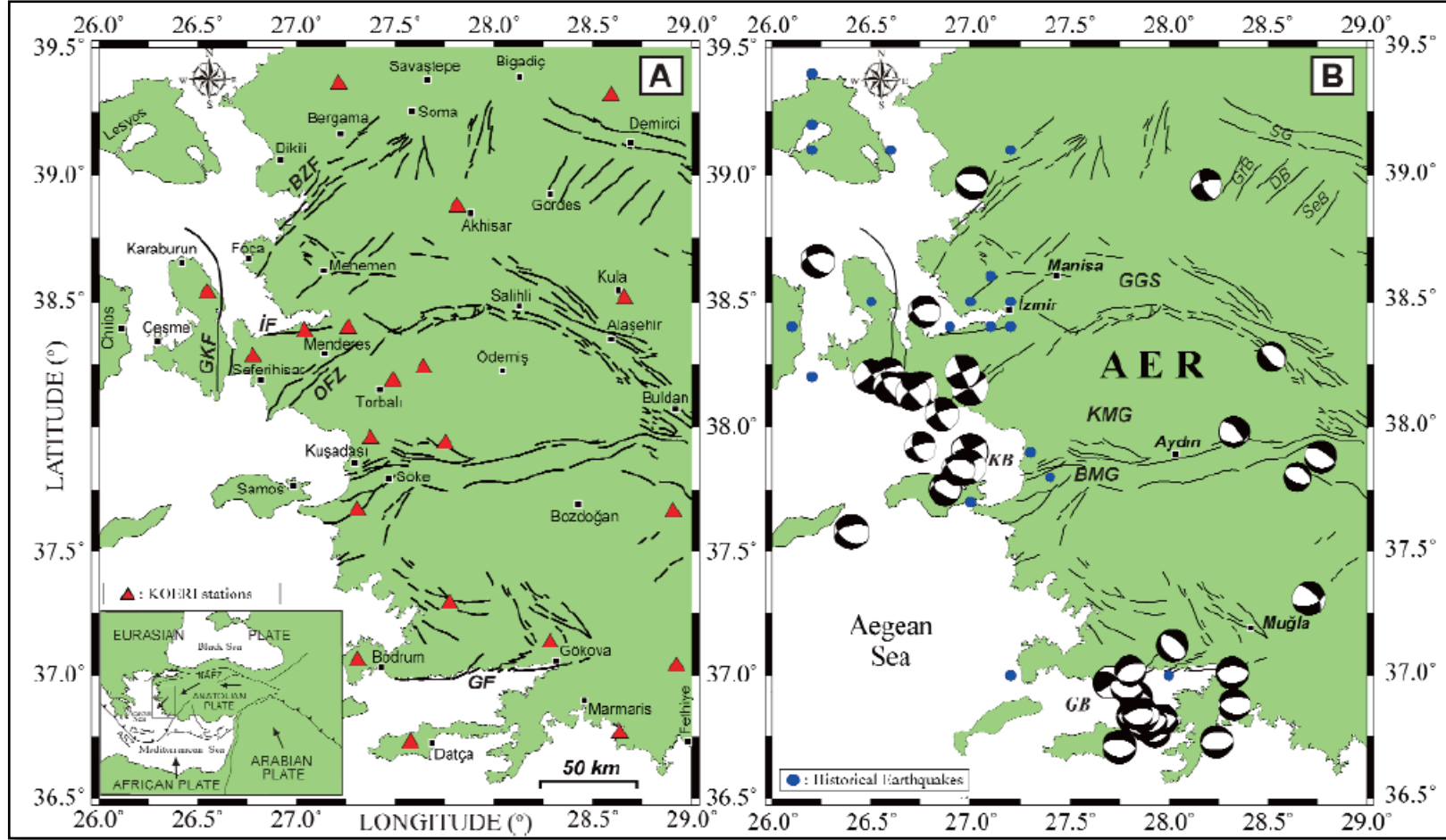
### 2.2.2. Sismotektonik Yapı

Batı Anadolu ve Ege Denizi dünyanın en çok deprem olan ve en çok çalışılan yerlerinden biridir. Son 30 yılda kıtasal kabuğun yer değiştirmesi ile kaçma mekanizması ve dalma-batma ilişkilerinin anlaşılmasında son derece önemli rol oynamasına rağmen hem kinematik hem de dinamik açıdan çok karmaşık bir yapıya sahiptir.

Ege Açılma Bölgesi (EAB), genel anlamda Avrasya-Arabistan çarpışmasının bir yan ürünüdür ve bu çarpışma sonucu Doğu Anadolu'daki sıkışma hareketinin Kuzey Anadolu Fayı (KAF) ile batıya taşınmasıyla bölgedeki çöküntü hendekleri oluşmuştur. Ayrıca EAB, Doğu Akdeniz Bölgesi'nin depremselliği en etkin ve bu depremselliğin de hızla devam ettiği bir parçasıdır (Bozkurt, 2001). Başlıca iki tektonik özellik EAB'nin neotektonik yapısı içerisinde önemli rol oynar. İlki, Afrika Plakası'nın güneyinde yer alan Ege Dalma-Batma Bölgesi'nin (EDBB) Anadolu Plakası'nın altına dalmasıdır (Papazachos & Kiratzi 1996). Diğer bir önemli tektonik özellik de kuzeydeki Kuzey Anadolu Fay Bölgesi'dir. Batı Anadolu'nun Avrupa'ya göre plaka hareketi 24 mm/yıl'lık ortalama bir hızla saat yönünün tersi yönde bir dönmeye tanımlanabilir. (McClusky et al. 2000) (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Batı Anadolu ve çevresinin yer değiştirme mekanizması (Barka ve Reilinger, 1997, Reilinger ve diğ., 1997)



Şekil 2.8 EAB'nin ana tektonik unsurları ve sismotektonik özellikleri (Aktuğ ve Kılıçoğlu (2006), Bozkurt (2001), Emre ve diğ. (2005), Eyidoğan (1988), Ocakoğlu ve diğ. (2004, 2005) ve Şaroğlu ve diğ. (1992))  
 BMG-Büyük Menderes Grabeni, CB-Çandarlı Körfezi, DB-Demirci Havzası, GB-Gökova Körfezi, GrB-Gördes Havzası, GGS-Gediz-Graben Sistemi, KB-Kuşadası Körfezi, KMG-Küçük Menderes Grabeni, SB-Sığacık Körfezi, SeB-Selendi Havzası, SG-Simav Grabeni, ASZ-Ege Dalma-Batma Bölgesi, NAFZ-Kuzey Anadolu Fay Bölgesi

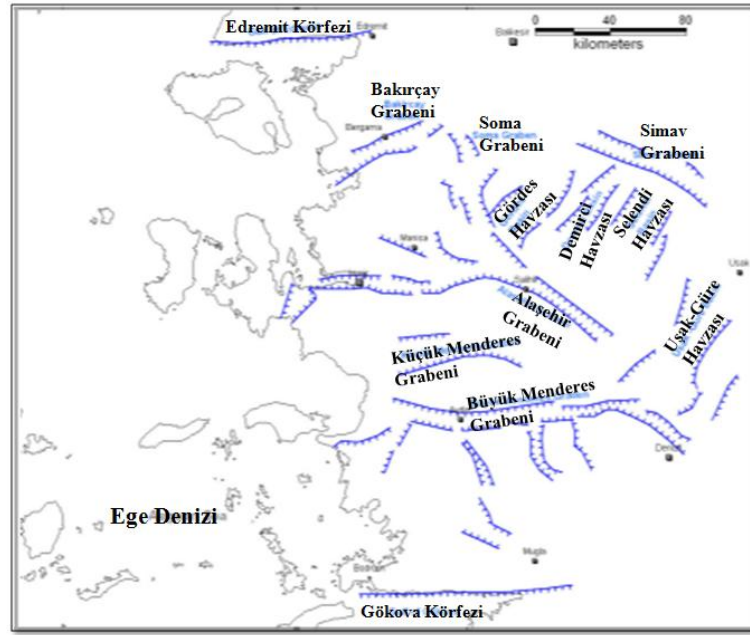
Güncel araştırmalarla da desteklenen Anadolu-Ege bloğunun saatin tersine dönme hareketi iki ana nedene bağlıdır. Birincisi, Doğu Anadolu' da Arabistan ve Avrasya levhalarının çarpışması ve bu sıkışma bölgesinden üçgen şeklinde kıtasal Anadolu bloğunun batıya kaçması, ikincisi ise Helenik yayında batan okyanus kabuğunun ağırlığı nedeniyle yayın güneye doğru geri çekilmesi sonucunda Batı Anadolu ve Ege Denizi'nde meydana gelen yaklaşık KKD-GGB gerilmedir (genişleme).

### **2.2.3. Tektonik Unsurlar**

Ege Bölgesi'ndeki batı uzantısıyla birlikte Batı Türkiye, Alp-Himalaya Dağoluşsal (orojenik) Kuşağı'nın önemli derecede şekil değiştirmiş bir bölümünde yer alır.

şekil 2.8'de EAB'nin ana tektonik unsurları gösterilmekle birlikte şekil 2.9'da; Edremit, Bakırçay, Kütahya, Simav, Gediz, Küçük Menderes, Büyük Menderes ve Gökova Grabenleri gibi D-B eğilimli grabenler gösterilmektedir. Bu grabenler ve bunların havzaya bağlı etkin normal fayları Batı Türkiye'nin en önemli yeni tektonik oluşumlarıdır. Diğer yandan Batı Türkiye'nin nispeten önemli yapıları K-KB eğilimli havzalar ve Gördes, Demirci, Selendi ve Uşak-Güre Havzalarının arasındaki horstlardır (Bozkurt, 2001). Menderes Masifi, tektonik şekil değiştirmeler sırasında katı cisim gibi davranan büyük, yapışkan bloklardan oluşmuştur. Böylece Ege Bölgesi çevresinin bölgesel tektonik etkinliğinde önemli bir rol oynar. Masif İzmir'in kuzeydoğusunda Büyük Menderes, Küçük Menderes ile Gediz ve Simav Grabenleri olarak dört alt gruba ayrılır.

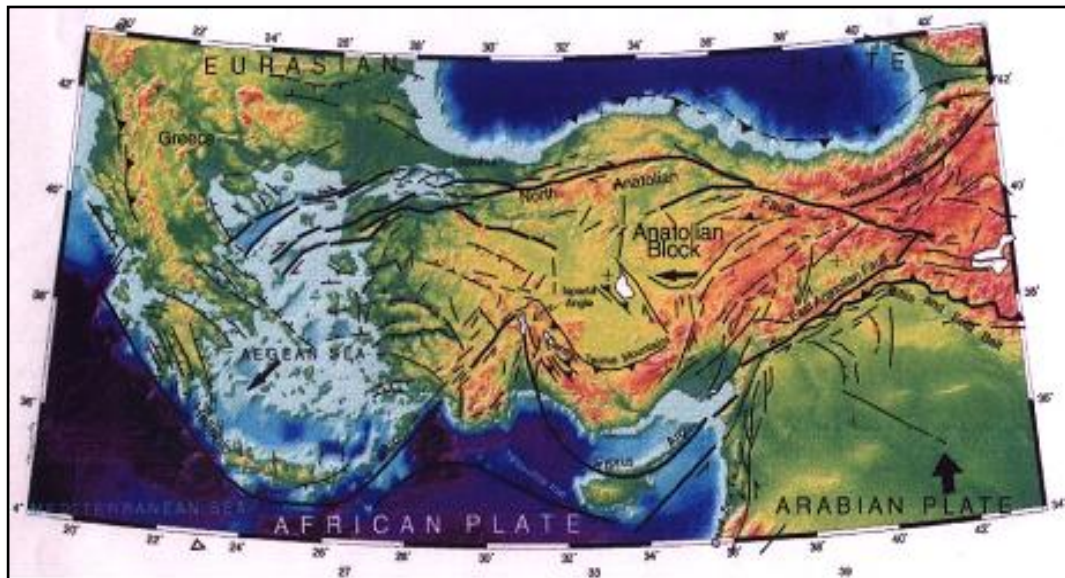
İzmir ve yakın çevresi Batı Anadolu açılmalı tektonik rejimi içerisinde gelişmiş en büyük yapılardan biri olan Gediz Graben Sistemi'nin batı ucunda yer alır. Araştırmalar, Batı Anadolu'daki grabenlerin Menderes Masifi çekirdeğinin yükselmesi süreciyle birlikte gelişmeye başladığı konusunda hemfikir olmakla beraber gerek açılmanın nedenleri gerekse grabenlerin oluşum yaşı konusunda henüz bir fikir birliği yoktur (Seyitoğlu ve Scott; 1991; 1996; Koçyiğit ve diğerleri, 1999; Yılmaz ve diğerleri, 2000).



Şekil 2.9 Ege Bölgesi'nin tektonik yapıları

#### 2.2.4. Etkin Faylar

Dünya üzerindeki jeolojik konumu nedeniyle ülkemizde çok sayıda diri fay bulunur ve bu nedenle Türkiye depremlerin yoğun olduğu ülkelerdendir. Buna bağlı olarak Batı Anadolu Türkiye'nin depremsel etkinliğine hatırı sayılır bir katkıda bulunmaktadır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Doğu Akdeniz bölgesinin etkin tektonik haritası (Barka, 1992, Barka ve Reilinger, 1997, Şengör ve diğ., 1985, Armijo ve diğ., 1991, 1992, 1996)



sahne olmuştur. Buna karşın Gediz Grabeni dışında bölgede yoğun deprem etkinliğine kaynak oluşturabilecek etkin fayların varlığı ve niteliği konusunda yeterince ayrıntılı bulgular yoktur.

İzmir İli merkez olmak üzere ve çevresinde haritalanmış ve on üç adet diri fay tanımlanmıştır. Bunlar;

Güzelhisar Fayı

Menemen Fay Bölgesi

Yenifoça Fayı

İzmir Fayı

Bornova Fayı

Tuzla Fayı

Seferihisar Fayı

Gülbahçe Fayı

Gümüldür Fayı

Gediz Graben Sistemi Fayları

Gediz Grabeni Ana Sıyrılma Fayı

Dağkızılca Fayı

Kemalpaşa Fayı

Manisa Fayı'dır.

**Güzelhisar Fayı:** İzmir'in kuzeyinde yaklaşık 25 km uzunluğunda olan Güzelhisar Fayı K70B doğrultuludur. Doğrultu atımlı özelliğinde olan fay esas olarak ana gövde ve her iki ucunda yer alan kuyruk bölümlerinden oluşur. 20 km uzunluğundaki doğu bölümü fayın ana gövdesini oluşturur ve sağ yönlü doğrultu atımlı bir yapı sunar.

**Menemen Fay Bölgesi:** Menemen'in kuzeyinde KB-GD doğrultusunda uzanan faylar Menemen Fay Bölgesi olarak adlandırılmıştır. Menemen Fay Bölgesi birbirine koşut uzanan K60B genel doğrultulu dört fay parçasından oluşur ve 15 kilometredir. Fay bölgesinin kuzeybatı bölümünü oluşturan 8 kilometre uzunluğundaki bölümü genel doğrultusundan farklı olarak K50B uzanımlıdır. Bölgenin ortasında yer alan en uzun fay ise 12 kilometre uzunluğundadır. Fay bölgesini meydana getiren faylardan en güneydeki 8 kilometre uzunluğunda ve K55B doğrultulu bir çizgiseliktir.

**Yenifoça Fayı:** K-G genel doğrultusunda uzanan ve KB-GD uzanımlı kuzey yönlü kıyı devamlılığıyla beraber toplam 20 kilometre uzunluğundaki Yenifoça Fayı sol yönlü doğrultu atımlıdır. Fayın karada kalan kesimleri çizgisellik özelliği içerir.

**İzmir Fayı:** İzmir Körfezi'nin doğusunda D-B uzanımlı fay İzmir Fayı olarak adlandırılmıştır (Emre ve Barka, 2000). İzmir Fayı, Güzelbahçe ile Pınarbaşı arasında toplam 35 kilometre uzunluğunda eğim atımlı normal bir faydır. Tarihsel ve aletsel dönem deprem kayıtları İzmir kenti yakın çevresinde yoğun deprem etkinliği olduğunu göstermektedir.

**Bornova Fayı:** İzmir'in kuzeydoğusunda KB-GD genel doğrultusunda birbirine koşut uzanan faylardan oluşan çizgisellik Bornova Fayı olarak adlandırılmıştır. Bornova Fayı'nı oluşturan kuzeydeki çizgisellik, kuzey bloğu aşağıda olan normal fay özelliği, güneydeki ise sağ yönlü doğrultu atımlı olası diri fay olarak değerlendirilmiştir.

**Tuzla Fayı:** İzmir'in güneybatısında KD-GB genel uzanımlı yapısal hat Tuzla Fayı olarak tanımlanmıştır (Emre ve Barka, 2000). Fayın karadaki uzunluğu 42 kilometredir ve yapılan depremsellik çalışmaları Tuzla Fayı'nın GB'da Ege Denizi tabanında devam ettiğini göstermiştir. Denizaltı devamıyla birlikte değerlendirildiğinde uzunluğu 50 kilometreyi aşar. Tuzla Fayı kuzeyden güneye farklı doğrultularda uzanan Çatalca, Orhanlı ve Cumalı olarak adlandırılan üç alt bölümden oluşur. Çatalca bölümü 15 kilometre uzunluğunda ve K35D doğrultuludur. Sağ yönlü doğrultu atımlıdır. Orhanlı bölümü 16 kilometre uzunluğunda ve K50D genel doğrultuludur. Cumalı bölümü Ege Denizi'nde 10 kilometre taban devamlılığı ile karada 15 kilometre uzunluğunda KKD-GGB uzanımlı birbirine koşut faylardan oluşan bölgesel bir yapıdadır.

**Seferihisar Fayı:** İzmir'in güneybatısında, K20D genel doğrultulu olan fay karada 23 kilometre olup sualtı bölümüyle birlikte toplam uzunluğu 30 kilometredir. Fay düzlemlerinde, sağ yönlü doğrultu atımı belirleyen gözlemler yapılmıştır.

**Gülbahçe Fayı:** İzmir Körfezi ile Karaburun Yarımadası'nı yapısal olarak ayıran önemli bir hattır. Gülbahçe Fayı karada 15 kilometre uzunluğundadır ve K-G doğrultulu olan fayın her iki ucu da su altındadır. Sualtı bölümüyle birlikte değerlendirildiğinde fayın toplam uzunluğu 70 kilometreyi bulmaktadır (Ocakoğlu ve diğerleri 2004, 2005).

**Gümüldür Fayı:** İzmir'in güneybatısında, K55B genel doğrultusunda ve 15 kilometre uzunluğundadır. Taban bloğu batıda yer alan normal bir fay olan Gümüldür Fayı olası diri fay olarak değerlendirilmiştir.

**Gediz Graben Sistemi Fayları:** Gediz Grabeni, D-B genel uzanımında yaklaşık 150 kilometre uzunluğundaki normal fay sistemine bağlı olarak şekillenmiştir. Dört ana bölümden oluşur.

**Gediz Grabeni Ana Sıyrılma Fayı:** Sarıgöl D-B genel uzanımlı güneye bakan geniş kavis oluşturur. Gediz Grabeni Sıyrılma Fayı düşük açılı bir normal fay olup kuzey eğimlidir.

**Dağkızılca Fayı:** Gediz Graben Sistemi'ne bağlı sağ yönlü doğrultu atımlı bir transfer faydır. K70D genel doğrultulu ve toplam 27 kilometre uzunluğundadır.

**Kemalpaşa Fayı:** Gediz Grabeni'nin batısında uzanan bölüm Kemalpaşa Fayı olarak adlandırılmış ve diri fay olarak tanımlanmıştır (Emre ve Barka, 2000). Toplam 24 kilometre uzunluğunda olup uçlarında kuzeye içbükey olan fayın genel doğrultusu K75D'dur. Kemalpaşa Fayı, doğu ucunda Gediz Grabeni Sıyrılma Fayı'ndan ayrılan bir normal fay şeklinde başlar.

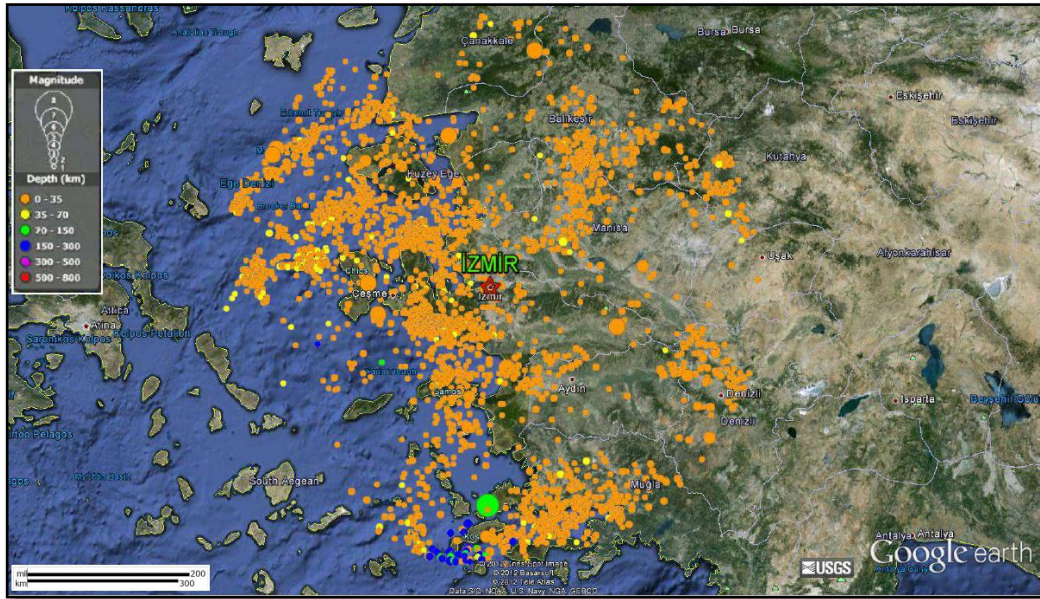
**Manisa Fayı:** Gediz Grabeni'nin kuzeybatı kolunda yer alan normal bir faydır. Yaklaşık 40 kilometre uzunluğundadır. K65B genel gidişli olup geniş bükümlerden oluşan kavisli bir uzanım sunar.

### 2.3. Bölgenin Depremselliği

Gerek tarihsel dönem gerekse aletsel dönem depremselliği açısından İzmir İli ve çevresinin kayda değer bir etkinliği söz konusudur. Deprem oluşumları ile ilgili bilgiler (depremin oluş tarihi ve zamanı, merkez ve merkez üssü konumu ve kaynak değişkenleri) bir bölgenin deprem tehlikesinin belirlenmesindeki en önemli iki unsurdan birisini teşkil eder. Diğer önemli unsur daha önce bahsedilen bölgenin jeolojik ve tektonik yapısıdır.

Batı Anadolu ve özel olarak İzmir İli ve çevresi yoğun depremselliğin gözlemlendiği bir bölgeyi oluşturmaktadır. Bu etkinlik, yüksek açılı normal faylarla sınırlanan DB doğrultulu graben sistemleri ile ilişkilidir. Bursa-Gönen, Gemlik-İznik-Edremit, Bakırçay, Bergama, Simav, Gediz, Büyük Menderes, Küçük Menderes ve Alaşehir Grabenleri, bu sistemin en önemli tektonik yapılarını oluşturur. Batı Anadolu'nun depremselliği genelde, çok sayıda orta büyüklükteki depremi ve deprem fırtınaları ile yansıtılır. Ege Denizi'ndeki depremsellik ise daha yayılmış bir şekilde gözlenir (Şekil 2.12).

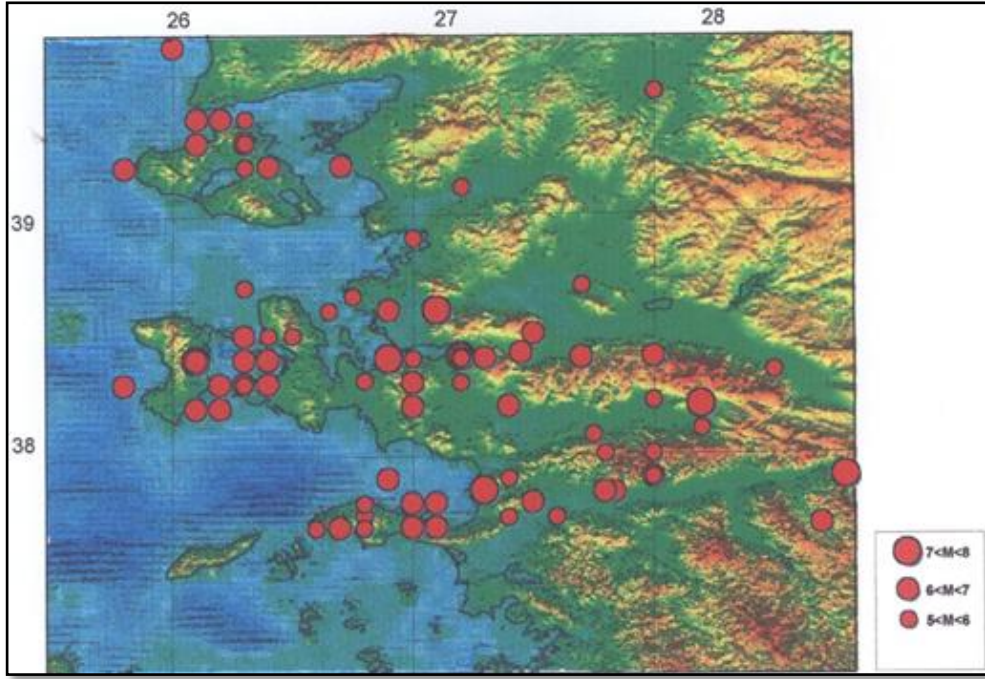
İzmir İli ve çevresindeki tarihsel ve aletsel deprem etkinliğini saptamak için, hem bölgenin tarihi ile ilgili kaynaklardan hem de ulusal ve uluslararası deprem kataloglarından faydalanılmıştır. Bu çalışmada bu kaynaklardan edinilen bilgiler ışığında İzmir İli ve çevresinde meydana gelmiş aletsel dönem (1900-2012) depremleri kullanılmıştır. Tarihsel dönem depremlerinin kullanılmamasının nedeni; bu depremlerin değişkenlerinin daha çok şiddet cinsinden bulunabilmesi ve bu bilgilerin kullanılmasının da çalışmanın az da olsa nesnellüğünden sapmasına neden olacağıdır.



Şekil 2.12 Batı Anadolu'nun depremselliği (1900-2012) (USGS)

### 2.3.1. Bölgenin Tarihsel Dönem Depremselliği

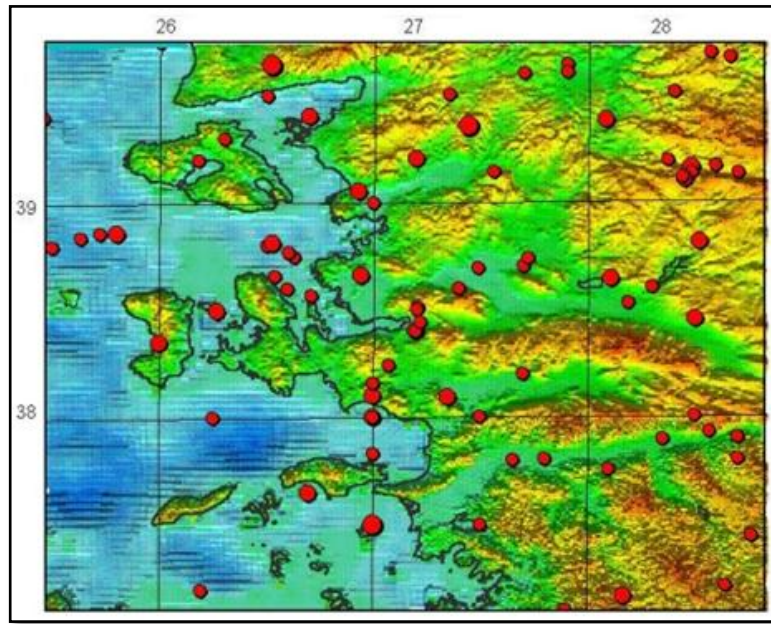
İzmir İli ve çevresinde tarihsel dönemde meydana gelmiş MSK VIII ve daha fazla şiddette hasar yaratmış depremler aşağıda verilmiştir. Bunların merkez üssü dağılımları Şekil 2.13'te sunulmuştur. Tarihsel dönemde İzmir İli ve çevresinde hasar yaratmış depremler EK I'de verilmiştir.



Şekil 2.13 Tarihsel dönem depremlerinin merkez üssü dağılımları

### 2.3.2. Bölgenin Aletsel Dönem Depremselliği

20. yüzyılda İzmir İli ve çevresinde çok sayıda hasar yaratıcı deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerin merkez üssü dağılım haritası Şekil 2.14'te sunulmuştur. Yapılan çalışmalarda İzmir İli ve çevresinin depremselliği 16 ila 20. yüzyıllar arasındaki depremler belirlemektedir. Aletsel dönemde İzmir İli ve çevresinde hasar yaratmış depremler EK II'de verilmiştir.



Şekil 2.14 Aletsel dönem depremlerinin merkez üssü dağılımları

### **3. OLASILIKSAL DEPREM TEHLİKESİ ÇÖZÜMLEMESİ**

Geçmişten günümüze kadar şiddetli birçok depreme maruz kalmış İzmir İli ve çevresinde bu depremlerin etkilerinden zararsız veya az zararlı kurtulma çalışmaları yapılmaya başlanmıştır. Öncelikli olarak çalışılan bölgenin deprem tehlikesi bakımından değerlendirilmesi gerekmektedir.

Depremsellik bakımından etkinliği yüksek bir bölgede gelecekte olabilecek depremlerin zamanı, yeri, büyüklüğü ve diğer özellikleri önceden kestirilemez. Deprem mühendisliğinde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi, belirli bir zaman aralığında olabilecek depremlerin çalışılan bölgede yaratacağı etkilerin (özellikle ivme, hız, yer değiştirme ve spektral ivme gibi zemin hareketi ile ilgili değişkenler için) beklenebilecek en büyük değerlerinin saptanmasıdır (Yücemen). Depremlerin zaman, yer ve şiddet bakımından gösterdikleri rassallık ve çeşitli belirsizlikler nedeni ile depreme dayanıklı yapıların projelendirilmesinde kullanılacak değişkenlerin saptanmasında olasılık ve istatistik yöntemlerine dayanan bir yaklaşım gereklidir.

Deprem tehlikesi, çalışılan bölgedeki zemin hareketi veya deprem büyüklüğüne ilişkin bir değişken değerinin, öngörülen süre içinde belirli bir düzeyi aşma olasılığı olarak tanımlanmaktadır. Deprem tehlikesi çözümlemesinde amaç, eskiden olmuş deprem olaylarına ait elde edilen verileri, jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirerek çalışılan bölgede gelecekte beklenebilecek deprem etkinliği için belirli olasılık değerlerini saptayabilmektir.

İzmir İli ve çevresi için yapılan olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemelerinde depremsel etkilenme alanları değişimleri göz önüne alınmıştır. İzmir Valiliği merkez alınarak 50, 100, 150 ve 200 kilometre yarıçapları için ayrı ayrı çözümlemeler yapılmış ve bu çözümlemelerin sonuçları karşılaştırılmıştır.

#### **3.1. Olasılıksal Deprem Tehlikesi Çözümlemesi Adımları**

Olasılıksal yaklaşım, tehlikenin belirlenmesinde ortaya çıkan belirsizlikleri göz ardı etmekten çok bu belirsizlikleri, olası yer hareketi büyüklüğünün belirlenmesi işleminde hesaba katar. Belirsizliklerin göz önüne alınması bu sürecin biraz karmaşıklaşmasına neden olsa da sonuçlar daha güvenilir hale gelir. Bundan dolayı artık

olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemesi ile en kötü durum (deprem senaryosu) araştırılmamakta aksine aşılması oldukça düşük orandaki bazı yer hareketi şiddeti düzeylerini bulmak amacıyla olası tüm depremler ve yer hareketleri ile bunlarla ilişkili oluşma olasılıkları göz önüne alınmaktadır. Olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemesi altı adımdan oluşmaktadır. Bu adımlar;

Deprem kataloglarından depremselliğin elde edilmesi

Deprem kaynaklarının belirlenmesi

Deprem kaynaklarının yinelenme ilişkilerinin (Gutenberg-Richter) elde edilmesi

Yer hareketi tahmin modellerinin belirlenmesi

Deprem tehlikesinin belirlenmesidir.

### **3.1.1. Deprem Kataloglarından Depremselliğin Elde Edilmesi**

Deprem katalogları, yerel bir alan veya dünya geneli için geçmişte oluşmuş depremleri tarih sırasına göre barındıran ve her bir depremin yeri, büyüklüğü, derinliği gibi değişkenlerini içeren veritabanlarıdır.

Ulusal ve uluslar arası deprem katalogları kullanılarak çalışılan bölgenin göz önüne alınan etkilene alanındaki depremselliğinin elde edilmesi amaçlanmaktadır (Şekil 3.1). Bunun için aşağıda verilen çeşitli kataloglardan yararlanılabilmektedir.

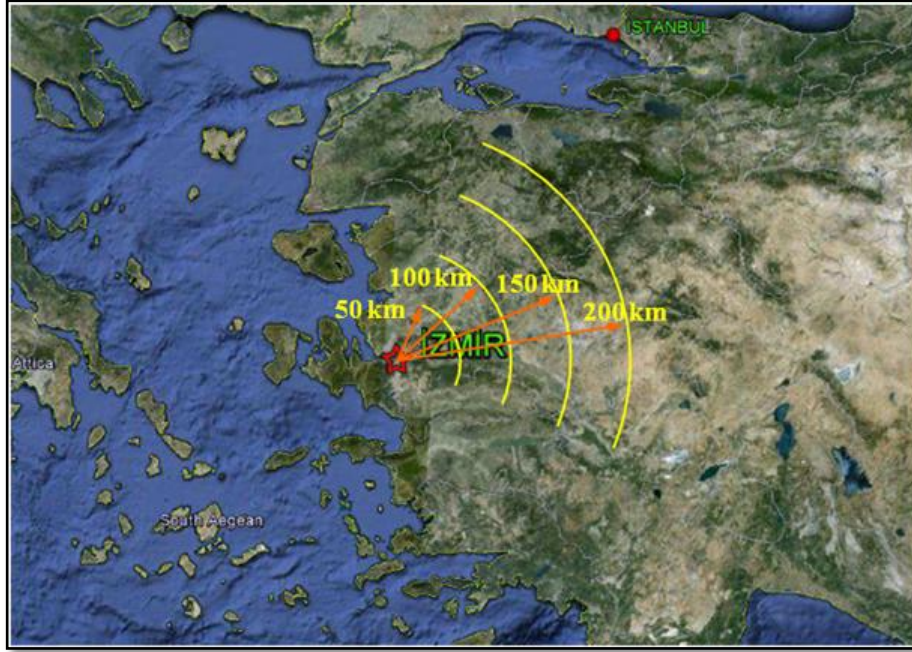
UDİM, Ulusal Deprem İzleme Merkezi, Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü.

AFAD, TC Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı.

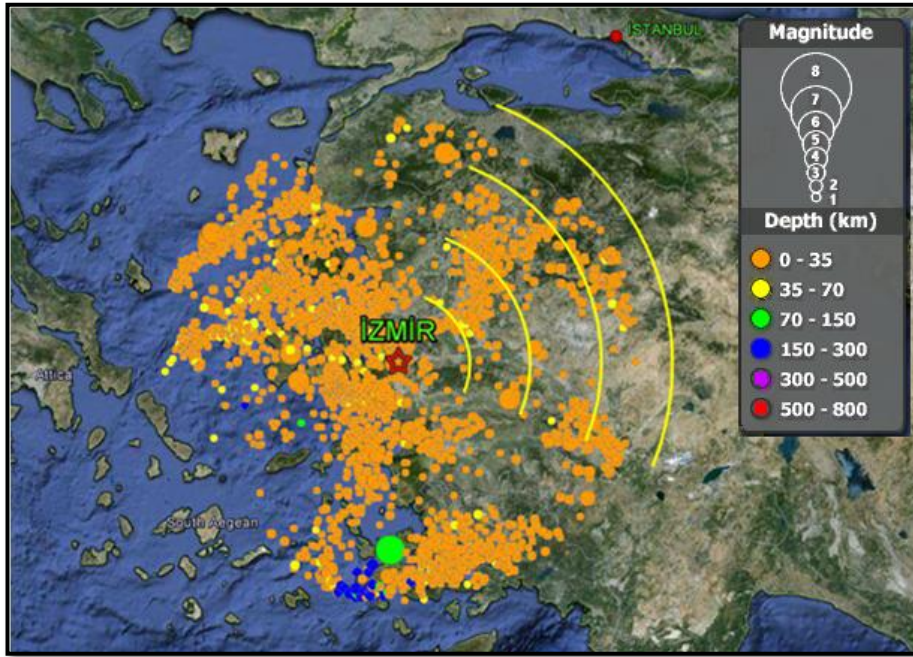
USGS, Birleşik Devletler Jeolojik Araştırma Merkezi, Deprem Tehlike Programı.

CSEM - EMSC, Avrupa-Akdeniz Sismoloji Merkezi.

Çalışmada İzmir Valiliği merkez alınarak 50, 100, 150 ve 200 kilometrelik yarıçaplardaki etkilene alanlarında 1900-2012 yılları arasında Richter büyüklüğü 3.5 ve daha büyük olan depremler USGS deprem veritabanından elde edilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1 Çalışmada kullanılan etkilenme alanları (50, 100,150 ve 200 km)



Şekil 3.2 İzmir İli ve çevresinin depremselliği (1900-2012)

### 3.1.2. Deprem Kaynaklarının Belirlenmesi

Olasılıksal deprem tehlikesi hesaplamalarının en önemli adımlarından biri olan deprem kaynaklarının belirlenmesi çalışmaları bu adımı oluşturmaktadır. Hasar verici yer hareketi üretme gücü olan deprem kaynakları bölgenin jeolojik, sismotektonik ve geoteknik özellikleri ile makro-sismik verilerle fay hatları-depremler arasındaki ilişki belirlenmektedir. Deprem kaynakları tektonik elemanların özellikleri ile deprem

oluşumlarının ve kaynak mekanizmalarının homojenliklerine göre ayrılmaktadır. Ayrıca genel kabuk yapısı, genel tektonik yapı, bölgesel şekil ve yer değiştirme hızları, GPS ve diğer jeodezik veriler, bölgesel değişimlerde baskın olan ana fayların özellikleri, bu faylardaki büyük depremlerle ilgili paleo- sismik veriler ve yinelenme periyotları ve neotektonik elemanların etkinlik ve yetkinliklerine ilişkin bilgiler kullanılmaktadır. Herhangi bir bilinen tektonik yapı ile ilişkilendirilemeyen depremler için arka-plan deprenselliğini yansıtacak şekilde küresel kaynak bölgesi oluşturulmaktadır.

Deprem kaynak bölgeleri belirlenirken aşağıdaki ilkeler göz önüne alınmaktadır.

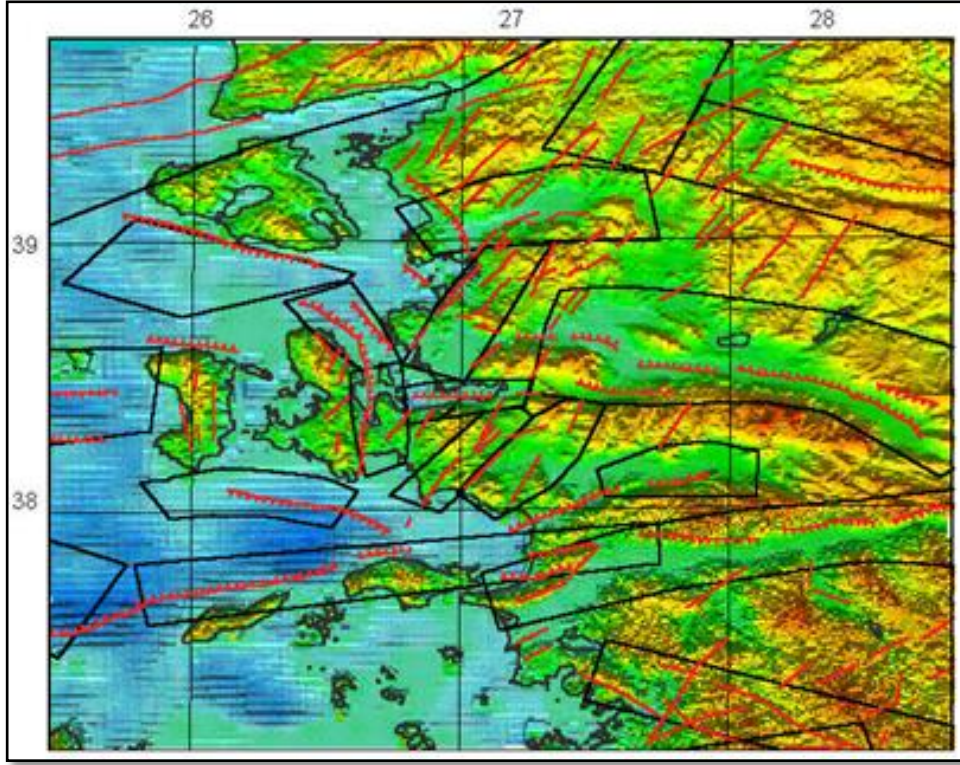
Kaynak bölgeleri depresel özellikleri bakımından homojen alanlar olarak tanımlanmaktadır.

Farklı deprem üretme potansiyeline sahip kaynak bölgeleri arasındaki sınır daha etkin olanına yakın bir şekilde belirlenmektedir.

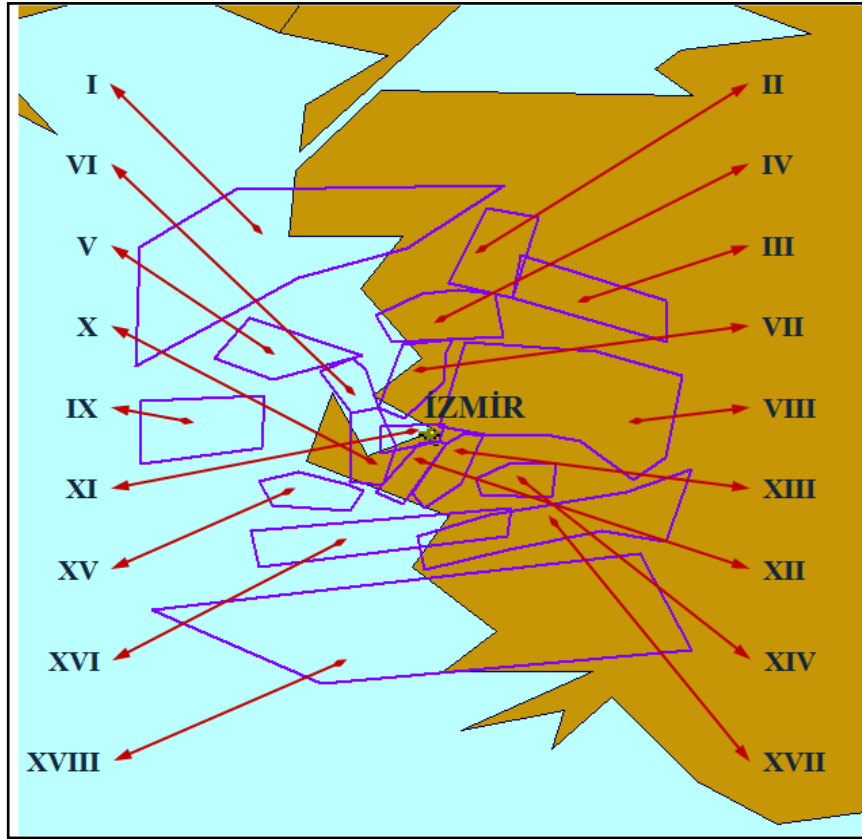
İstatistiksel olarak yeterli sayıda güvenilir depremlerin bulunduğu bölgelerde sınırlar, tektonik verilerle desteklenerek depresel verilere göre belirlenmektedir.

Yeterli deprem kaydının olmadığı veya bu kayıtların güvenilirliği konusunda kuşku bulduğu durumlarda sınırların belirlenmesinde en belirgin tektonik verilere başvurulmaktadır.

Çalışmada, yukarıda belirtilen ilkeler çerçevesinde İzmir İli ve çevresi için daha önceden yapılmış deprem kaynak bölgelendirmesi (Şekil 3.3) tekrar gözden geçirilmiş ve kullanılmıştır (Şekil 3.4). Arka plan deprenselliği tehlike hesabında göz önüne alınmamıştır.



Şekil 3.3 İzmir İli ve çevresi için deprem kaynak bölgelendirme ve tektonik yapılar



Şekil 3.4 İzmir İli ve çevresi için deprem kaynak bölgelendirme

Kaynaklar buldukları yer ve içerdikleri faylardan ötürü aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır.

Kaynak I-Kuzey Anadolu Fayı: Doğuda Karlıova'dan başlayıp batıda Yunanistan'a kadar uzanan yaklaşık 1500 kilometrelik Kuzey Anadolu Fayı'nın çalışma alanı içerisinde kalan kısmıdır. Yalnızca 20. Yüzyılda bölgedeki 7 önemli deprem bu fayda meydana gelmiştir.

Kaynak II-Savaştepe: Kuzey'de Balıkesir'den başlayıp doğuda Simav Grabeni ile sınırlanıp güneyde Soma'ya kadar uzanmaktadır. Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu fay sistemini içine almaktadır.

Kaynak III-Simav: Doğuda Simav'dan batıda Bigadiç'e kadar uzanmakta olup kuzeybatı doğrultulu Simav Grabeni'ni kapsamaktadır. 20. yüzyıl içinde hasar yapmış 3 depremin bu faydan kaynaklandığı bilinmektedir. Bunun yanı sıra son 30 yılda bu kaynaktan yüksek derecede deprem etkinliği olduğu gözlenmiştir.

Kaynak IV-Bakırçay: Çandarlı Körfezi'nin kuzey kısmından başlayıp doğuda Kırkağaç'a kadar uzanmakta ve buradaki fay sistemini kapsamaktadır.

Kaynak V-Midilli: Midilli Adası'nın güneyi boyunca uzanan Midilli Fayı'nı içine almaktadır.

Kaynak VI-Karaburun-Çandarlı: İzmir Körfezi'nin kuzeyini kapsamaktadır.

Kaynak VII-Bergama/Foça-Menemen: Güneyde Menemen'i ve İzmir Körfezi'nin kuzey bölgesini içine alıp kuzeyde Bergama'ya kadar uzanmakta ve kuzey-kuzeybatı doğrultulu fay sistemini içine almaktadır.

Kaynak VIII-Gediz-Manisa: Manisa'dan Pamukkale'ye kadar yaklaşık 200 kilometre kuzeybatı doğrultulu uzanmakta ve Gediz Grabeni'ni kapsamaktadır.

Kaynak IX-Sakız Adası: Sakız Adası'nın batısında yer alan doğu-batı doğrultulu iki sıra fayı içine almaktadır.

Kaynak X-Urla: İzmir Körfezi ile Karaburun Yarımadası arasında yer almakta olup güneyde Seferihisar Koyu, kuzeyde Mordoğan Boğazı ile sınırlıdır. Gülbahçe Fayı'nı içine almaktadır. Büyük çoğunluğu su altında olması nedeniyle Gülbahçe Fayı'nın bu bölümü hakkında ayrıntılı bilgi tanımlanamamaktadır. Ancak genel

doğrultusunda izlenen yön değiştirme ve geometrisine göre fay kuzey ve güney olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır (Emre ve diğ., 2005). Kuzey-güney doğrultulu güney bölüm Gülbahçe Körfezi ve Sığacık Körfezi arasında uzanır. Güney ucu Sığacık Körfezi suları altında olan bu bölümün uzunluğu 30 kilometreyi aşar. Kuzey bölümü ise Gülbahçe Körfezi ile Karaburun açıkları arasında KKB-GGD doğrultulu olup yaklaşık 40 kilometre uzunluğundadır.

Kaynak XI-İzmir: İzmir Körfezi'nin doğusunda, körfezi güneyden sınırlayan doğu-batı yönlü İzmir Fayı'nı içine almaktadır. 1688-1778 depremlerinin bu faydan kaynaklandığı bilinmektedir.

Kaynak XII-Tuzla: Kuzeydoğu-güneybatı doğrultulu Tuzla Fayı'nı içine alacak şekilde kuzeyde Gediz Grabeni ve güneyde Ege Denizi ile sınırlanır.

Kaynak XIII-Tepeköy-Torbalı: Kuzeydoğuda Gediz Grabeni batıda ise Tuza kaynağıyla sınırlandırılmıştır. Kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı fay sistemini içine alır.

Kaynak XIV-Küçük Menderes: Bu kaynak Küçük Menderes Fayı'nı içine alarak doğuda demiş/Tire civarından başlayıp batıda Efes antik şehri güneydoğusundan geçerek Ege Denizi'ne kadar uzanmaktadır.

Kaynak XV-Güney Sakız: Sakız Adası'nın güneyindeki fay sistemini kapsamaktadır.

Kaynak XVI-Büyük Menderes: Doğuda Denizli'den başlayıp batıda Sisam Adası'nın güneyine kadar uzanmaktadır. Yaklaşık 200 kilometre uzunluğundadır. Büyük Menderes Grabeni, Pamukkale civarında Gediz Grabeni ile birleşmektedir. Batı ucu ise Germencik'te iki kola ayrılmıştır. Kuzey kolu Kuşadası'na güney kolu Ege Denizi'ne devam etmektedir. Bu iki kol hem Büyük Menderes hem de Kuşadası-Sisam kaynaklarının deprem etkinliğinde etkili olduğundan her ikisi içinde de yer almıştır.

Kaynak XVII-Muğla-Milas: Güneydoğu- kuzeybatı doğrultulu olup kuzeyde Güllük Körfezi'ni içine alıp güneyde Muğla'ya kadar devam etmektedir.

Kaynak XVIII-Gökova: Gökova Körfezi kuzeyi kenarı boyunca uzanmakta olan Gökova Grabeni, birbirine koşut birkaç sıra fayı içine almaktadır.

### 3.1.3. Deprem Kaynaklarının Yinelenme İlişkilerinin (Gutenberg-Richter) Elde Edilmesi

Tektonik faylar farklı büyüklüklerde deprem üretebilme yeteneğine sahiptir. Buradan yola çıkarak Gutenberg ve Richter (1944) bir kaynak bölgesi içinde oluşmuş farklı büyüklüklerdeki depremlerin dağılımını gösteren bir yinelenme ilişkisi tanımlamışlardır (Bağıntı 3.1). Bu bağıntı, bir deprem kaynağı içinde oluşmuş depremlerin yığışlımlı sayısını büyüklüğe bağlı bir fonksiyon olarak vermektedir.

$$\log \lambda_m = a - bm \dots \dots \dots (3.1)$$

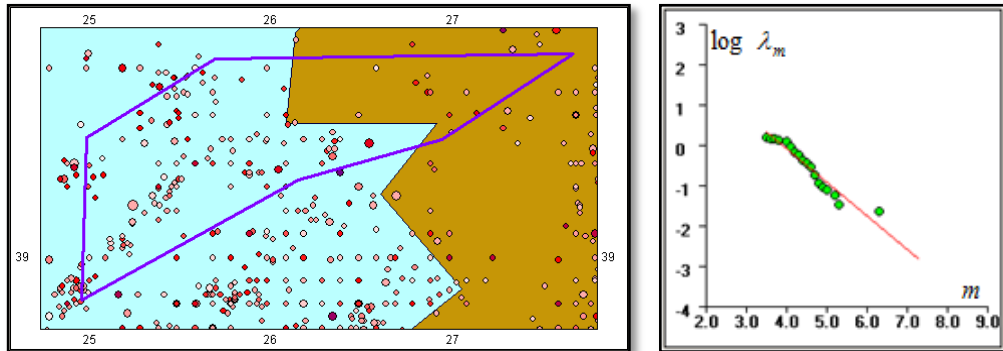
$\lambda_m$ : Büyüklüğü  $m$  ve daha büyük olan depremlerin yıllık oluşma sıklığı

$a$ : Yere ve zamana bağlı regresyon sabiti

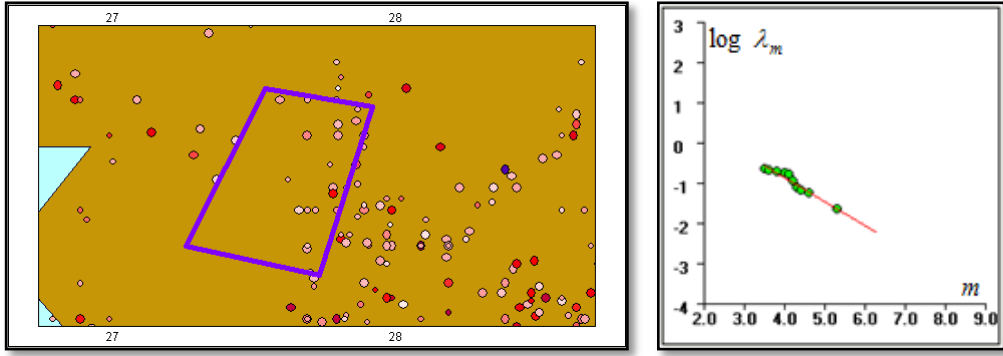
$b$ : Bölge özelliğine bağlı regresyon sabiti

$a$  ve  $b$  değerleri, geçmişteki gözlemlerin istatistiki çözümlerine ek olarak jeolojik olaylardan elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmaktadır. Bununla birlikte  $a$  sabiti bir bölgedeki depremlerin tüm oranının,  $b$  sabiti de küçük ve büyük depremlerin göreceli oranının bir göstergesidir.

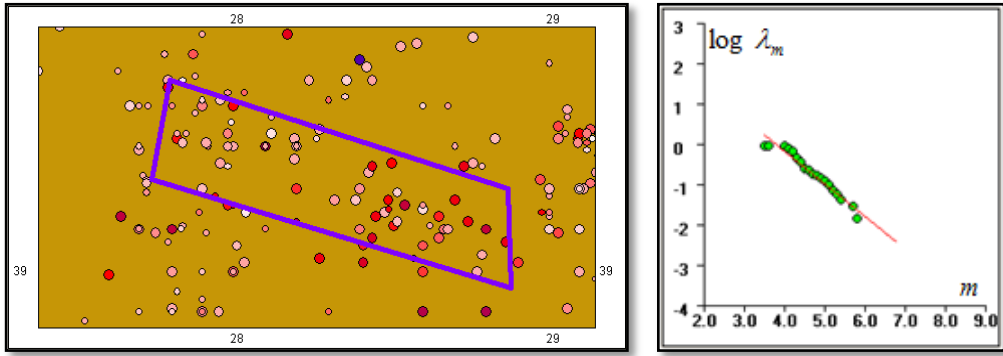
Kaynakların deprenselliği  $a$  ve  $b$  değerleriyle tanımlanabildiği gibi  $\lambda_m$  ve  $\beta$  değerleriyle de tanımlanabilmektedir. Çalışmada, deprem kaynaklarının yinelenme (Gutenberg-Richter) ilişkileri (Tablo 3.1) WizmapII yazılımı ile bulunmuş ve deprensellik özellikleri ( $\lambda_m$  ve  $\beta$ ) Tablo 3.2’de sunulmuştur. Ayrıca her bir deprem kaynağı ve o kaynağa ait yinelenme ilişkisi aşağıda sunulmuştur (Şekil 3.5-3.22).



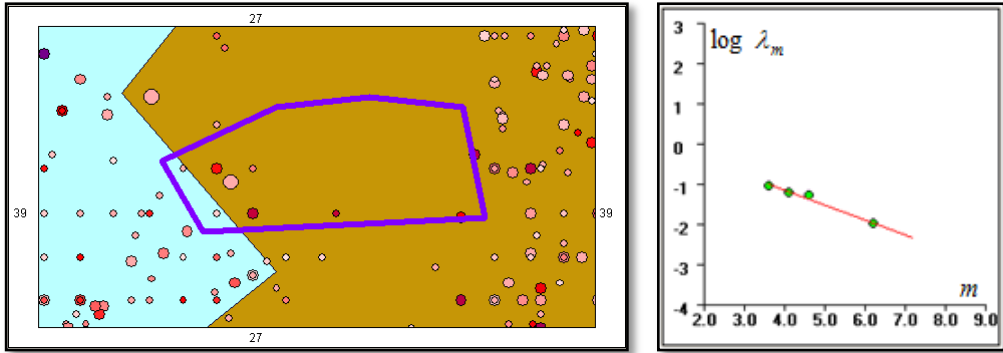
Şekil 3.5 Kaynak I’in konumu ve yinelenme ilişkisi



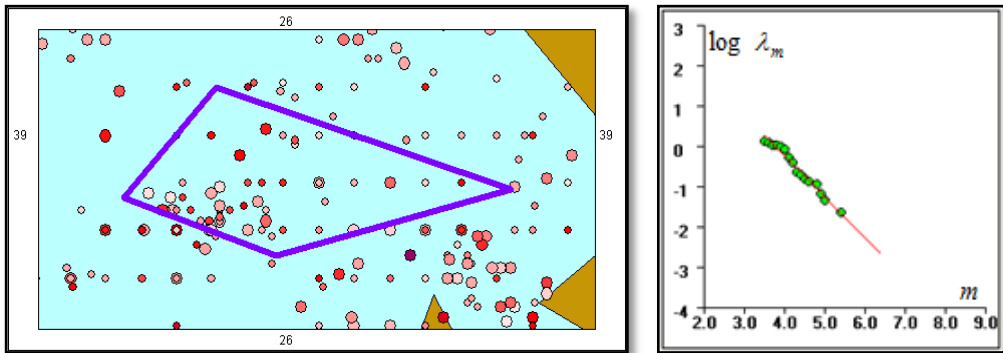
Şekil 3.6 Kaynak II'nin konumu ve yinelenme ilişkisi



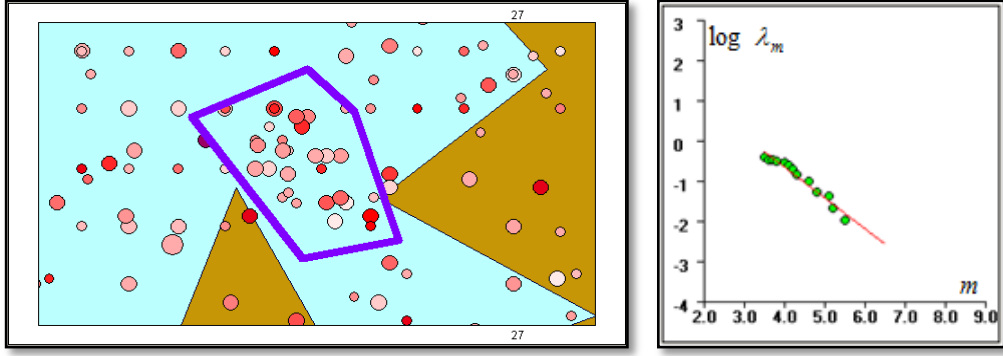
Şekil 3.7 Kaynak III'ün konumu ve yinelenme ilişkisi



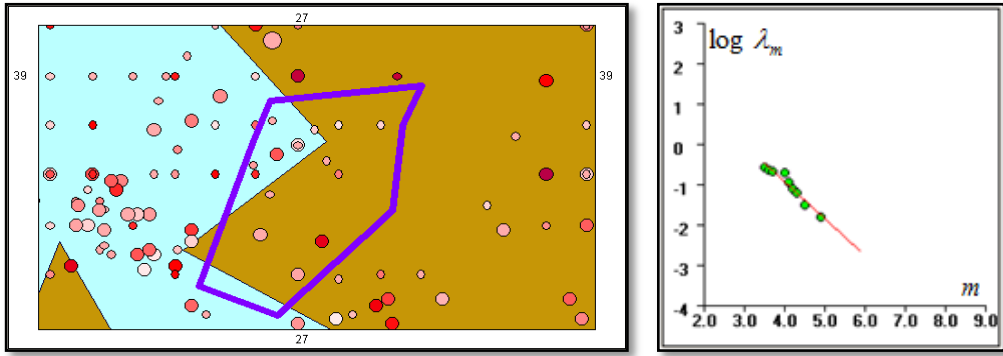
Şekil 3.8 Kaynak IV'ün konumu ve yinelenme ilişkisi



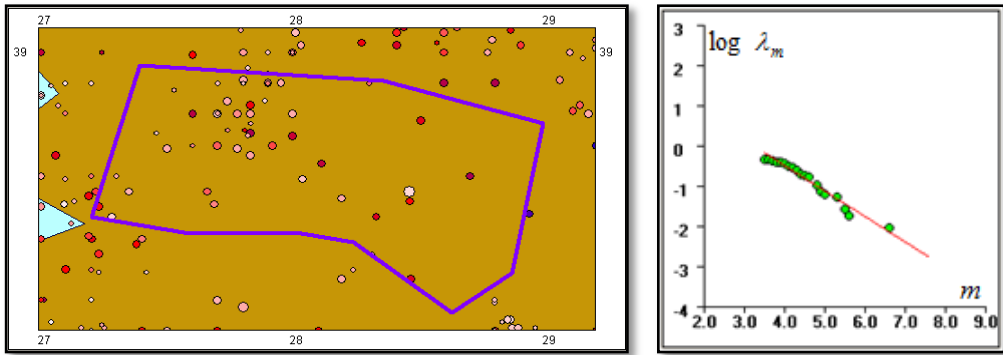
Şekil 3.9 Kaynak V'in konumu ve yinelenme ilişkisi



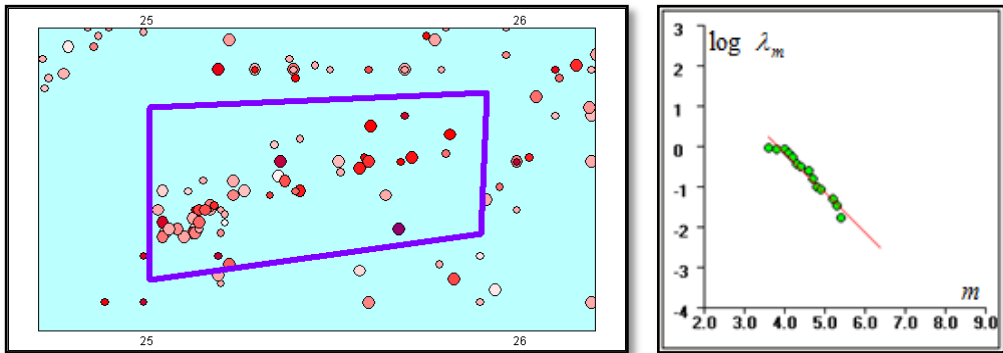
Şekil 3.10 Kaynak VI'nın konumu ve yinelenme ilişkisi



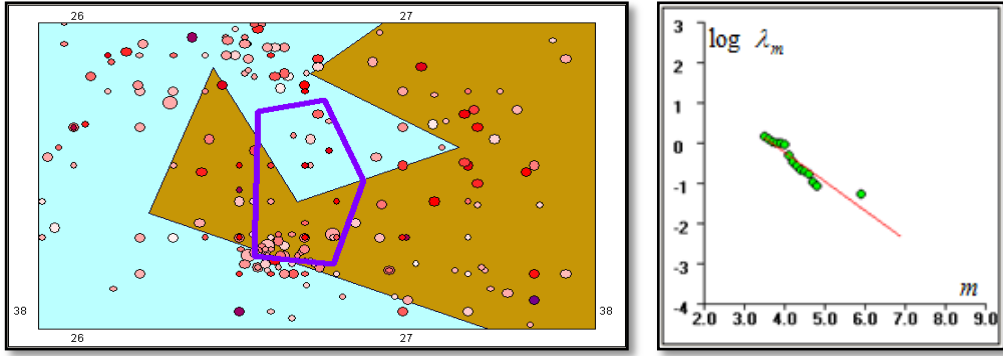
Şekil 3.11 Kaynak VII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi



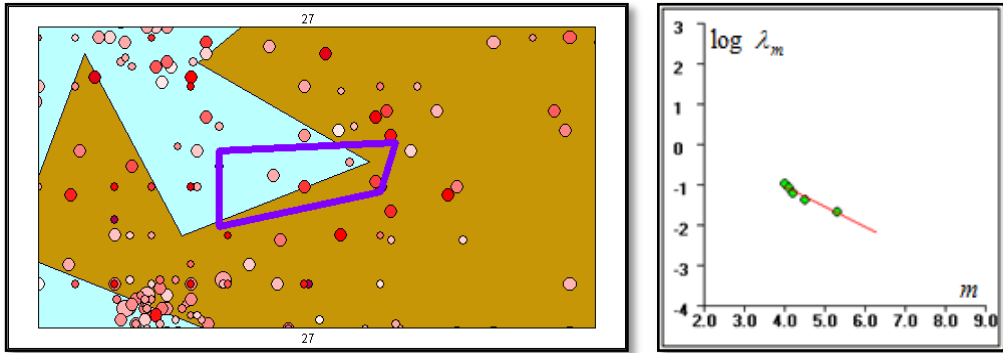
Şekil 3.12 Kaynak VIII'in konumu ve yinelenme ilişkisi



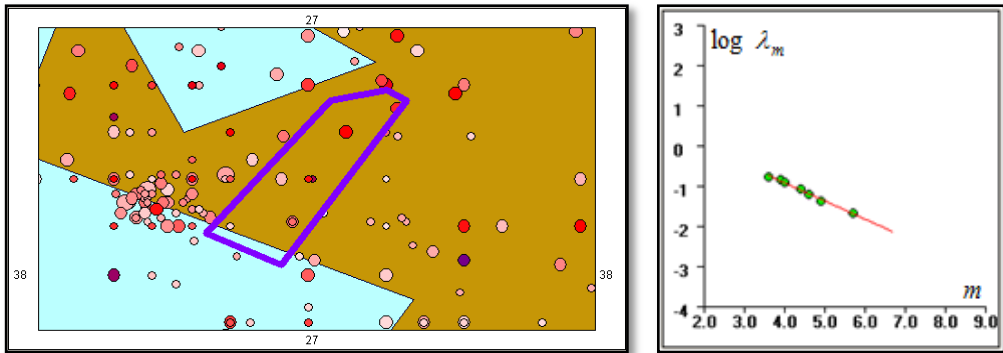
Şekil 3.13 Kaynak IX'un konumu ve yinelenme ilişkisi



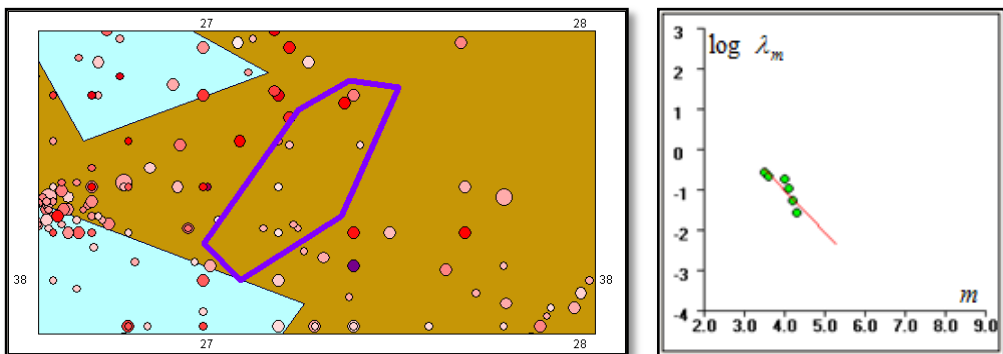
Şekil 3.14 Kaynak X'un konumu ve yinelenme ilişkisi



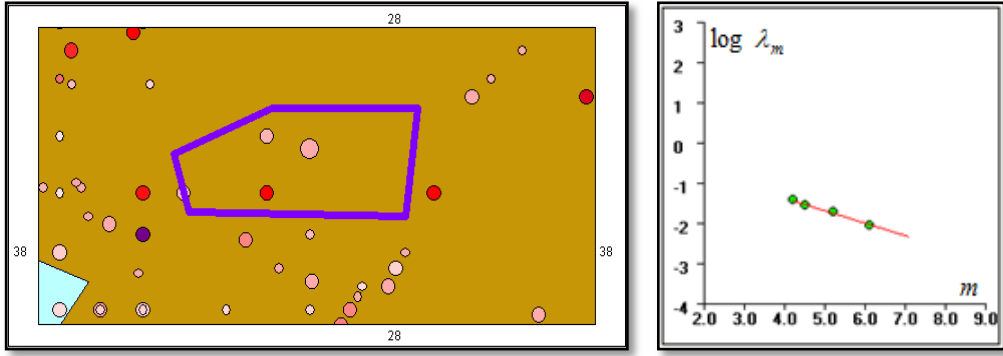
Şekil 3.15 Kaynak XI'in konumu ve yinelenme ilişkisi



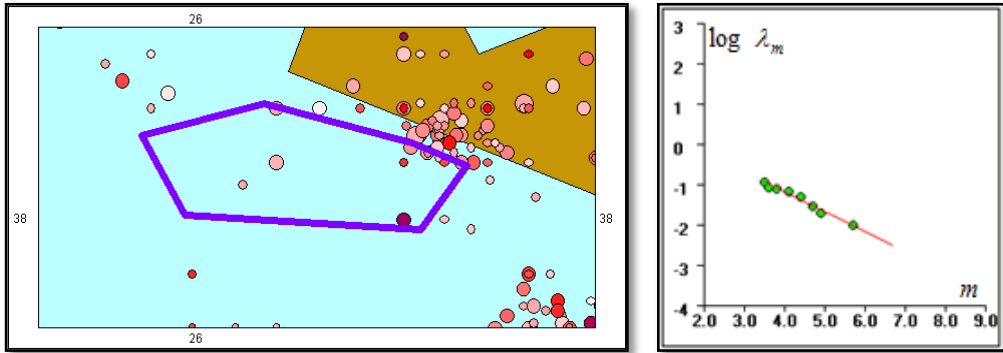
Şekil 3.16 Kaynak XII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi



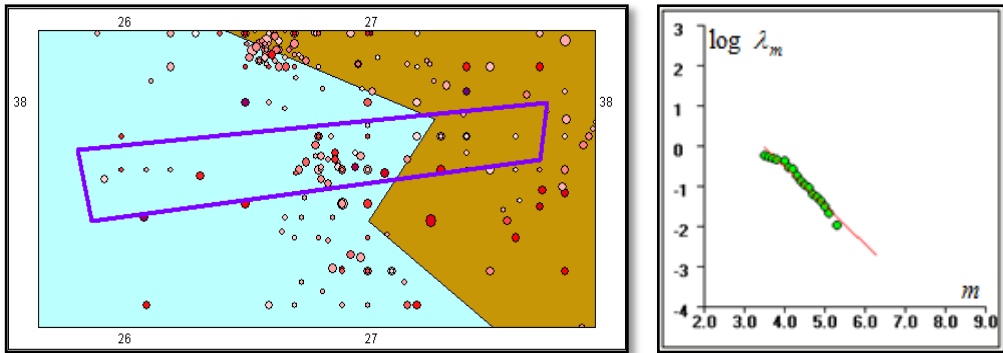
Şekil 3.17 Kaynak XIII'ün konumu ve yinelenme ilişkisi



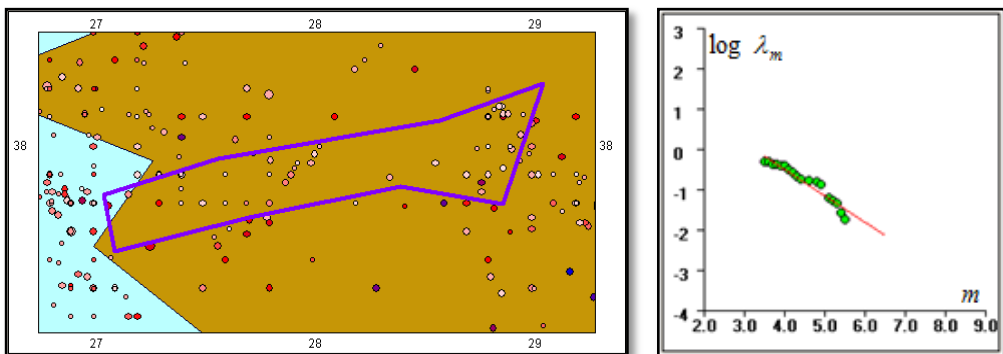
Şekil 3.18 Kaynak XIV'ün konumu ve yinelenme ilişkisi



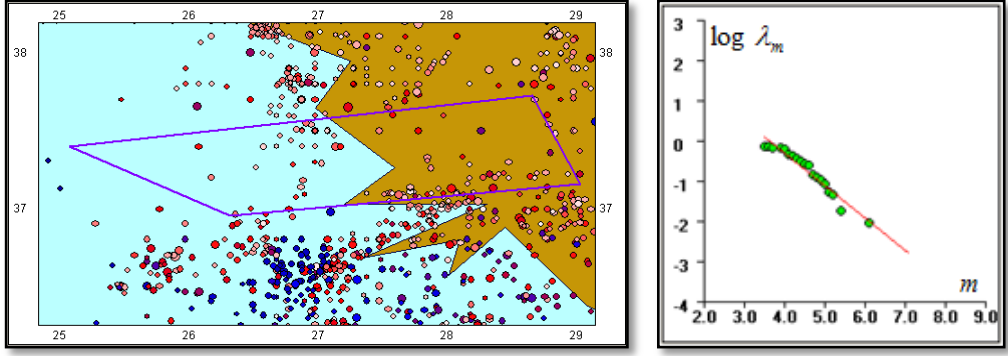
Şekil 3.19 Kaynak XV'in konumu ve yinelenme ilişkisi



Şekil 3.20 Kaynak XVI'nın konumu ve yinelenme ilişkisi



Şekil 3.21 Kaynak XVII'nin konumu ve yinelenme ilişkisi



Şekil 3.22 Kaynak XVIII'in konumu ve yinelenme ilişkisi

Çizelge 3.1 Deprem kaynaklarının yinelenme ilişkileri

Kaynak	Gutenberg-Richter İlişkisi
I	$\log \lambda_m = 3.23 - 0.83m$
II	$\log \lambda_m = 1.56 - 0.60m$
III	$\log \lambda_m = 3.09 - 0.81m$
IV	$\log \lambda_m = 0.34 - 0.37m$
V	$\log \lambda_m = 3.81 - 1.01m$
VI	$\log \lambda_m = 2.40 - 0.76m$
VII	$\log \lambda_m = 3.69 - 0.91m$
VIII	$\log \lambda_m = 2.02 - 0.63m$
IX	$\log \lambda_m = 3.76 - 0.98m$
X	$\log \lambda_m = 2.65 - 0.72m$
XI	$\log \lambda_m = 1.02 - 0.51m$
XII	$\log \lambda_m = 0.92 - 0.46m$
XIII	$\log \lambda_m = 3.16 - 1.04m$
XIV	$\log \lambda_m = 0.13 - 0.31m$
XV	$\log \lambda_m = 0.77 - 0.49m$
XVI	$\log \lambda_m = 3.31 - 0.96m$
XVII	$\log \lambda_m = 2.17 - 0.66m$
XVIII	$\log \lambda_m = 2.95 - 0.81m$

Çizelge 3.2 Deprem kaynaklarının depremsellik özellikleri

Kaynak	Deprem Sayısı	Başlangıç	Bitiş	$m_{enb}$	$m_{enk}$	$d_{enb}$ (km)	$d_{ort}$ (km)	a	$\sigma$	b	$\sigma$	Katalog Uzunluğu	A (km <sup>2</sup> )	$\lambda_m$	$\beta$
I	143	1924	2010	6.3	3.5	46	15	3.23	$\pm 0.265$	0.83	$\pm 0.058$	88	11941	0.024	1.911
II	20	1924	2010	5.3	3.5	33	12	1.56	$\pm 0.228$	0.60	$\pm 0.054$	88	1957	0.003	1.382
III	67	1942	2012	6.1	3.5	52	18	3.09	$\pm 0.203$	0.81	$\pm 0.043$	70	2602	0.026	1.865
IV	9	1917	2008	6.5	3.6	49	24	0.34	$\pm 0.162$	0.37	$\pm 0.034$	95	2080	0.001	0.852
V	59	1968	2011	5.4	3.5	33	15	3.81	$\pm 0.189$	1.01	$\pm 0.044$	44	1885	0.043	2.326
VI	35	1921	2008	5.6	3.5	34	15	2.40	$\pm 0.220$	0.76	$\pm 0.050$	91	747	0.006	1.750
VII	17	1950	2010	7.2	3.5	40	15	2.69	$\pm 0.346$	0.91	$\pm 0.084$	62	1410	0.005	2.095
VIII	52	1904	2008	6.6	3.5	56	18	2.02	$\pm 0.133$	0.63	$\pm 0.029$	108	8721	0.006	1.451
IX	53	1953	2010	5.4	3.6	62	20	3.76	$\pm 0.293$	0.98	$\pm 0.064$	59	2890	0.036	2.257
X	53	1976	2008	5.9	3.5	39	15	2.65	$\pm 0.328$	0.72	$\pm 0.076$	36	1168	0.037	1.658
XI	5	1966	1996	5.3	4.0	39	22	1.02	$\pm 0.293$	0.51	$\pm 0.066$	46	543	0.004	1.174
XII	8	1966	2008	5.7	3.6	56	24	0.92	$\pm 0.095$	0.46	$\pm 0.021$	46	728	0.004	1.059
XIII	10	1975	2007	6.5	3.5	33	12	3.16	$\pm 1.144$	1.04	$\pm 0.289$	37	980	0.009	2.395
XIV	4	1908	2012	6.1	4.2	33	15	0.13	$\pm 0.075$	0.31	$\pm 0.015$	104	915	0.001	0.714
XV	12	1909	2010	5.7	3.5	60	19	0.77	$\pm 0.133$	0.49	$\pm 0.030$	103	1145	0.001	1.128
XVI	55	1918	2011	5.3	3.5	54	14	3.31	$\pm 0.217$	0.96	$\pm 0.049$	94	3455	0.009	2.210
XVII	55	1901	2011	6.7	3.5	101	13	2.17	$\pm 0.203$	0.66	$\pm 0.045$	111	4479	0.007	1.520
XVIII	81	1904	2012	6.1	3.5	70	18	2.95	$\pm 0.215$	0.81	$\pm 0.047$	108	18121	0.012	1.865

### 3.1.4. Yer Hareketi Tahmin Modellerinin Belirlenmesi

Yer hareketi tahmin modelleri bu zamana kadar “azalım modelleri” veya “azalım ilişkileri” olarak adlandırılmaktaydı. Ancak bu adlandırma tahmin modellerinin sadece azalımını değil, birçok etkeni de göz önüne alması nedeniyle gözden düşmüştür. Deprem tehlikesinin belirlenmesi çalışmalarında, kaynağa (büyüklük, derinlik, faylanma türü vb.), yayılma hattına (uzaklık vb.), yakın saha koşullarına, yönlülük etkisinin olma potansiyeline ve bölge özelliklerine (zemin koşulları, havza özellikleri vb.) bağlı yer hareketi tahmininin bir ölçüsü olan yer hareketi tahmin modelleri kullanılmaktadır. Bu modeller, fiziksel tabanlı istatistik modeller kullanır ve tehlike hesaplamalarında en büyük belirsizliklere karşılık gelir. Bu yüzden bir bölgenin tehlike hesabında büyük etkisi vardır.

Yer hareketi tahmin modelleri, çoğunlukla, geçmişte gözlemlenmiş yer hareketlerinin büyüklüklerinin toplandığı veritabanlarında istatistiksel regresyon kullanılarak geliştirilmektedir.

Hem küresel hem de yerel birçok tahmin modelleri elde edilmiştir. Ülkemizde de kuvvetli yer hareketi kayıtları kullanılarak geliştirilmiş modeller mevcuttur (Özbey ve diğ., 2003, Kalkan ve Gülkan, 2004, Akkar ve Çağnan, 2010). Her ne kadar yerel verilere göre oluşturulmuş modeller bölgesel farklılıkları yansıtması bakımından küresel modellere göre daha iyi olsa da sınırlı veritabanına göre oluşturuldukları ve büyük belirsizlikler taşıdıkları için küresel modellere göre daha düşük deprem tehlikesi vermektedir. Bu çalışmada da küresel modeller kullanılmıştır.

Bilgisel belirsizliğin azaltılması için Boore-Atkinson (2008 NGA), Campbell-Bozorgnia (2008 NGA) ve Chiou-Youngs’ın (2008 NGA) oluşturdukları yer hareketi tahmin modelleri kullanılmış ve bunların ortalaması alınmıştır. California bölgesi için üretilmiş olan tahmin modelleri USGS tarafından yapılan çalışmalarda da kullanılmış ve bu modellerin Avrupa için kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Olasılık dağılımının açıklanması için yer hareketi tahmin modellerinin biçimi aşağıdaki gibidir.

$$\ln IM = \overline{\ln IM}(M, R, \theta) + \sigma(M, R, \theta). \varepsilon \dots\dots\dots (3.2)$$

$\ln IM$ ; Yer hareketinin herhangi bir büyüklüğünün (verilen bir periyottaki spektral ivme değeri vb.) doğal logaritmasıdır. Rastgele değişken olarak modellenmektedir ve

normal dağılımda iyi temsil edildiği görülmüştür.  $\overline{\ln IM}(M, R, \theta)$ ;  $\ln IM$ 'nin tahmin edilen ortalama değeri ve  $\sigma(M, R, \theta)$ ;  $\ln IM$ 'nin standart sapma değeridir. Bu terimler depremin büyüklüğü (M), uzaklığı (R) ve diğer değişkenlere ( $\theta$ ) bağlı fonksiyonlarıdır.  $\varepsilon$ ; Rastgele standart normal değişkeni temsil eder. Negatif  $\varepsilon$ , ortalamadan daha küçük  $\ln IM$  değerlerini verirken pozitif  $\varepsilon$ , ortalamadan daha büyük  $\ln IM$  değerlerini vermektedir.

### 3.1.5. Deprem Tehlikesinin Belirlenmesi

Deprem tehlikesi çözümlemesinde amaç, eskiden olmuş deprem olaylarına ait elde edilen verileri, jeolojik, sismolojik, istatistiksel ve diğer bilgilerle sistematik bir şekilde birleştirilerek, göz önünde tutulan inşaat sahasında ileride beklenebilecek depremsel etkinlik için belirli olasılık değerlerini saptayabilmektir (Yüçemen, 2008).

İlk kez Cornell (1968) tarafından ortaya atılan deprem tehlikesinin olasılıksal belirlenmesi yöntemi; depremsel tasarım yüklerini belirlerken depremlerin büyüklükleri, oluşma yerleri ve sıklıklarındaki belirsizlikleri; büyüklükleri ve oluşma yerleriyle yer hareketi özelliklerinin değişimini açıkça göz önüne aldığı için çok geniş bir biçimde kullanılmaktadır. Kesinsel yöntemle göre çok daha başarılı olan olasılıksal yöntem, tüm bu belirsizliklerin tanımlanabildiği, nicelleştirilebildiği ve akılcı bir yöntemle birleştirilebildiği bir çalışma çerçevesi sağlamaktadır. Çözümlemeler sonucunda en büyük yer ivmesi değerine veya herhangi bir periyoda karşılık gelen spektral ivme değerlerinin yıllık oluşma frekanslarını gösteren tehlike eğrileri veya farklı periyotlardaki spektral ivme değerlerinin zarfını gösteren birleştirilmiş tehlike spektrumları (her bir dönüş periyodu için) elde edilebilmektedir.

Belirlenmiş bir yer hareketi düzeyinin oluşma olasılığı, her bir kaynağın birbirinden bağımsız olarak katkısının hesaplanması ve toplam olasılık kuramına göre birleştirilmesiyle elde edilmektedir. Buna göre Bağlantı (3.3) kullanılarak hesaplamalar yapılmaktadır.

$$\lambda(IM > x) = \sum_{i=1}^{n_{kaynaklar}} \lambda(M_i > m_{min}) \sum_{j=1}^{n_M} \sum_{k=1}^{n_R} P(IM > x | m_j, r_k) P(M_i = m_j) P(R_i = r_k) \quad (3.3)$$

$\lambda(IM > x)$ ; Yer hareketinin herhangi bir büyüklüğünün (IM) verilen değerden (x) büyük olma sıklığı (örn.  $\lambda(PGA > 1 g)$ )

$\lambda(M_i > m_{min})$ ; Bir kaynaktaki  $m_{min}$ 'den büyük olan depremlerin olma sıklığı (örn. 1. kaynak için;  $\lambda(M_1 > 3.5)$ )

$P(IM > x | m_j, r_k)$ ; yer hareketi tahmin modellerinden elde edilen olasılık değeri.

Olasılıksal tehlike hesabı bağıntısından da anlaşılacağı gibi depremlerin oluşma sıklıkları, bu depremlerin olası büyüklük ve uzaklıkları ve yine bu depremlere göre yer sarsıntısı büyüklüklerinin dağılımı bilgileri birleştirilmektedir.

Bu çalışmada da olasılıksal deprem tehlikesi çözümlemesi EZ-FRISK 7.62 yazılımı kullanılarak her bir etkilenme alanı için ayrı ayrı yapılmış ve sonuçları tehlike eğrileri ve birleştirilmiş tehlike spektrumları şeklinde sunulmuştur.

### 3.1.6. EZ-FRISK Yazılımı

Bu çalışmada Robin K. McGuire, Risk Engineering, Inc. tarafından hem kesinsel hem de olasılıksal deprem tehlikesi hesaplamaları yapmak için geliştirilmiş EZ-FRISK yazılımı kullanılmıştır.

EZ-FRISK yazılımı kullanılarak yapılan olasılıksal deprem tehlikesi hesaplarında;

İzmir Valiliği merkez alınarak koordinatlar (38.42, 27.13) girilmiştir. Çalışmanın konusu kapsamında çalışılan yerin deprem tehlikesi değerlendirilirken depremden etkilenme alanı olarak 50, 100, 150 ve 200 kilometre yarıçaplarında daireler göz önüne alınmıştır.

Deprem kaynakları, alan kaynak olarak deprenselliklerini ifade eden değişkenleriyle birlikte girilmiştir ( $\lambda_m, \beta$ ).

Çalışılan bölgeye ve koşullara uygun 3 tane yer hareketi tahmin ilişkisi seçilmiş ve bunların ortalaması alınmıştır (Boore-Atkinson (2008 NGA), Campbell-Bozorgnia (2008 NGA) ve Chiou-Youngs'ın (2008 NGA)).

Çözümlemeler sonucunda toplam tehlike eğrileri, kaynakların toplam tehlike eğrisine katkılarını gösteren eğriler ve birleştirilmiş tehlike spektrumları elde edilmiştir.

### 3.1.7. Tehlike Çözümlemesi Sonuçları

Çalışma boyunca yapılan çözümler sonucunda elde edilen grafikler aşağıda verilmektedir.

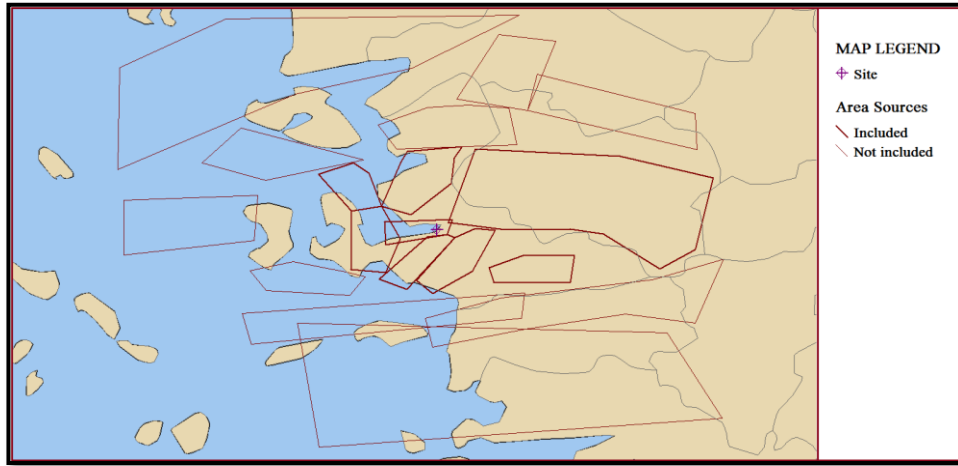
Her bir etkilenme alanı (50, 100, 150 ve 200 km) için ayrı ayrı verilen grafiklerin aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

Toplam Tehlike Eğrileri: Spektral ivme değerlerinin yıllık aşılma frekanslarını, her bir spektral periyot (PGA, T=0.1, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 ve 3.0 s) için ayrı ayrı vermektedir.

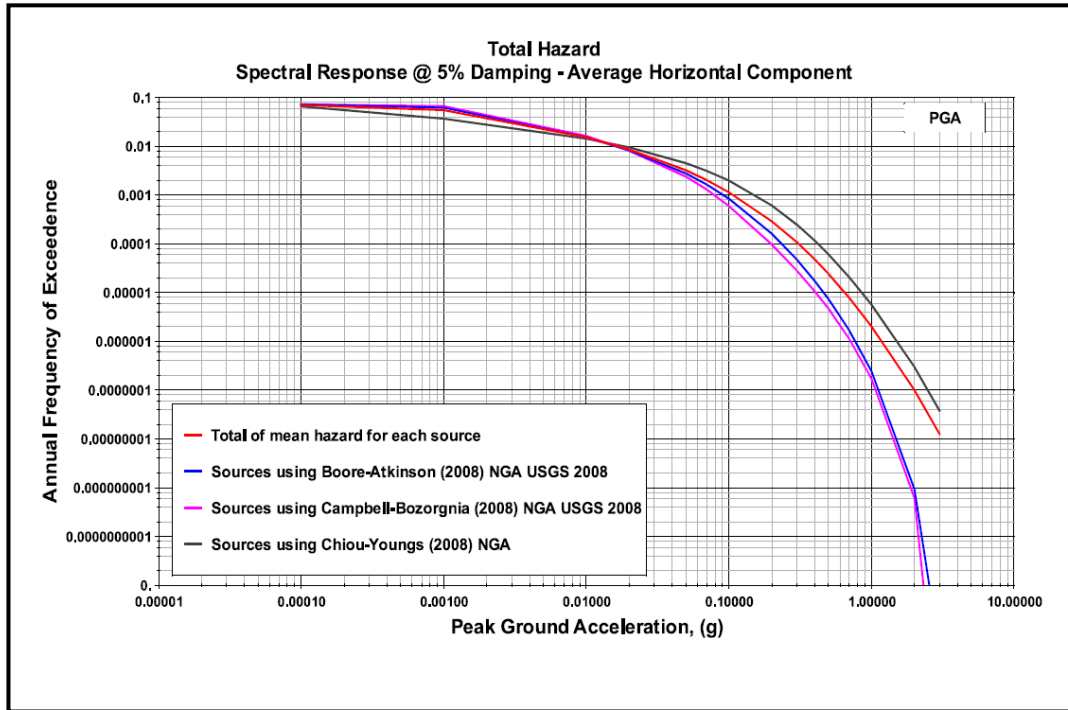
Kaynak Katkı Eğrileri: Toplam tehlikeye katkısı çok olan her bir kaynak için spektral ivme değerlerinin yıllık aşılma frekanslarını her bir spektral periyot cinsinden (PGA) vermektedir.

Birleştirilmiş Tehlike Spektrumları: Farklı periyotlardaki ayrık spektral ivme değerlerinin zarfını 50 yılda %50 (72 yıl), %10 (475 yıl) ve %2 (2475 yıl) dönüşüm periyotlarına göre vermektedir.

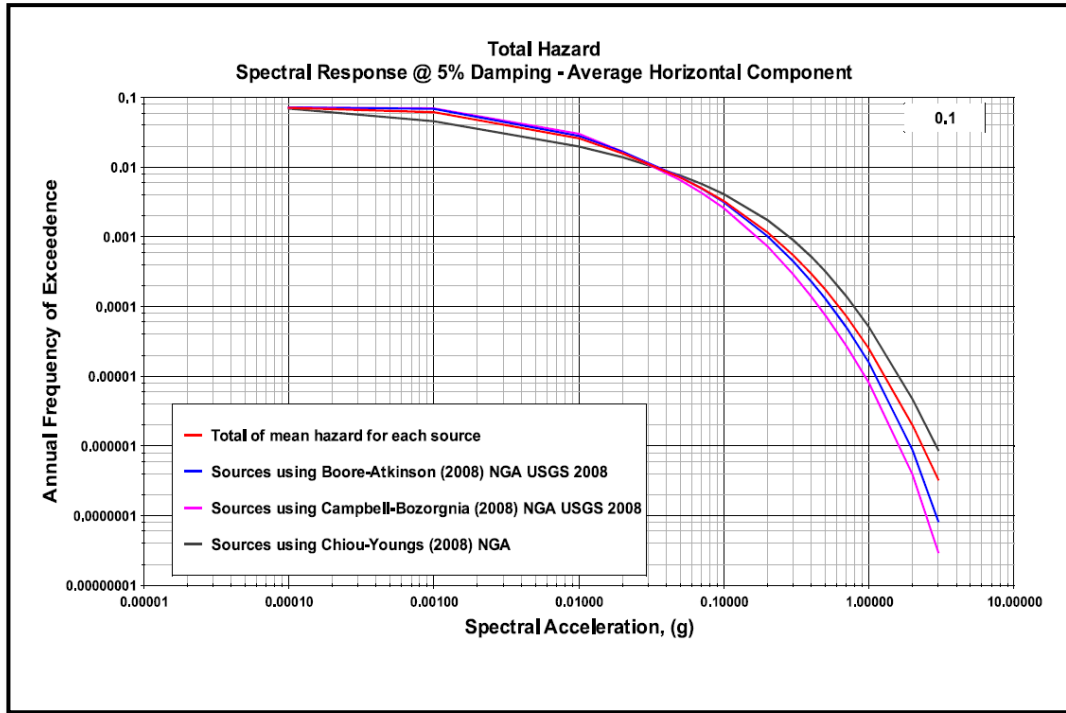
## İzmir İli ve 50 kilometrelik etkilenme alanı için sonuçlar



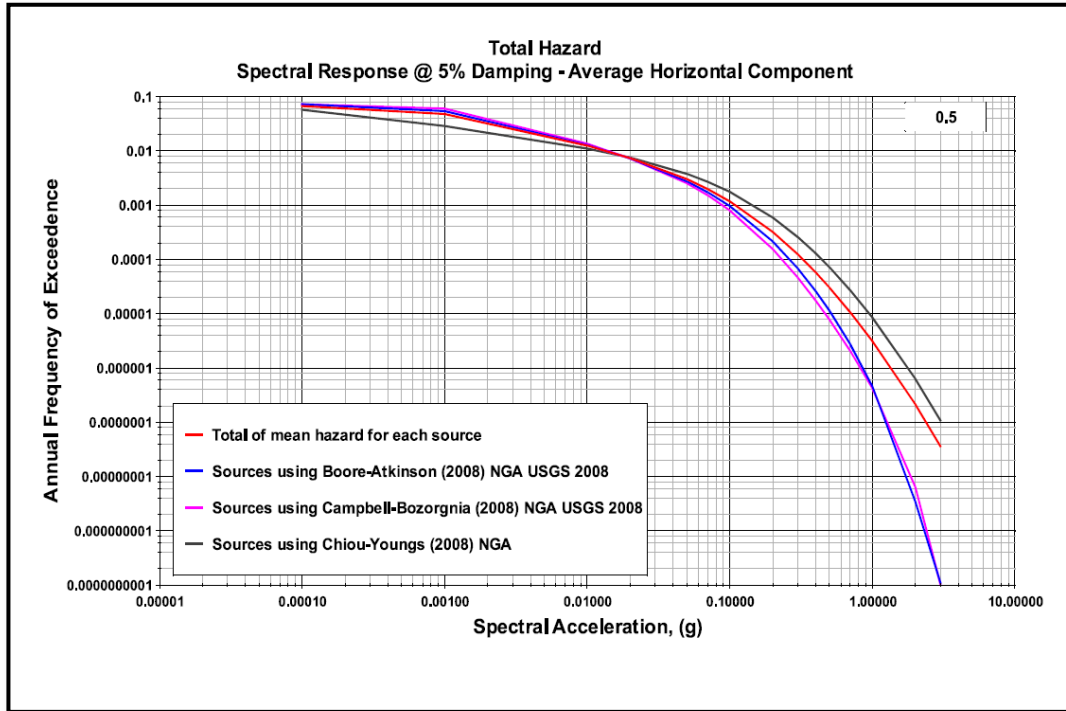
Şekil 3.23 Kaynaklar (50 km)



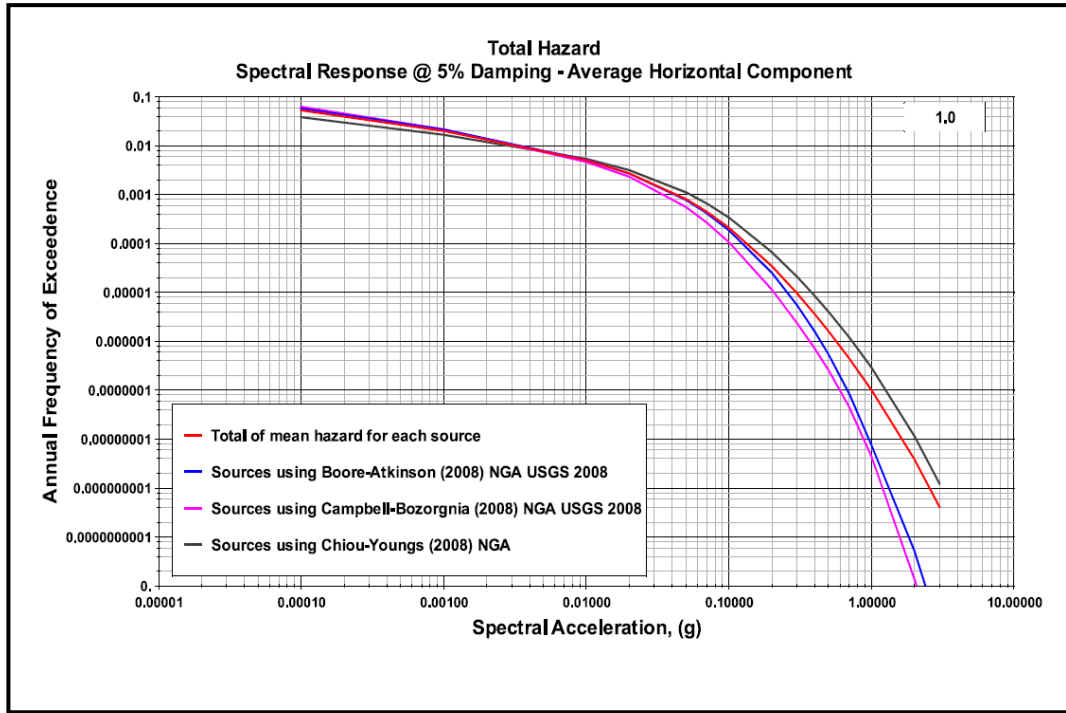
Şekil 3.24 Toplam tehlike eğrisi (PGA) (50 km)



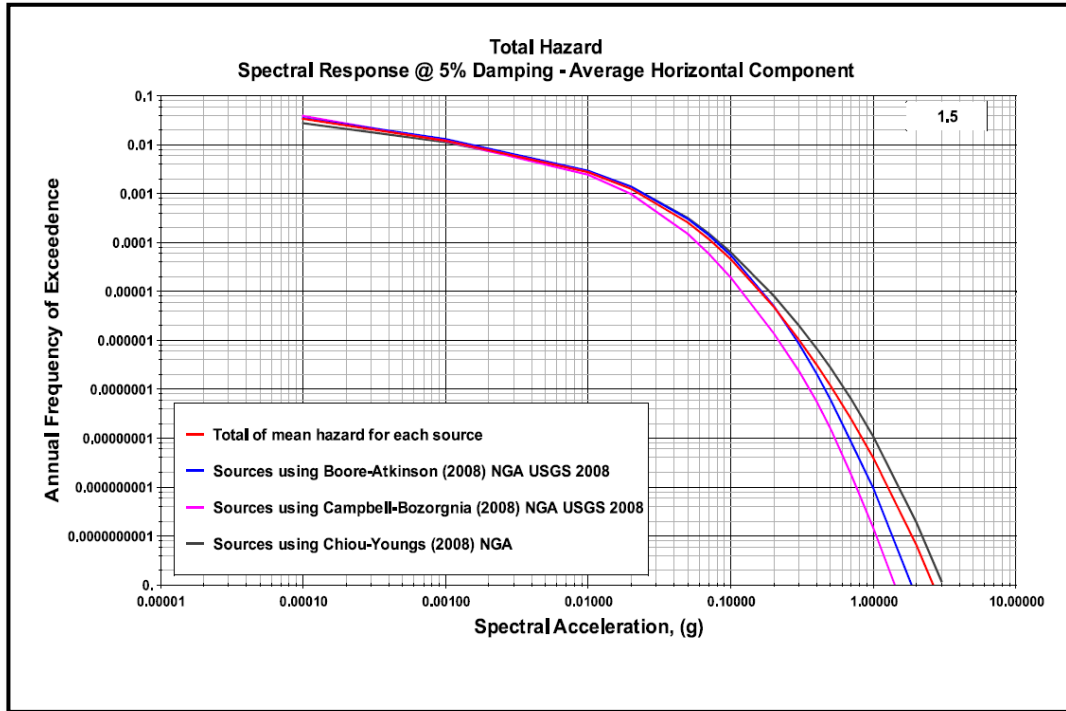
Şekil 3.25 Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (50 km)



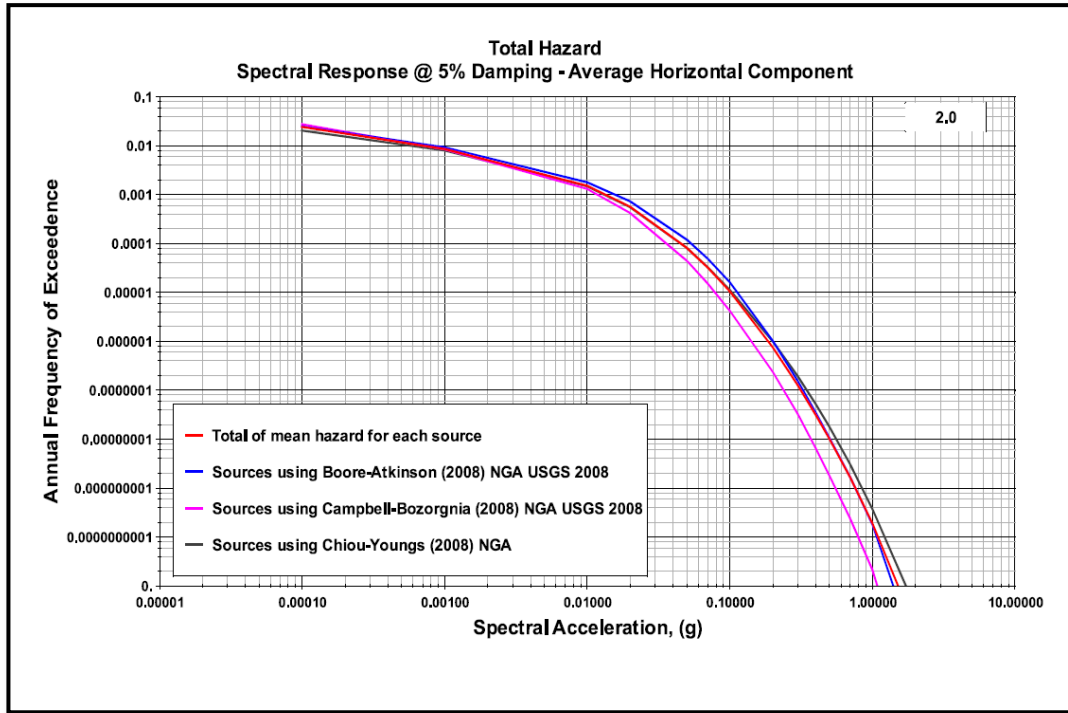
Şekil 3.26 Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (50 km)



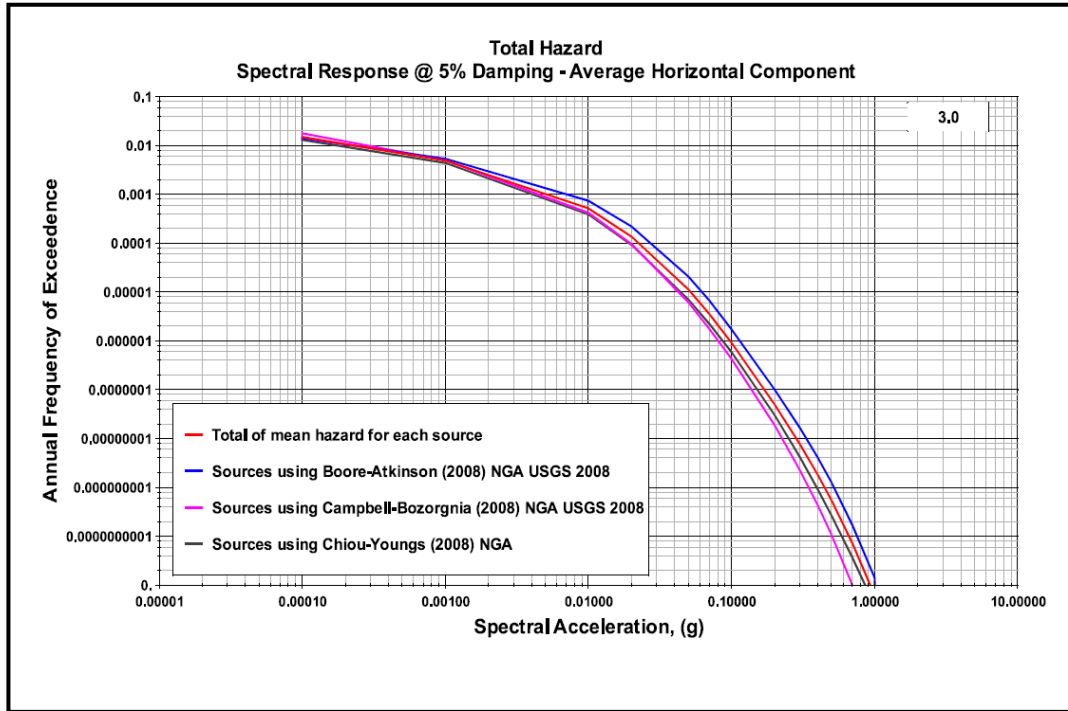
Şekil 3.27 Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (50 km)



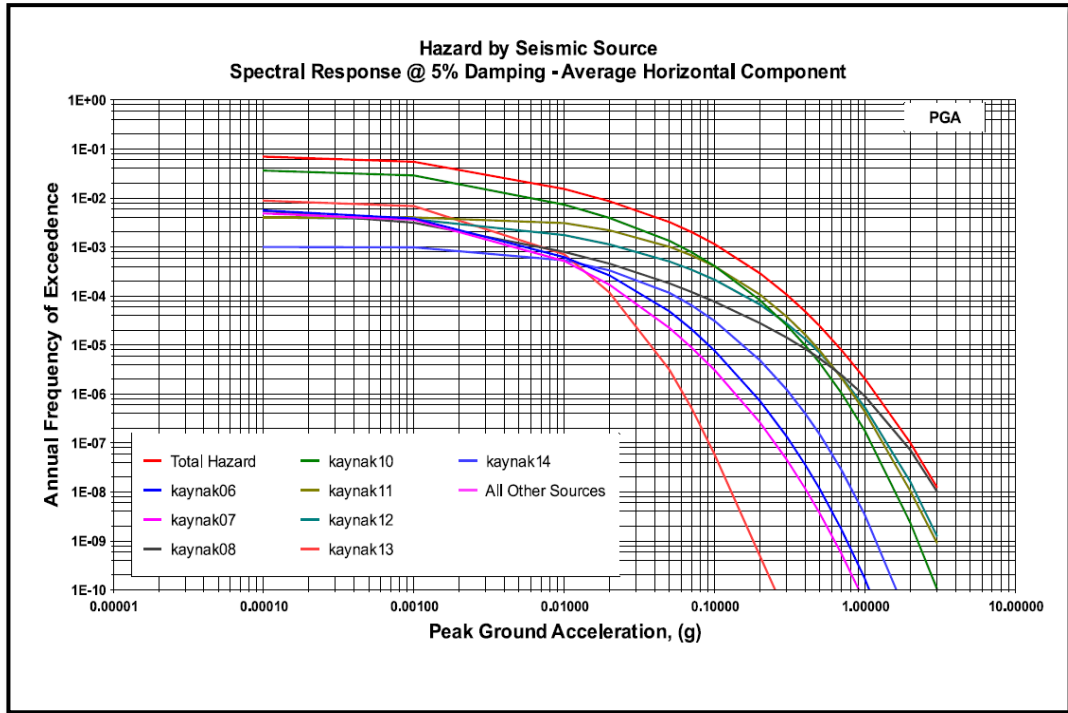
Şekil 3.28 Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (50 km)



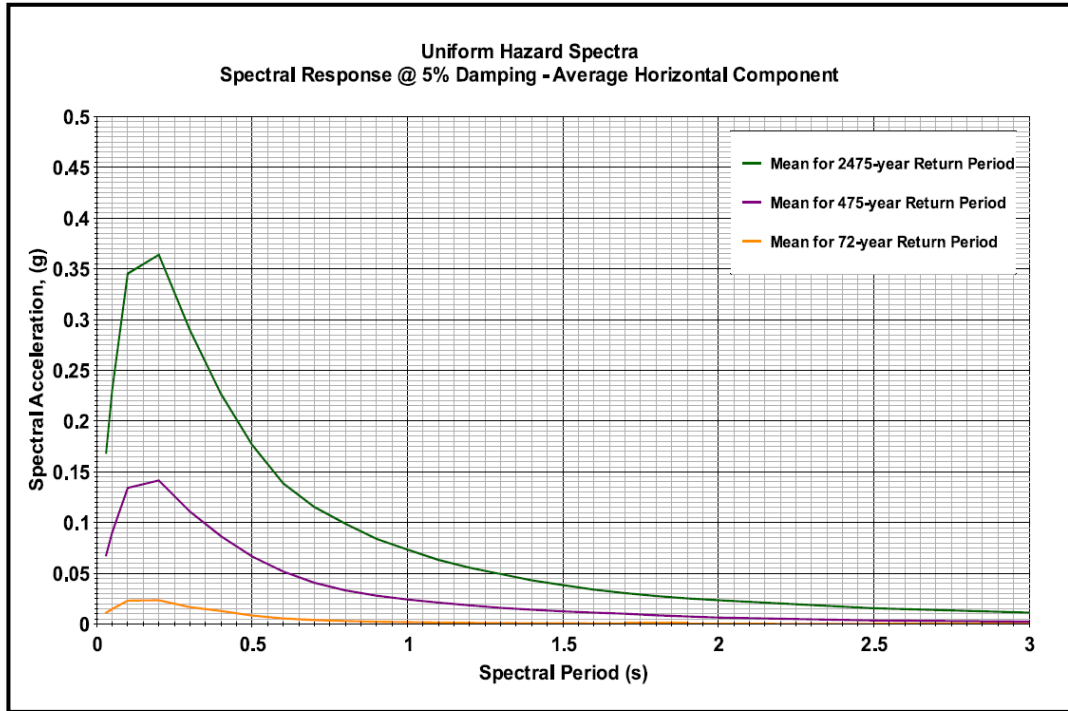
Şekil 3.29 Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (50 km)



Şekil 3.30 Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (50 km)

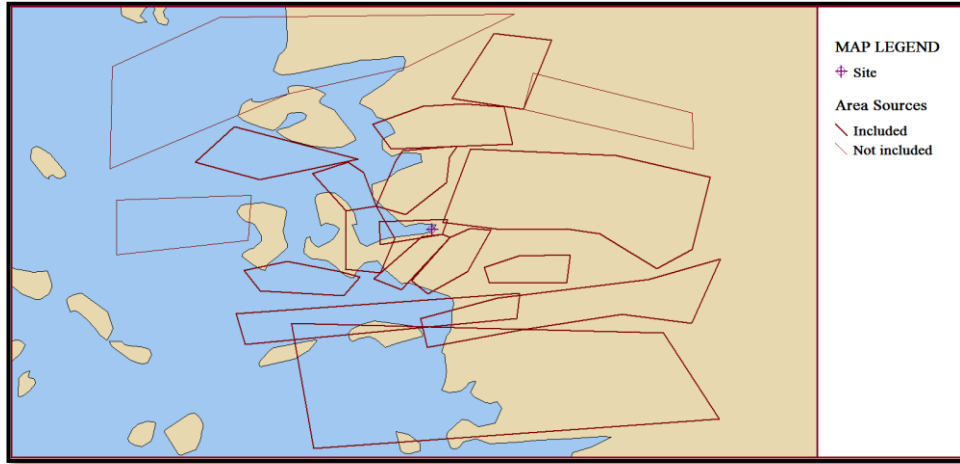


Şekil 3.31 Kaynak katkı eğrileri (PGA) (50 km)

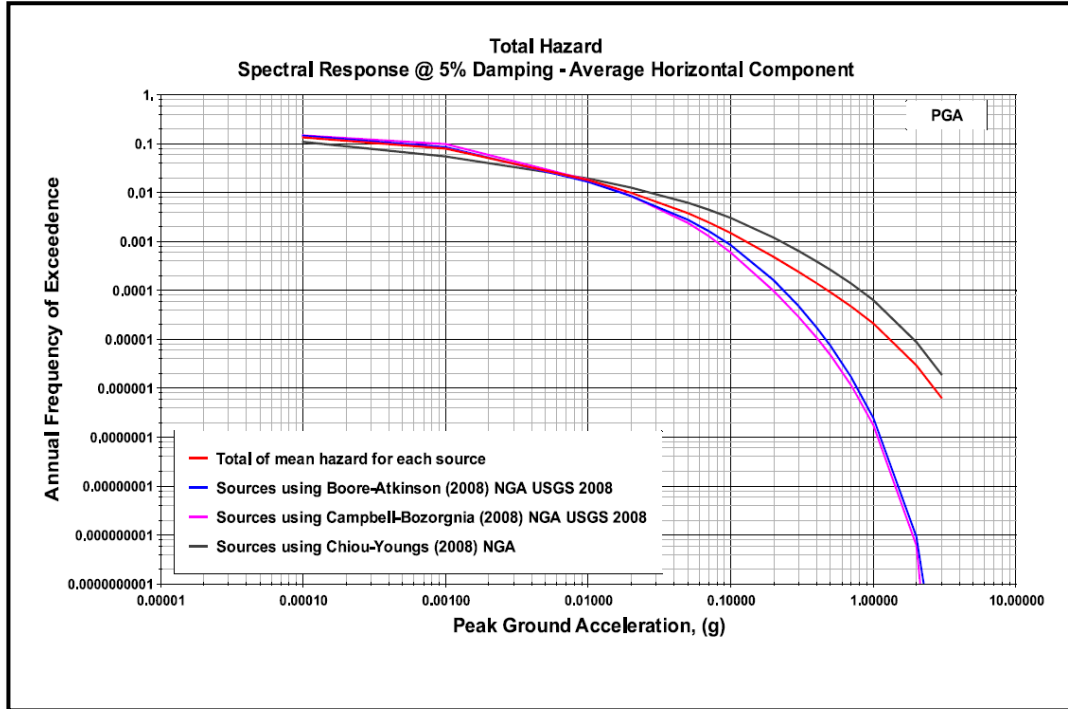


Şekil 3.32 Birleştirilmiş tehlike spektrumları (50 km)

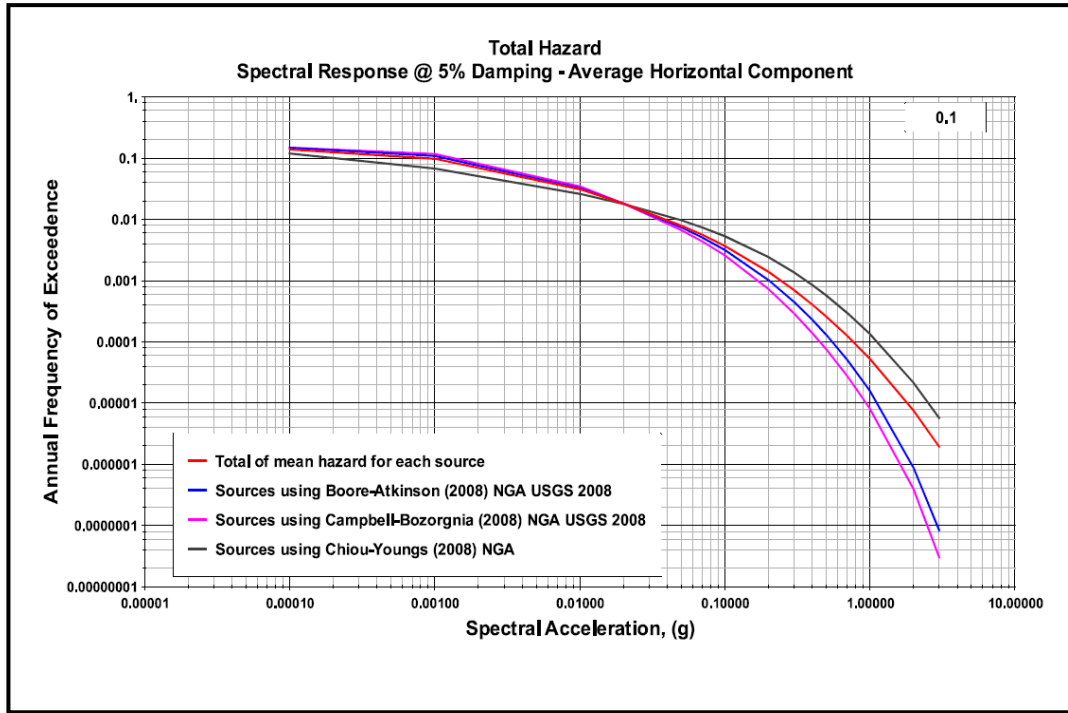
## İzmir İli ve 100 kilometrelik etkilene alanı için sonuçlar



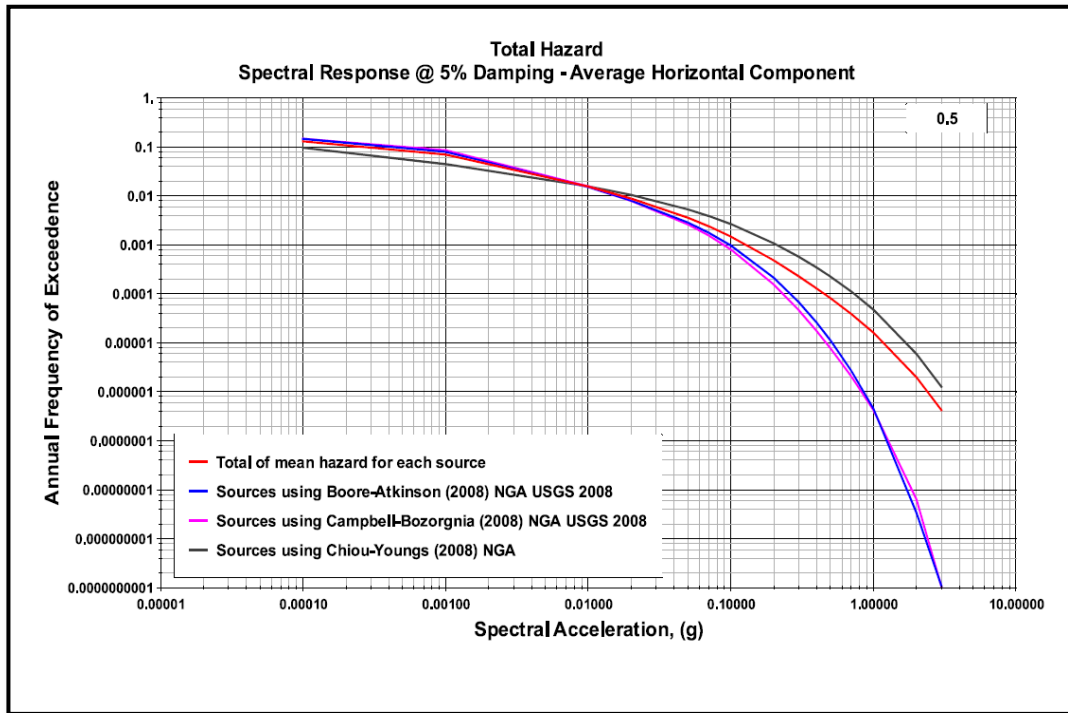
Şekil 3.33 Kaynaklar (100 km)



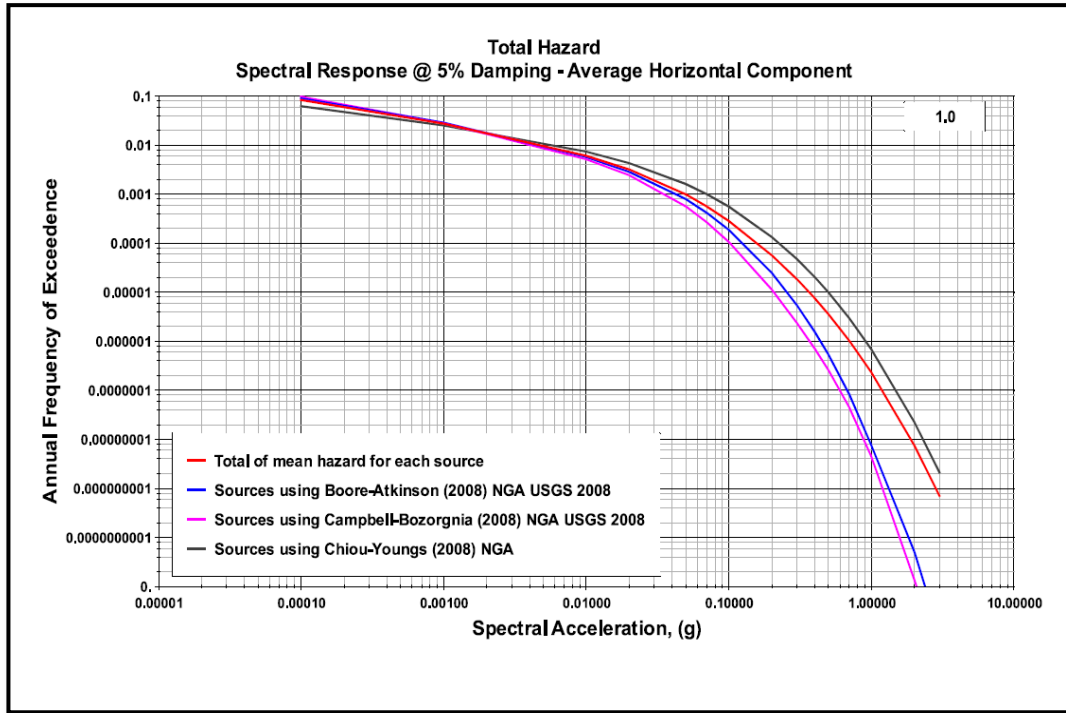
Şekil 3.34 Toplam tehlike eğrisi (PGA) (100 km)



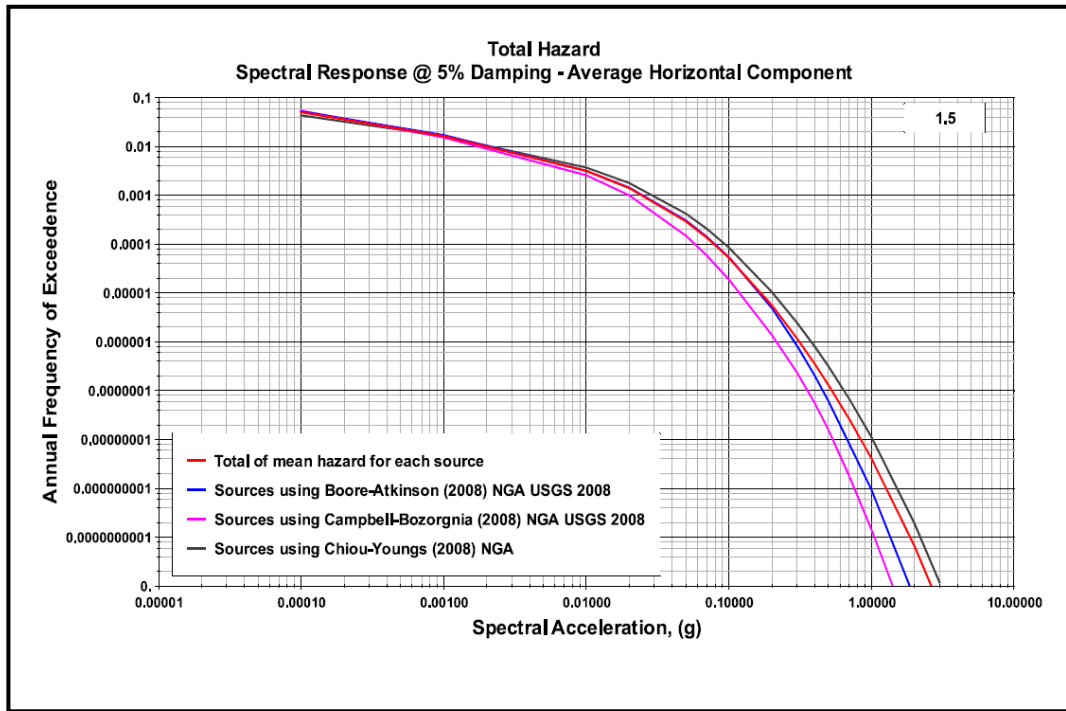
Şekil 3.35 Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (100 km)



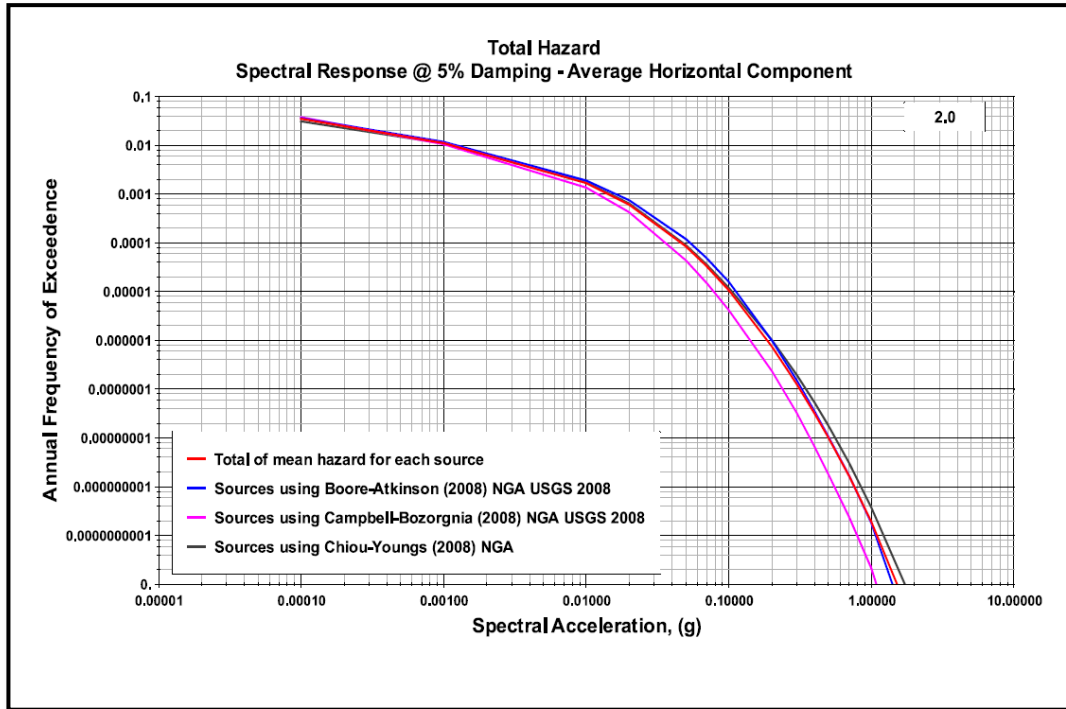
Şekil 3.36 Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (100 km)



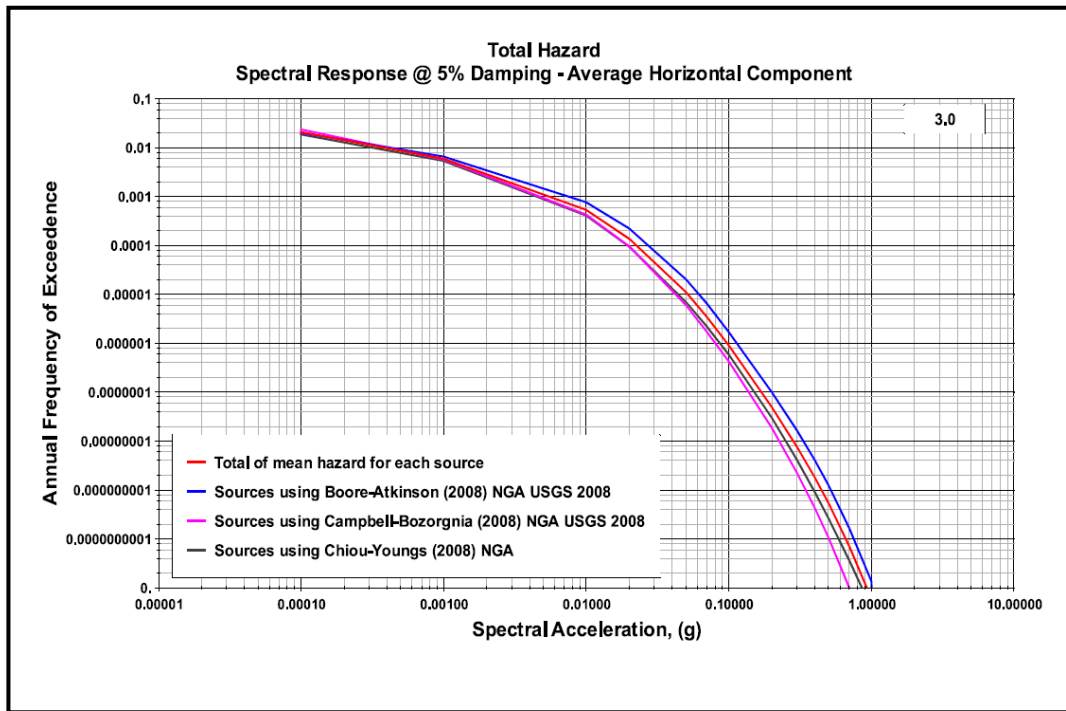
Şekil 3.37 Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (100 km)



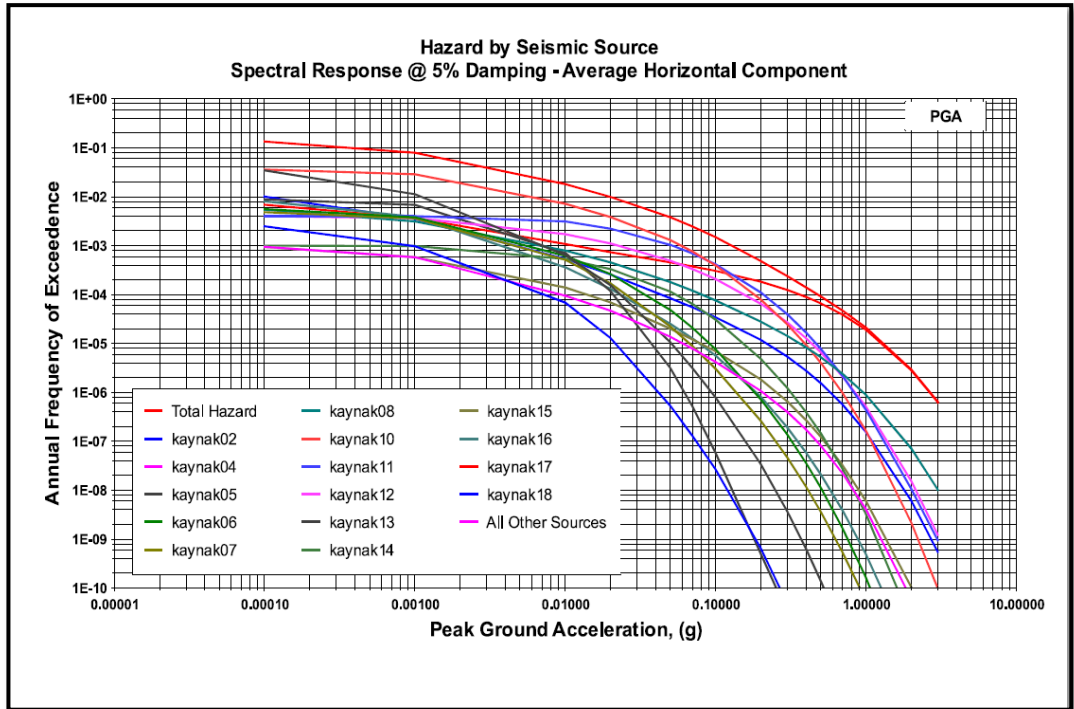
Şekil 3.38 Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (100 km)



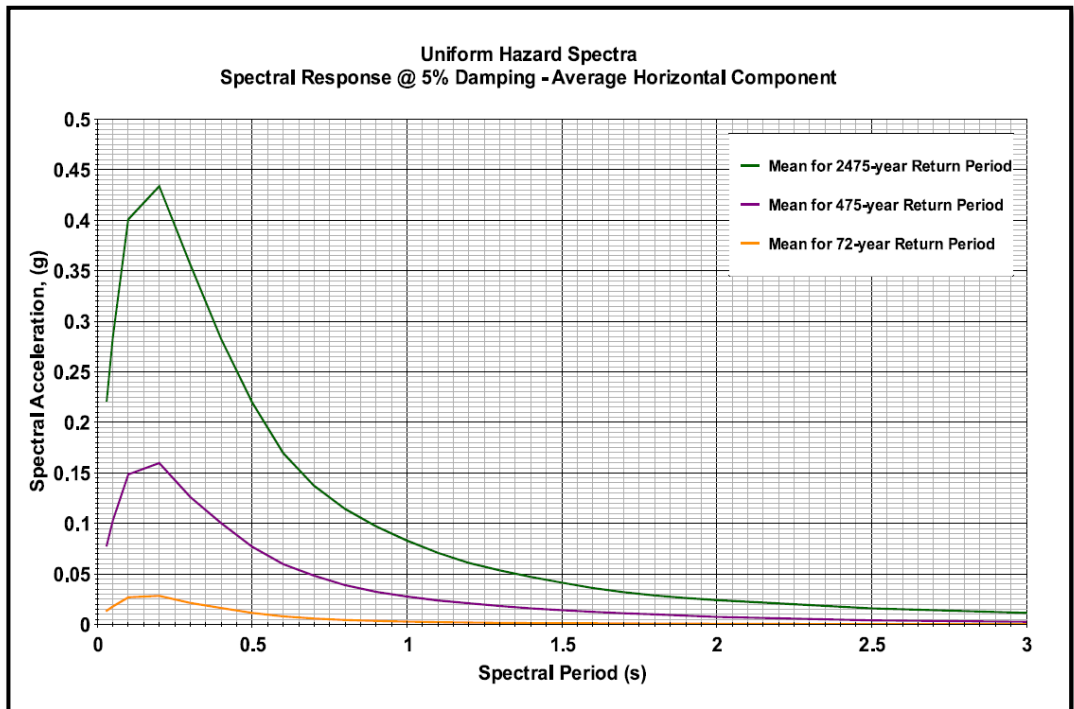
Şekil 3.39 Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (100 km)



Şekil 3.40 Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (100 km)

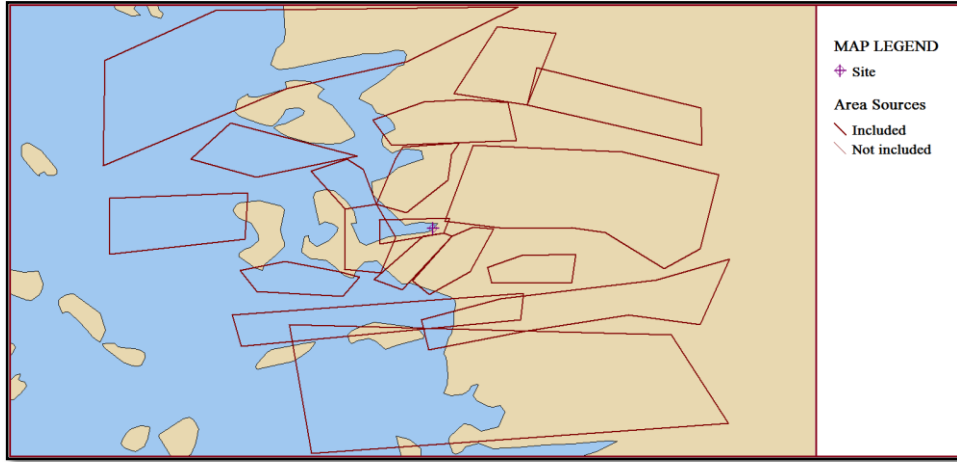


Şekil 3.41 Kaynak katkı eğrileri (PGA) (100 km)

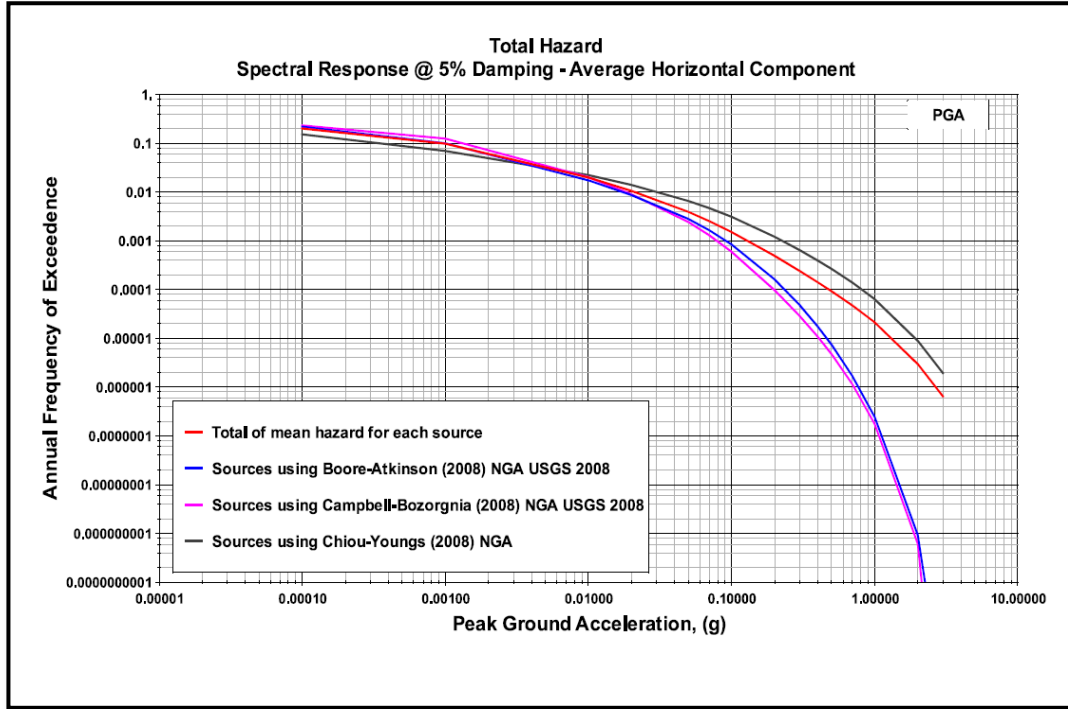


Şekil 3.42 Birleştirilmiş tehlike spektrumları (100 km)

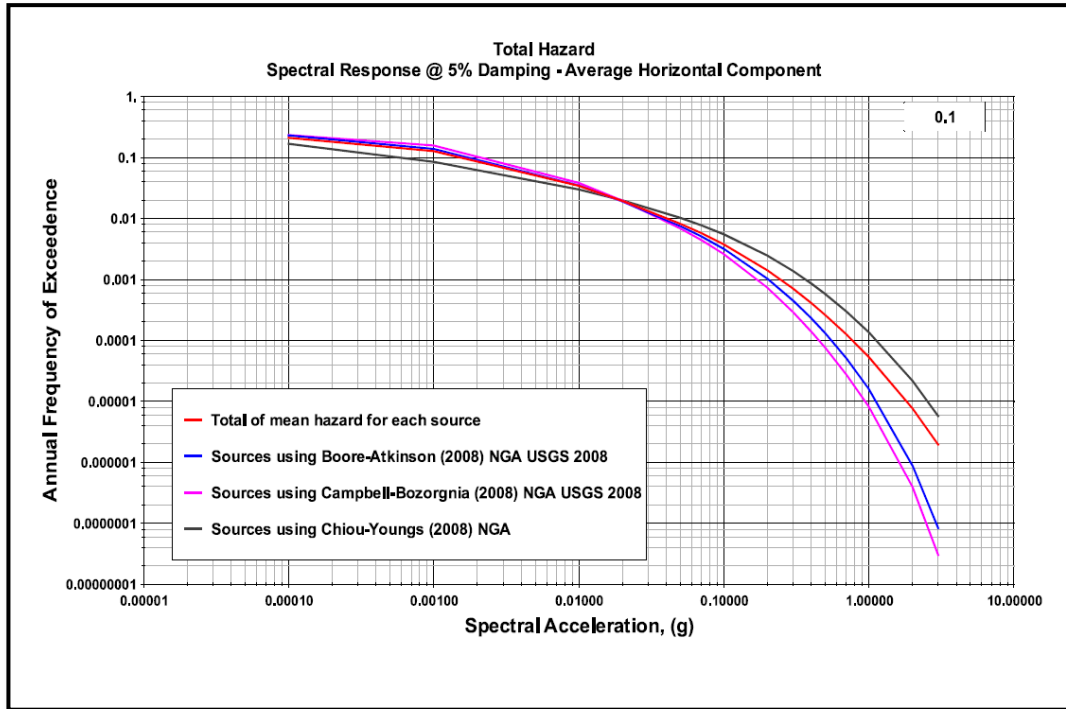
## İzmir İli ve 150 kilometrelik etkilene alanı için sonuçlar



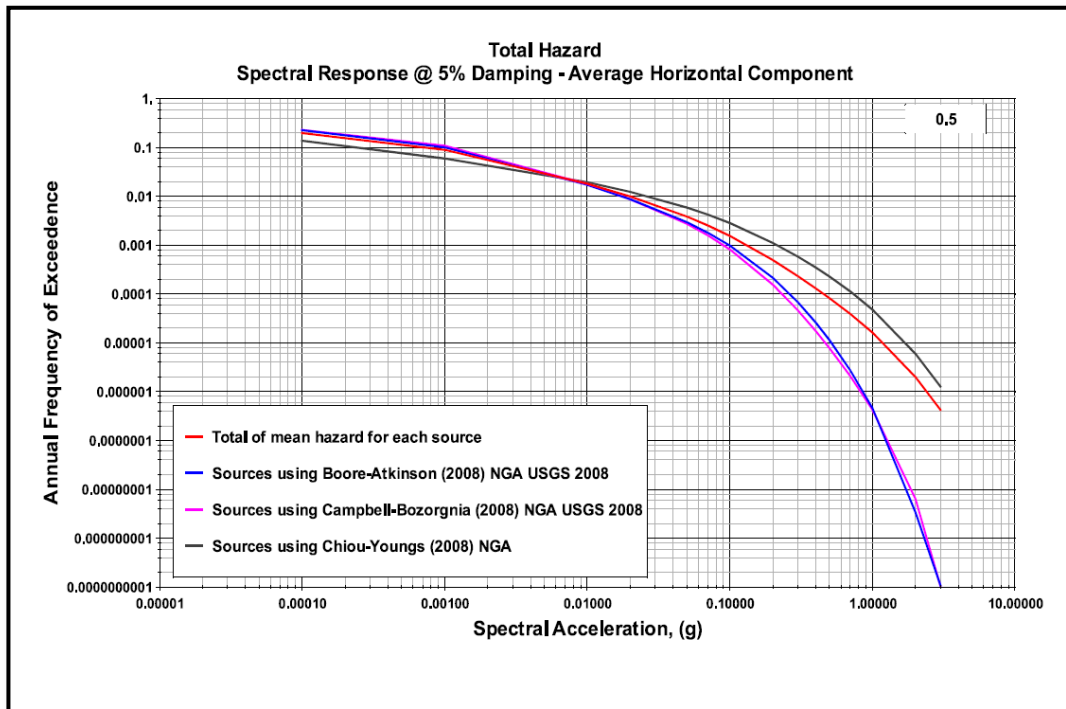
Şekil 3.43 Kaynaklar (150 km)



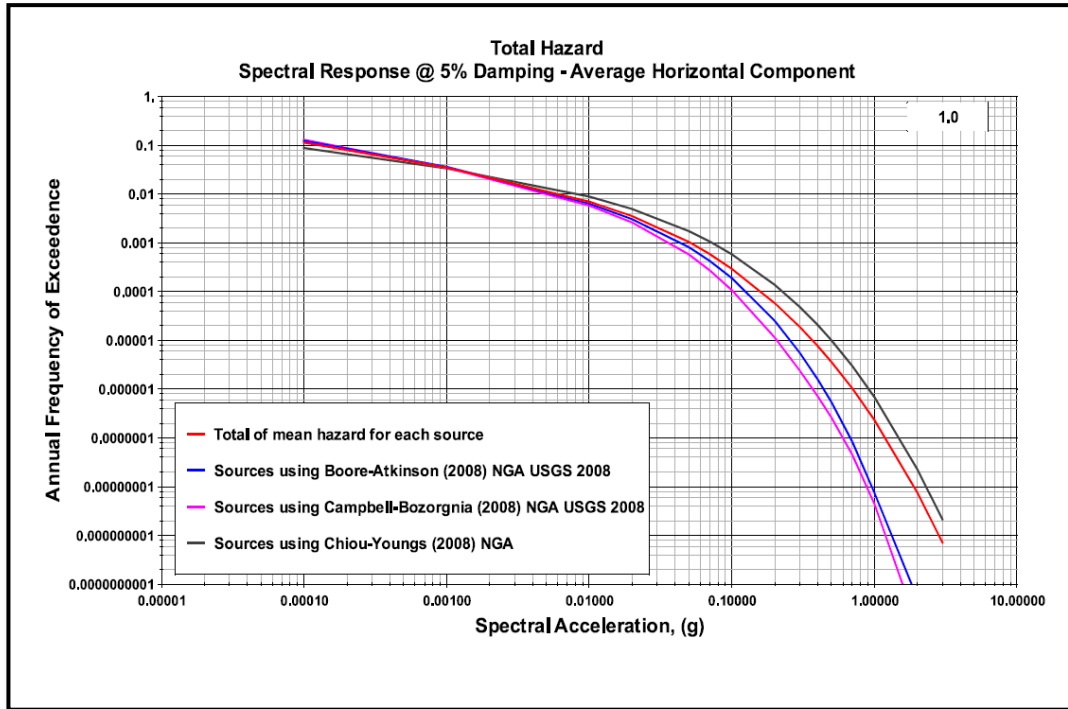
Şekil 3.44 Toplam tehlike eğrisi (PGA) (150 km)



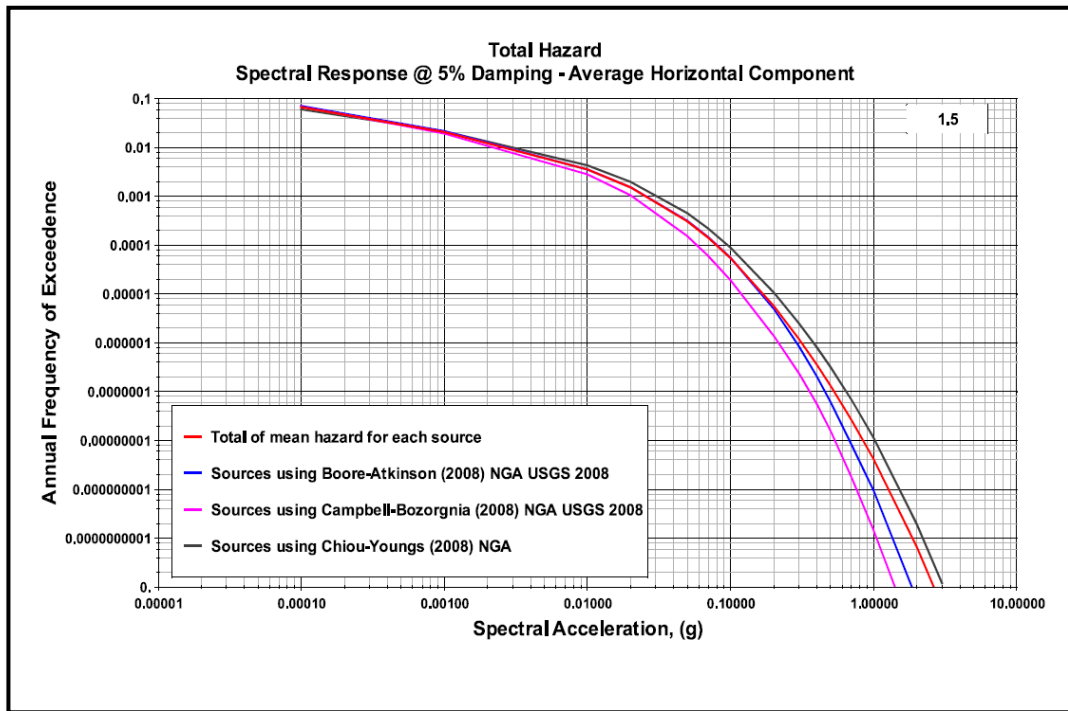
Şekil 3.45 Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (150 km)



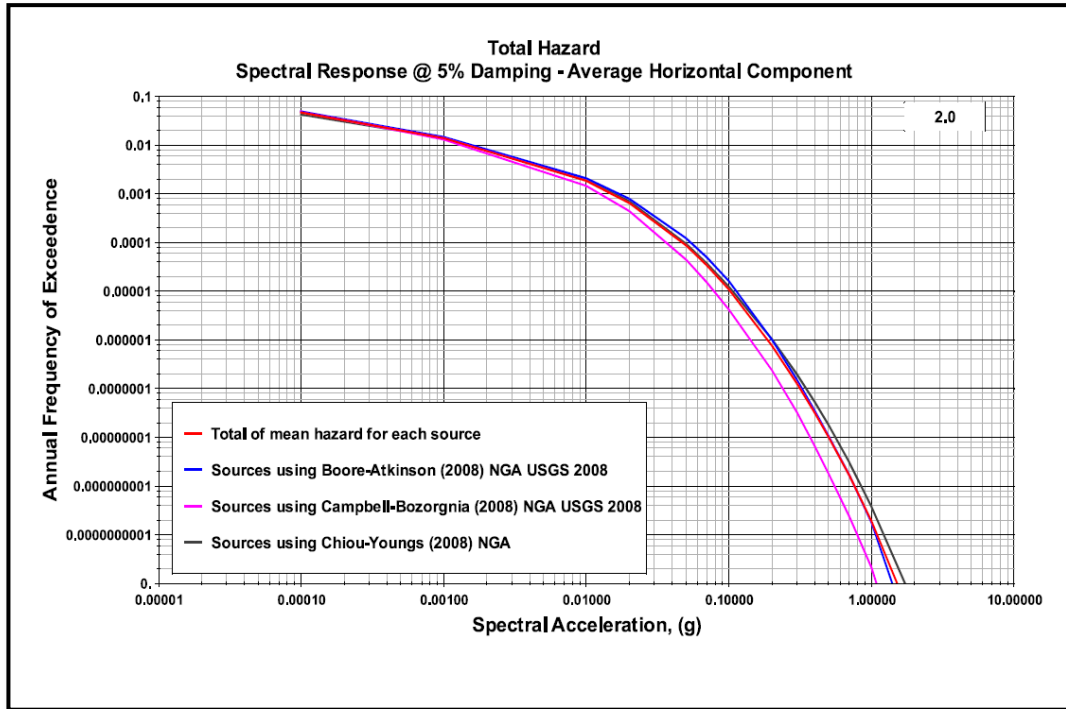
Şekil 3.46 Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (150 km)



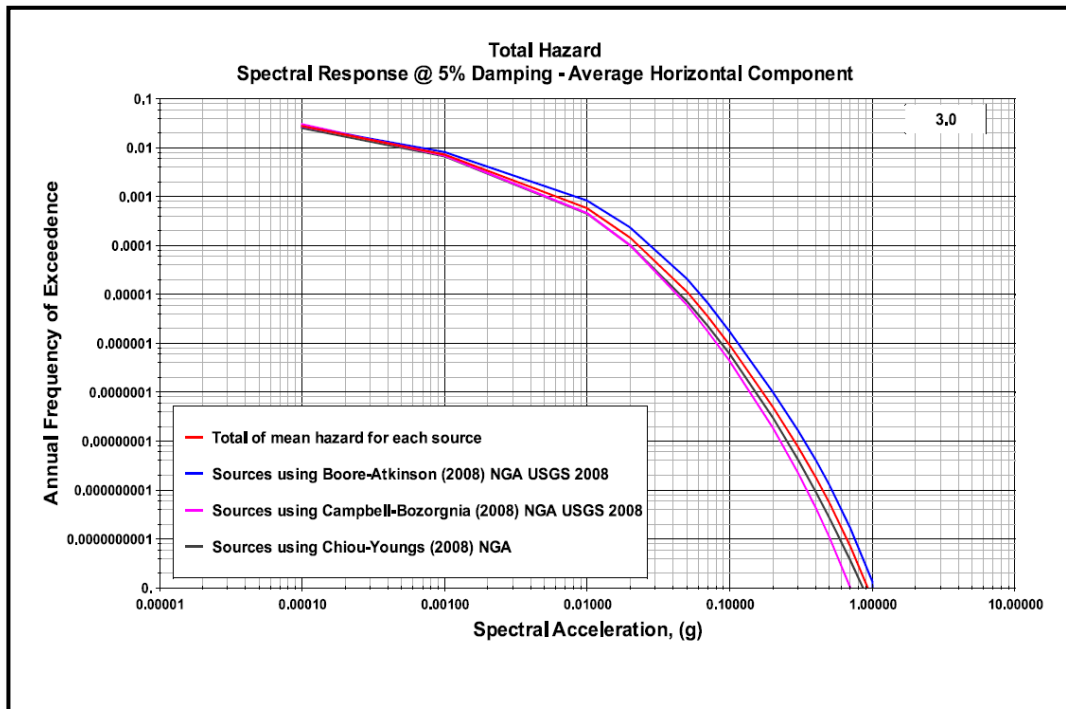
Şekil 3.47 Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (150 km)



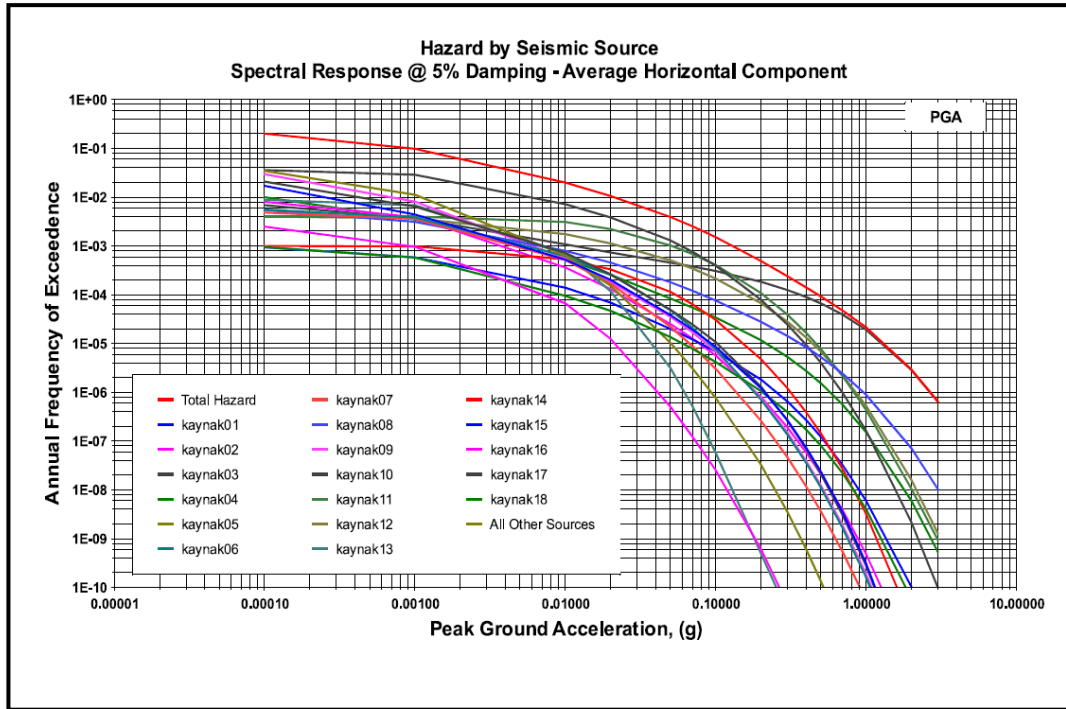
Şekil 3.48 Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (150 km)



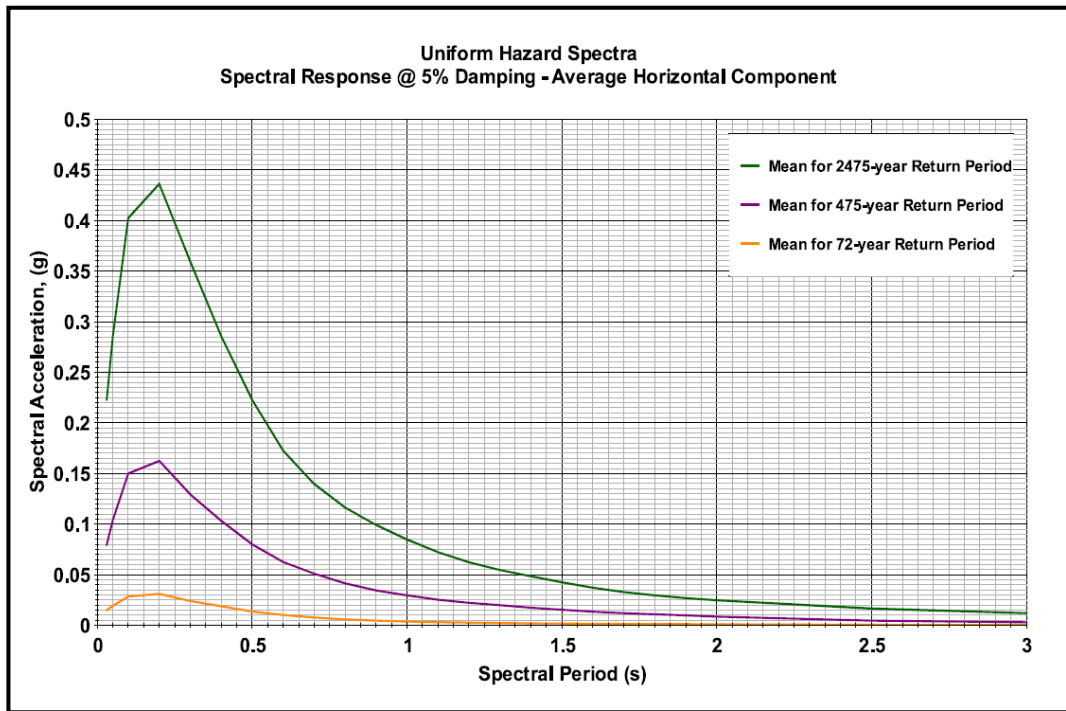
Şekil 3.49 Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (150 km)



Şekil 3.50 Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (150 km)

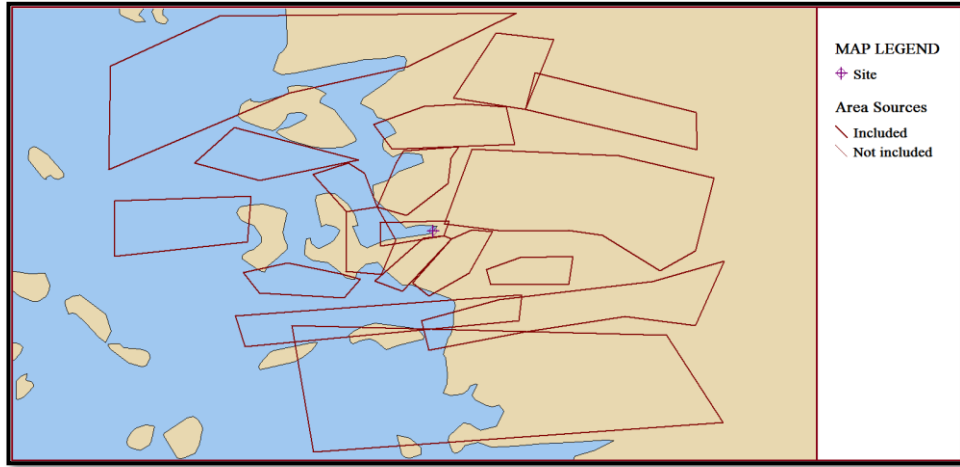


Şekil 3.51 Kaynak katkı eğrileri (PGA) (150 km)

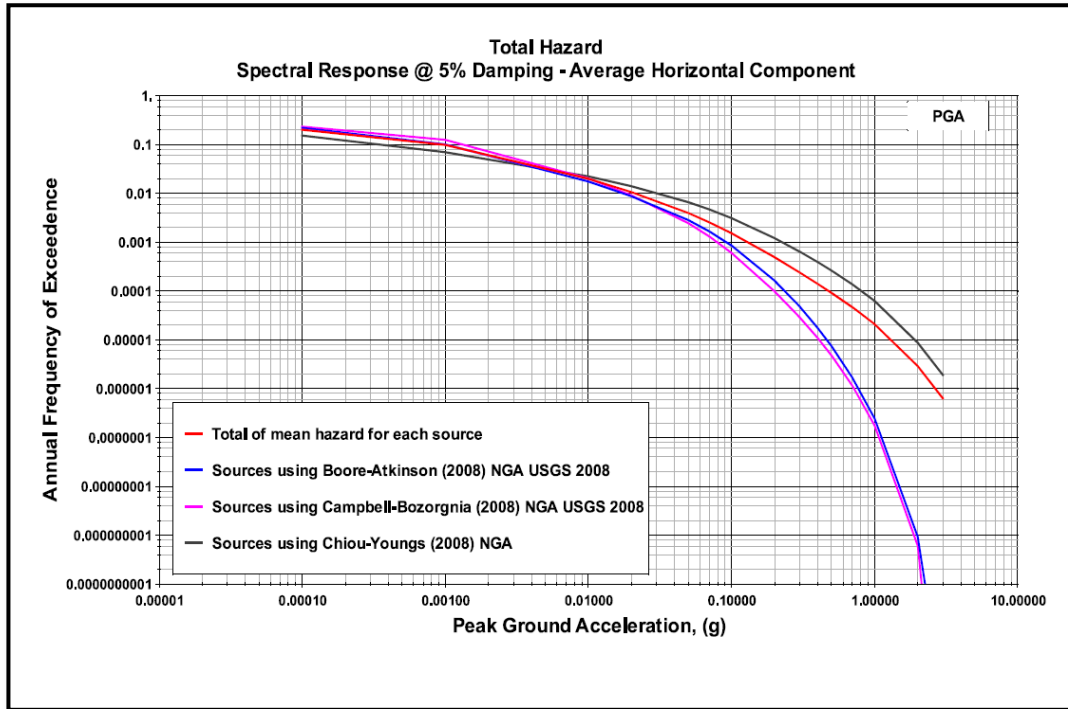


Şekil 3.52 Birleştirilmiş tehlike spektrumları (150 km)

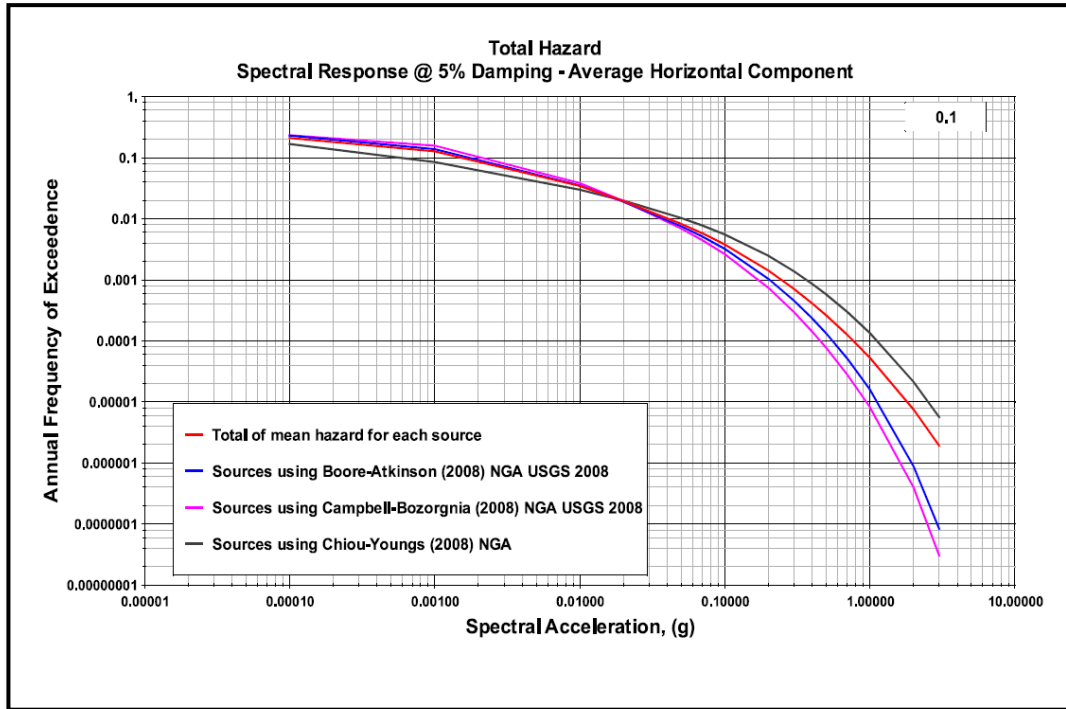
## İzmir İli ve 200 kilometrelik etkilene alanı için sonuçlar



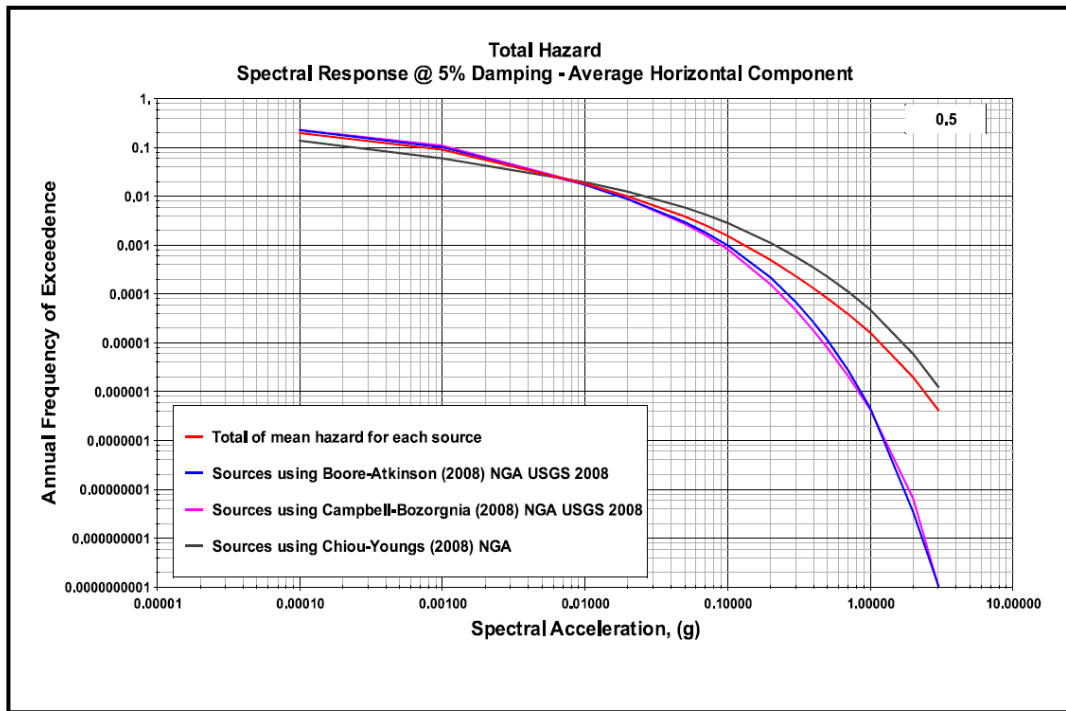
Şekil 3.53 Kaynaklar (200 km)



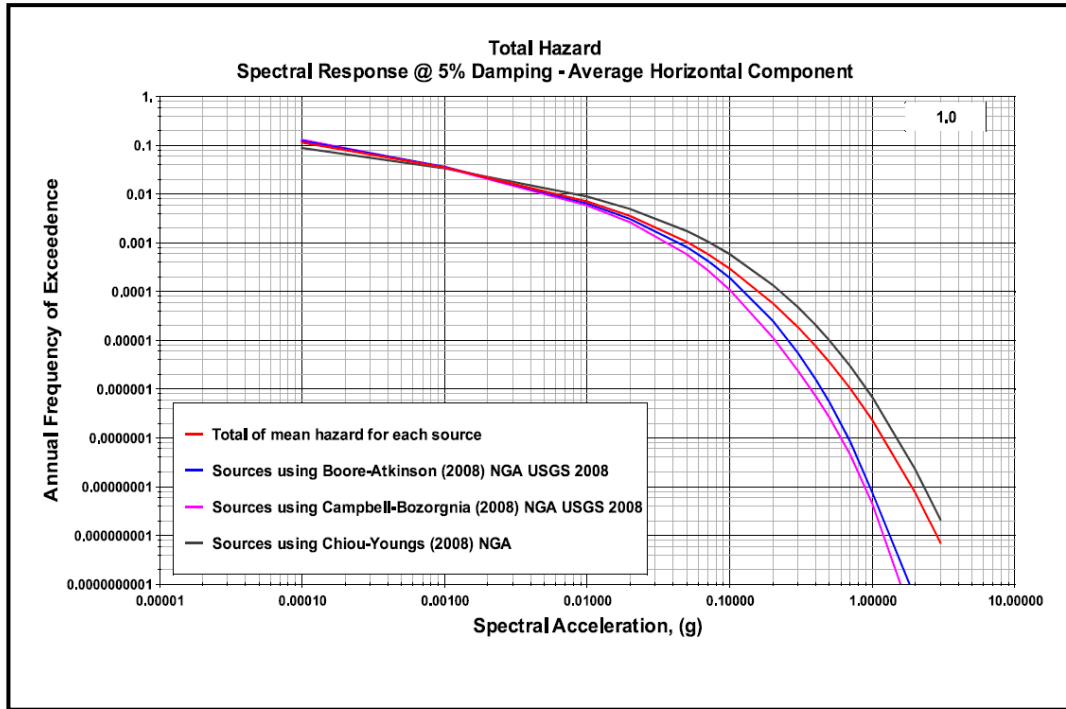
Şekil 3.54 Toplam tehlike eğrisi (PGA) (200 km)



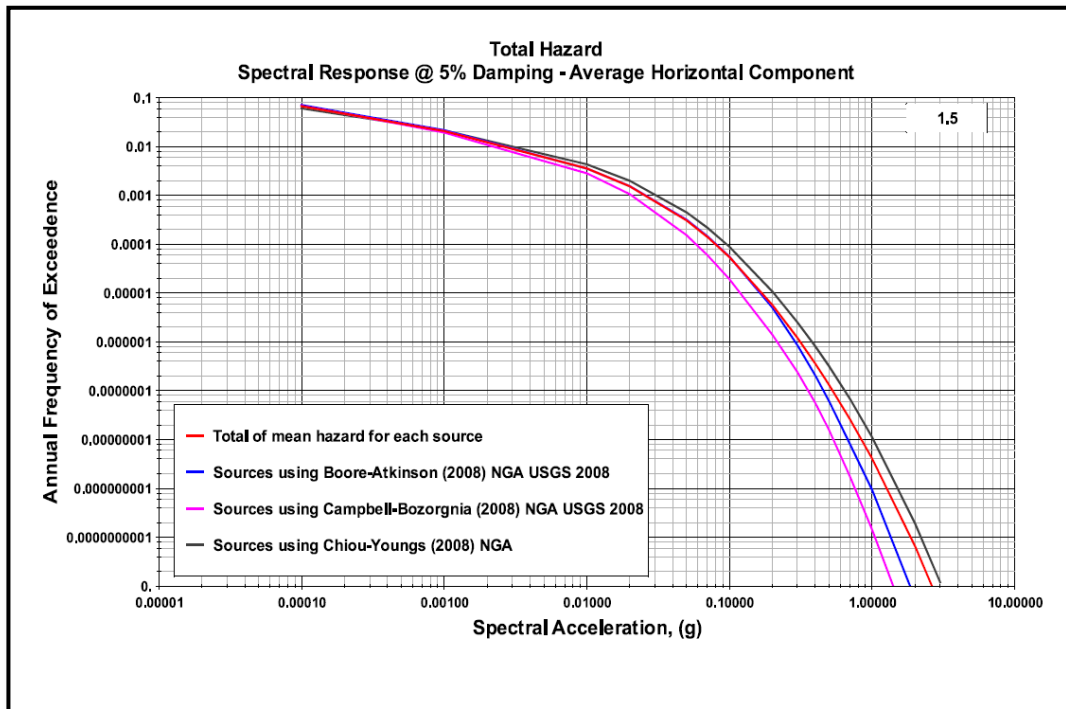
Şekil 3.55 Toplam tehlike eğrisi (T=0.1 s) (200 km)



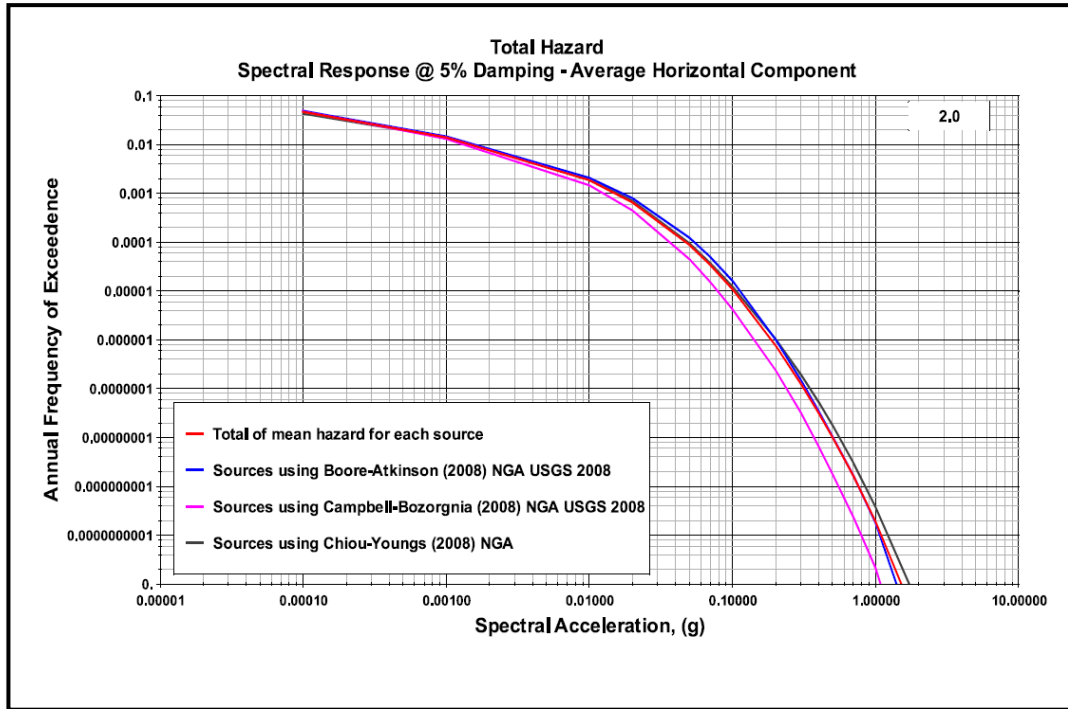
Şekil 3.56 Toplam tehlike eğrisi (T=0.5 s) (200 km)



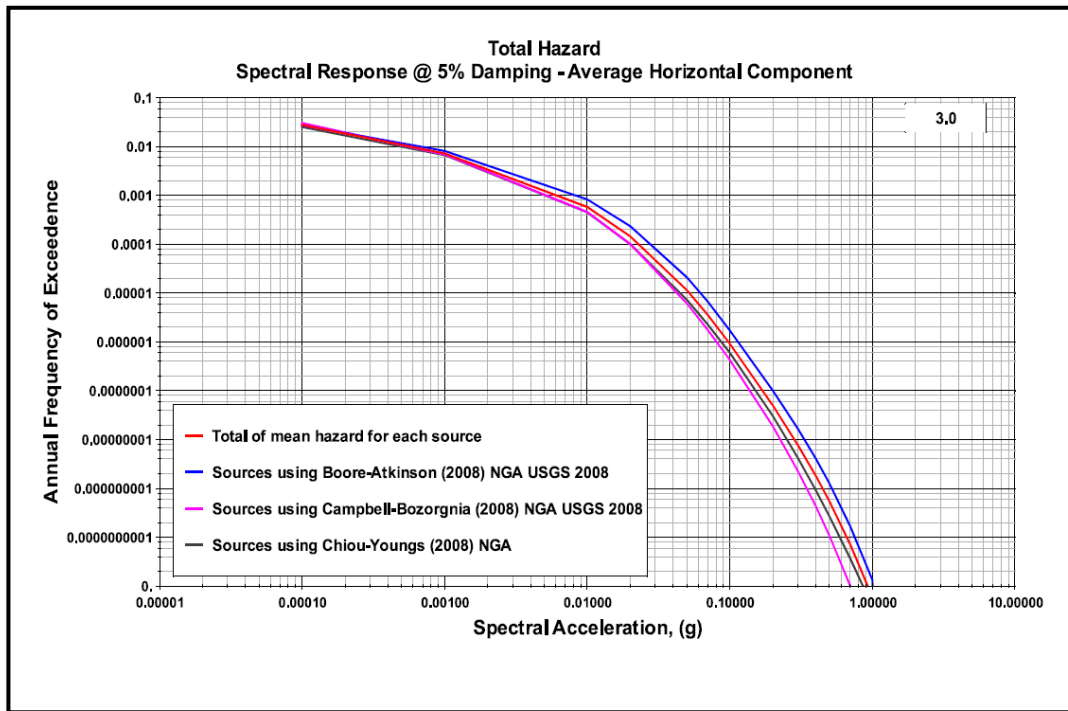
Şekil 3.57 Toplam tehlike eğrisi (T=1.0 s) (200 km)



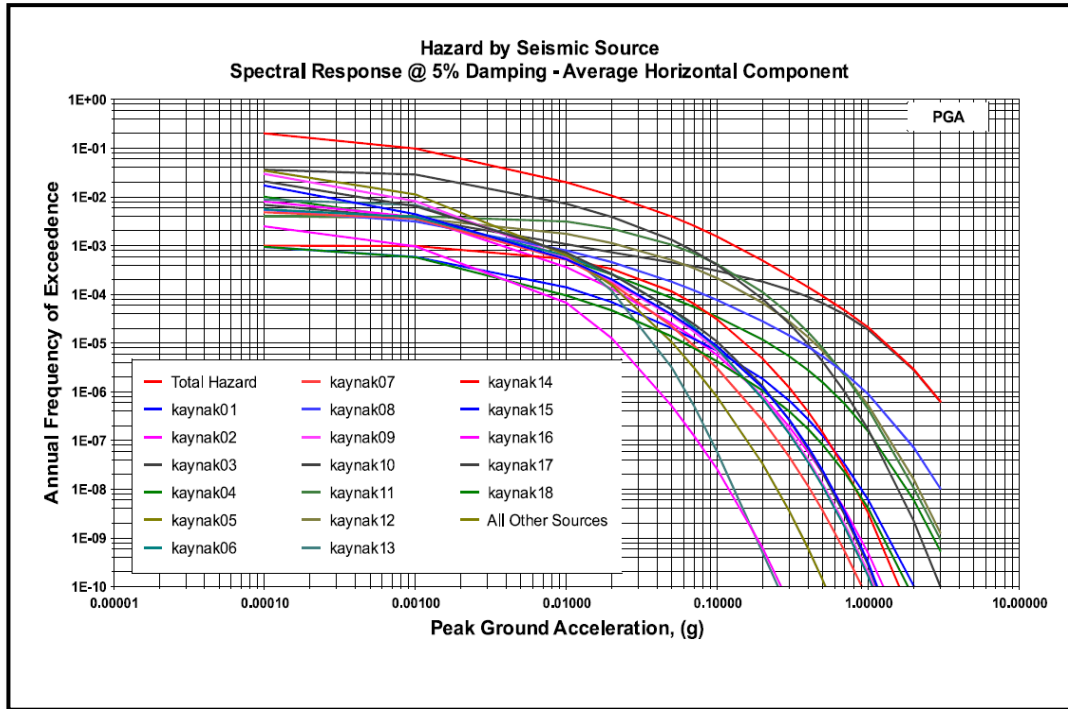
Şekil 3.58 Toplam tehlike eğrisi (T=1.5 s) (200 km)



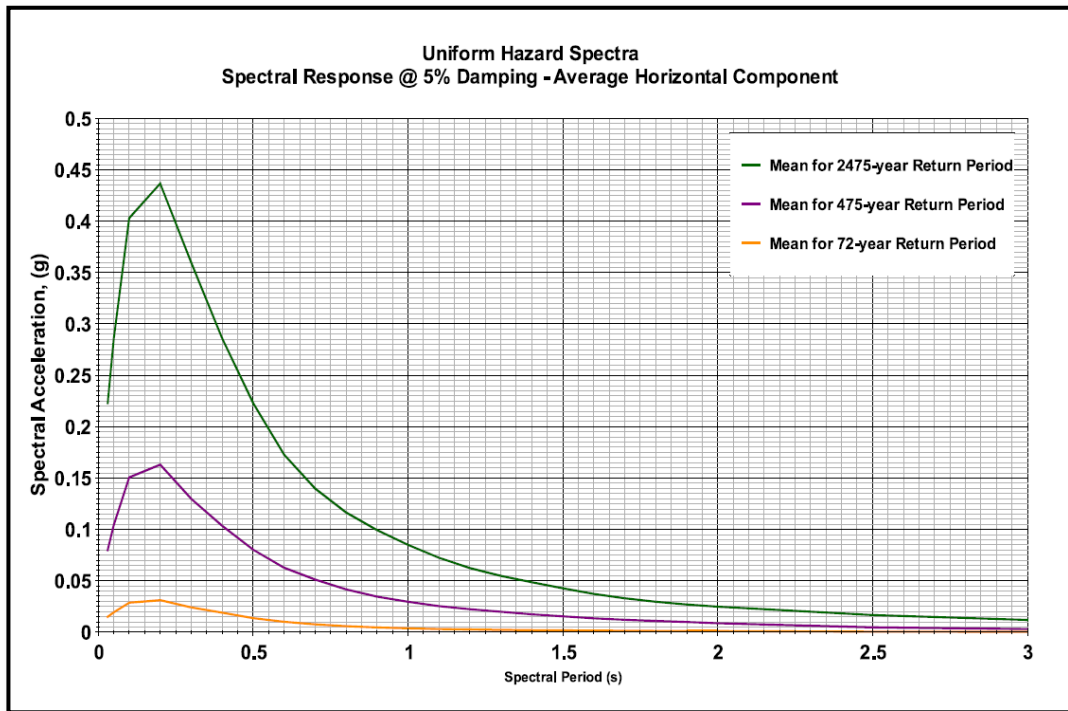
Şekil 3.59 Toplam tehlike eğrisi (T=2.0 s) (200 km)



Şekil 3.60 Toplam tehlike eğrisi (T=3.0 s) (200 km)



Şekil 3.61 Kaynak katkı eğrileri (PGA) (200 km)



Şekil 3.62 Birleştirilmiş tehlike spektrumları (200 km)

Çizelge 3.3 Seçilen periyotlar için depremsel etkilenme alanına göre elde edilen spektral ivme değerleri

Spektral Periyotlar	Spektral İvme Değerleri											
	50 km			100 km			150 km			200 km		
	%2*	%10**	%50***	%2*	%10**	%50***	%2*	%10**	%50***	%2*	%10**	%50***
PGA	0.16880	0.06778	0.01122	0.22170	0.07820	0.01355	0.22300	0.07955	0.01482	0.22300	0.07983	0.01487
0.10	0.34530	0.13410	0.02314	0.40090	0.14850	0.02682	0.40250	0.15000	0.02858	0.40310	0.15070	0.02869
0.20	0.36390	0.14150	0.02350	0.43350	0.15970	0.02829	0.43610	0.16240	0.03100	0.43670	0.16310	0.03110
0.30	0.28960	0.11080	0.01670	0.35620	0.12620	0.02127	0.35950	0.12950	0.02404	0.35980	0.12990	0.02411
0.40	0.22660	0.08651	0.01284	0.28230	0.10020	0.01632	0.28570	0.10330	0.01885	0.28600	0.10360	0.01891
0.50	0.17660	0.06660	0.00835	0.21980	0.07689	0.01145	0.22280	0.08002	0.01360	0.22300	0.08028	0.01364
1.00	0.07335	0.02427	0.00183	0.08299	0.02763	0.00282	0.08479	0.02950	0.00376	0.08494	0.02958	0.00377
1.50	0.03838	0.01258	0.00073	0.04136	0.01413	0.00125	0.04260	0.01533	0.00169	0.04271	0.01538	0.00169
2.00	0.02342	0.00644	0.00034	0.02410	0.00751	0.00063	0.02476	0.00856	0.00100	0.02482	0.00860	0.00100
2.50	0.01561	0.00355	0.00018	0.01595	0.00407	0.00034	0.01655	0.00467	0.00053	0.01660	0.00468	0.00053
3.00	0.01134	0.00237	0.00012	0.01153	0.00268	0.00021	0.01194	0.00307	0.00033	0.01197	0.00308	0.00033

Çizelge 3.4 Deprem sel etkilenme alanındaki artışın spektral ivme değerlerine etkisi

Spektral Periyotlar	50-100 km arasındaki spektral ivme değışimleri			100-150 km arasındaki spektral ivme değışimleri			150-200 km arasındaki spektral ivme değışimleri		
	%2*	%10**	%50***	%2*	%10**	%50***	%2*	%10**	%50***
PGA	31.3	15.4	20.8	0.6	1.7	9.4	0.0	0.4	0.3
0.10	16.1	10.7	15.9	0.4	1.0	6.6	0.1	0.5	0.4
0.20	19.1	12.9	20.4	0.6	1.7	9.6	0.1	0.4	0.3
0.30	23.0	13.9	27.4	0.9	2.6	13.0	0.1	0.3	0.3
0.40	24.6	15.8	27.1	1.2	3.1	15.5	0.1	0.3	0.3
0.50	24.5	15.5	37.1	1.4	4.1	18.8	0.1	0.3	0.3
1.00	13.1	13.8	53.9	2.2	6.8	33.3	0.2	0.3	0.3
1.50	7.8	12.3	69.9	3.0	8.5	35.3	0.3	0.3	0.2
2.00	2.9	16.6	84.7	2.7	13.9	57.7	0.2	0.4	0.2
2.50	2.2	14.8	82.6	3.8	14.6	56.7	0.3	0.3	0.3
3.00	1.7	13.1	80.4	3.6	14.5	55.2	0.3	0.3	0.3

\* Yıllık aşılma olasılığı %2 olan deprem (Dönüşüm periyodu 2475 yıl)

\*\* Yıllık aşılma olasılığı %10 olan deprem (Dönüşüm periyodu 475 yıl)

\*\*\* Yıllık aşılma olasılığı %50 olan deprem (Dönüşüm periyodu 72 yıl)

## 4. SONUÇLAR

İzmir İli ve çevresinde deprem tehlikesinin araştırılması ve elde edilen sonuçlarla birlikte alınacak önlemlerin en iyi biçimde planlanması için farklı olasılıksal depremsel tehlike çözümleri yapılmış, çalışmada elde edilen deprem tehlike eğrileri karşılaştırılmıştır.

Aynı zamanda, İzmir ve çevresinin, olasılıksal depremsel tehlike değerlendirmesi yapılırken depremsel etkilenme alanının değişimi ve bu değişimin tehlike çözümlerindeki etkisi de incelenmiştir. Çalışmada İzmir ve çevresinin jeolojik, sismotektonik ve zemin özellikleri ayrıntılı olarak incelenmiş, olasılıksal depremsel tehlike değerlendirmesi adımlarına geçilmiştir. Bölgenin olasılıksal tehlike çözümleri EZ-FRISK yazılımı ile yapılmıştır. Bölgenin tarihsel dönem depremselliğinin araştırılması amacıyla güncel deprem kataloglarından yararlanılmıştır. Mevcut sismotektonik yapının anlaşılması ile çalışmada kullanılacak olan kaynak modellemeleri ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bölgede mevcut aletsel dönem kayıtlarının derlenmesi için nokta kaynak çözümleri ile Gutenberg-Richter yöntemi kullanılmıştır. Bölgedeki faylarla ilgili oluşturulan alan kaynak modelleri ile uygun yer hareketi tahmin ilişkileri seçilmiştir. Farklı uzaklıktaki deprem alanları için olasılıksal depremsel tehlike çözümleri yapılmış, elde edilen tehlike eğrileri karşılaştırılmıştır.

Elde edilen tablolara göre depremsel etkilenme alanı arttıkça spektral ivme değerlerindeki değişim azalmaktadır. Örneğin 2475 yıllık dönüşüm periyodu için 0.3 s'lik spektral periyoda karşılık gelen değer depremsel etkilenme alanı 50 km'den 100 km'ye çıkarıldığında %23 artarken 100 km'den 150 km'ye çıkarıldığında %9, 150 km'den 200 km'ye çıkarıldığında da %0.1 oranında artmaktadır. Yakın saha depremlerinde pik yer ivmesi ve spektral ivme değerleri özellikle %2 aşılma olasılığına sahip depremden oldukça çok etkilenmektedir. Yaklaşık 100 km'den sonrası için bölgeyi tehdit eden depremin spektral ivme değerleri farklı aşılma olasılıkları için çok değişmemektedir.

Sonuç olarak elde edilen spektral ivme değerlerinin DLH (2008)'nin bize önerdiği değerlerden küçük olduğu görülmektedir. Bunun nedenlerinin araştırılması ileriki çalışmalarda yapılabilir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- [1] İzmir Deprem Senaryosu ve Master Planı.
- [2] Polat, O., Çeken, U., Uran, T., Gok, E. Yilmaz, N., Beyhan, M., Koc, N., Arslan, B., Yilmaz, D., Utku, M., İzmirNet: A Strong-motion Network in Metropolitan İzmir, Western Anatolia, Turkey, *Seismological Research Letters* 80 (5), 831-838.
- [3] Fahjan, Y., Sismik Tehlike ve Risk Değerlendirmesi Ders Notları, GYTE, 2012.
- [4] Aktuğ, B., Kılıçoğlu, A., Recent Crustal Deformation of İzmir, Western Anatolia and Surrounding Regions as Deduced from Repeated GPS Measurements and Strain Field Geodesy Department, General Command of Mapping, *Journal of Geodynamics* 41, 471-484, 2006.
- [5] İzmir Yakın Çevresinin Diri Fayları Ve Deprem Potansiyelleri, MTA Rapor No: 10754, Jeoloji Etütleri Dairesi, 2005.
- [6] Sezer, L. İ., İzmir Sismotektonik Yöresinin Depremselliği (Seismicity in the İzmir Seismotectonic Region), *Ege Coğrafya Dergisi*, 13 İzmir, 2004.
- [7] Demircioğlu, M. B., Earthquake Hazard And Risk Assessment for Turkey, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy Graduate Program in Earthquake Engineering Boğazici University, 2010.
- [8] Yilmaz, N., Gok, E., Polat, O., Ege Açılma Rejiminin Deprem Tehlikesi, ATAG, Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı
- [9] Erdik, M., Şeşetyan, K., Demircioğlu, M. B., Durukal E., Ulaştırma Bakanlığı Demiryolları, Limanlar Ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları, Demiryolları Ve Hava Meydanları İnşaatları Deprem Teknik Yönetmeliği İçin Deprem Tehlikesi Belirlemesi, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü İstanbul, Mayıs 2006.
- [10] Secanell, R., Bertil, D., Martin, C., Goula, X., Susagna, T., Tapia, M., Dominique, P., Carbon, D., Fleta, J., Probabilistic Seismic Hazard Assessment of the Pyrenean Region, *J. Seismol* 12:323–341 DOI 10.1007/s10950-008-9094-2, 2008.

[11] Baker, J. W., An Introduction to Probabilistic Seismic Hazard Analysis (PSHA) Baker Version 1.3 October 1st, 2008.

[12] Seismic Hazard Analysis, FEMA

[13] Yunaççı, A. A., Çetin, K. K., Büyük Karaçay Barajı Ve HES için Olasılıksal Sismik Tehlike Analizi, 1. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu ve Sergisi, Mayıs 28-30, 2007.

[14] Yüçemen, M. S., Deprem Tehlikesinin Tahmininde Olasılıksal Yöntemler, 14. Bölüm, Binalar için Deprem Mühendisliği Temel İlkeleri, Bizim Büro Basımevi, Ankara, Mayıs 2008.

[15] Boore, D. M., Atkinson, G. M., Boore-Atkinson NGA Ground Motion Relations for the Geometric Mean Horizontal Component of Peak and Spectral Ground Motion Parameters, PEER 2007/01.

[16] Campbell, K. W., Bozorgnia, Y., Campbell-Bozorgnia NGA Ground Motion Relations for the Geometric Mean Horizontal Component of Peak and Spectral Ground Motion, PEER 2007/02.

[17] Chiou, B. S. J., Youngs, R. R., NGA Model for Average Horizontal Component of Peak Ground Motion and Response Spectra, PEER Report 2008/09.

[18] Deniz, A., Yüçemen, M. S., Magnitude Conversion Problem for the Turkish Earthquake Data, Nat Hazards 55:333–352 DOI 10.1007/s11069-010-9531-8, 2010.

[19] Kıyı ve Liman Yapıları, Demiryolları, Hava Meydanları İnşaatlarına İlişkin Deprem Teknik Yönetmeliği, 2008.

## ÖZGEÇMİŞ

Bihter KORKMAZ 1985 yılında İstanbul'da doğdu. 2003 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde öğrenime başladı ve buradan 2009 yılında mezun oldu. Aynı yılın Eylül döneminde Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Deprem ve Yapı Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı ve burada 2010 Ocak - 2012 Temmuz. tarihleri arasında araştırma görevlisi olarak çalıştı. Şu an özel bir mühendislik firmasında çalışma hayatına devam etmektedir.

## EK I

### Tarihsel Dönemde İzmir İli ve Çevresinde Hasar Yaratmış Depremler

Tarih	Yer	Şiddet (I <sub>0</sub> )	Gözlem
17	İzmir, Efes, Sart, Aydın, Manisa ve Alaşehir	X	Ön Asya'daki 12 önemli İyon şehri yıkılmıştır. Gediz ve Büyük Menderes nehirlerinin vadilerinde büyük tahribat yapmıştır. Ege Bölgesi'ndeki en büyük felaketlerden biridir.
178	İzmir	VIII	İzmir şehri harap olmuş, pek çok yangın çıkmış, zeminde çatlaklar açılmış ve küçük iç liman kapanmıştır. Şehrin tekrar inşası için 10 yıl süreyle vergilerden muaf tutulmuştur.
688	İzmir	IX	İzmir'de şiddetli ve yıkıcı bir depremdir. 20000 ölüden bahsedilir.
1039	İzmir	VIII	İzmir bu deprem dolayısıyla ağır hasar görmüş, en güzel binalar çökmüş ve birçok insan ölmüştür.
1056	İzmir	VIII	-
20 Mayıs 1654	İzmir	VIII	Deprem İzmir'de birçok kule ve caminin yıkılmasına, evlerin çökmesine ve can kaybına neden olmuştur.
10 Temmuz 1688	İzmir	X	İzmir'de özellikle şehrin aşağı kısmında (deniz kıyısı) yoğun hasar oluşmuş, kamu binalarının dörtte üçü yıkılmış ve 5000'den fazla insan ölmüştür. Zemin göçmeleri nedeni ile sahil hattı ve topografya değişmiştir.
Eylül-Ekim 1723	İzmir	VIII	İzmir'de yüze yakın ev yıkılmış, 500 insan ölmüştür.
24 Mart 1739	İzmir	VIII	-
4 Nisan 1739	İzmir Körfezi	IX	İzmir'deki tüm evlerin hasar gördüğü bildirilmiştir. Foça ve Sakız'da da hasar büyüktür.
3-5 Temmuz 1778	İzmir	IX	İzmir tamamıyla yıkılmış, 200'den fazla insan ölmüştür. Bazı yerlerde zemin göçmüştür.

## EK II

### Alelsel D6nemde İzmir İli ve çevresinde Hasar Yaratmış Depremler

Tarih	Koordinat	Yer	M	şiddet (I <sub>0</sub> )	G6zlem
19 Ocak 1909	38.66 N 26.94 E	Foça	5.8	IX	Gediz Deltası, G6zelhisar, Menemen ve Foça arasında meydana gelen bu depremde bin kadar ev hasar g6rm6řt6r.
31 Mart 1928	38.09 N 27.35 E	Tepek6y Torbalı	6.5	IX	İzmir'in g6neydoğusunda, Cuma Vadisi'nde, K6uk Menderes Ovası'nda, kuzeyde Gaziemir'den g6neyde Cellat'a binlerce ev harap olmuş, 30 kişi 6lm6řt6r.
22 Eyl6l 1939	39.05 N 26.93 E	Dikili	6.5	VIII	Bakırçay Vadisi'nde (Dikili, Çandarlı ve Bergama) hasara yol açmış, 2000 civarında ev yıkılmış, 68 kişi hayatını kaybetmiştir.
23 Temmuz 1949	38.55 N 26.27 E	Karaburun eşme	6.6	VIII	Sakız Adası'nda, Karaburun Yarımadası'nın doğu kısmında, Mordoğan ile yarımadaının kuzey burnu arasındaki k6ylerde ve eşme Yarımadası'ndaki k6ylerde 2000 civarında ev hasar g6rm6ř ve 10 kişi hayatını kaybetmiştir.
18 Mart 1953	40.00 N 27.50 E	Yenice G6nen	7.2	IX	Yenice ve G6nen'de ağır hasar vardır. 2000 civarında ev hasar g6rm6ř, 265 kişi hayatını kaybetmiştir. Deprem, Foça ve Karaburun'da VI, İzmir'de ise V ile VI şiddetinde algılanmıştır.
2 Mayıs 1953	38.60 N 26.60 E	Karaburun	5.6	VIII	Karaburun ve civarında 300 kadar ev hasar g6rm6řt6r.
16 Temmuz 1955	37.70 N 27.20 E	S6ke Balat	6.7	VIII	S6ke, Balat ve Sisam Adası'nda 500 kadar ev hasar g6rm6ř, 23 kişi hayatını kaybetmiştir.
19 Haziran 1966	38.51 N 27.21 E	Menemen	4.9	VI	Menemen'de 100 kadar evin duvarları çatlamıştır.
23 Mart 1969	39.10 N 28.50 E	Demirci	5.9	-	Demirci ve civarında 1000 kadar evde hasar meydana gelmiştir.
25 Mart 1969	39.20 N 28.40 E	Demirci	6.1	VIII	Demirci ve civarında 2000 kadar evde hasar meydana gelmiştir.
28 Mart 1969	38.45 N 28.50 E	Alaşehir	6.5	VIII	Gediz Vadisi'nde hasara neden olmuştur. Alaşehir'de 3700 ev yıkılmış, 41 kişi hayatını kaybetmiştir.
6 Nisan 1969	38.35 N 26.40 E	Karaburun	5.8	VII	Karaburun, Sakız Adası ve eşme'de 500 kadar ev hasar g6rm6řt6r.
23 Nisan 1970	39.13 N 28.65 E	Demirci	5.6	VII	Demirci'de 300 kadar ev hasar g6rm6řt6r.
1 şubat 1974	38.50 N 27.20 E	İzmir	5.5	VII	Alsancak, Konak ve Karşıyaka'da 47 yapıda ağır hasar meydana gelmiş, 2 kişi 6lm6ř ve 7 kişi yaralanmıştır.
9 Aralık 1977	38.56 N 27.47 E	İzmir	4.8	-	İzmir'de 10 kadar yapıda hasar vardır.
16 Aralık 1977	38.41 N 27.19 E	İzmir	5.5	VII	İzmir'de (Alsancak, Hatay, İkiçeşmelik, Karşıyaka, Bornova, G6ltepe, G6reşme ve Tepecik semtlerinde) 40 kadar ev hasar g6rm6ř, 20 kişi yaralanmıştır.
14 Haziran 1979	38.79 N 26.57 E	Karaburun	5.7	VII	Karaburun'da 2 ev yıkılmış, 1 kişi yaralanmıştır. Alsancak'ta bazı evlerde hasar meydana gelmiştir.
6 Kasım 1992	38.16 N 27.00 E	Doğanbey	6.0	VII	Doğanbey civarında 60 kadar yapıda ciddi hasar olmuş İzmir'de kuvvetli olarak hissedilmiştir.
28 Ocak 1994	38.69 N 27.49 E	Manisa	5.1	VII	Manisa ve civarında 60 kadar yapıda hasar vardır.
24 Mayıs 1994	38.66 N 26.59 E	Karaburun	5.4	VII	Karaburun ve civarında 10 kadar yapıda hasar vardır.