

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOFİZİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ÇANAKKALE VE ÇEVRESİNİN**  
**DEPREM RİSKİNİN İNCELENMESİ**

**Banu AKOL**

**Danışman:**

**Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER**

**Ocak, 2009**  
**ÇANAKKALE**

# **ÇANAKKALE VE ÇEVRESİNİN DEPREM RİSKİNİN İNCELENMESİ**

**Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Jeofizik Mühendisliği Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**Banu AKOL**

**Danışman:  
Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER**

**Ocak, 2009  
ÇANAKKALE**

## YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

**Banu Akol** tarafından **Yrd. Doç. Tolga Bekler** yönetiminde hazırlanan “**Çanakkale ve Çevresinin Deprem Riskinin İncelenmesi** ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER

---

Yönetici

Yrd. Doç. Dr. Emin U. ULUGERGERLİ

---

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Önder Ayyıldız

---

Jüri Üyesi

Sıra No: 419

Tez Savunma Tarihi: 21/01/2009

Prof. Dr. Neşet AYDIN

---

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

## TEŞEKKÜR

Çalışmam sırasında bilgi birikimini paylaşan, eleştiri ve önerileriyle bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Tolga BEKLER' e, hayatımın tüm alanlarında olduğu gibi, yüksek lisans eğitimim boyunca da bana destek olan aileme, sevgili eşime ve yaşamımın anlamı kızım G.Deniz'e çok teşekkür ederim.

Çalışmamda kullandığım deprem katalog bilgilerinin sağlanmasında, B.Ü Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü UDİM' ne ve katkılarından dolayı Jeofizik Y. Mühendisi Feyza Nur Bekler ve Dr. Doğan Kalafat' a teşekkürlerimi sunarım.

Katkılarından dolayı Öğr. Gör. Yunus L. Ekinci, Arş. Gör. Alper Demirci, Öğr. Gör. Ebru Şengül ve Yrd. Doç. Dr. Emin U. Uluggerli' ye teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER VE KISALTMALAR

M: Deprem büyüklüğü

$M_s$ : Yüzey dalgası büyüklüğü

$M_w$ : Moment büyüklüğü

N: Deprem sayısı

GB: Güneybatı

KD: Kuzeydoğu

K: Kuzey

D: Doğu

K-G: Kuzey-Güney

KAF: Kuzey Anadolu Fayı

KB: Kuzeybatı

BKB: Batı-Kuzeybatı

KKB: Kuzey-Kuzeybatı

KKD: Kuzey-Kuzeydoğu

DKD: Doğu-Kuzeybatı

D-B:Doğu-Batı

MTA: Maden Tetkik Arama

AİGM, DAD: Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi

UDİM: Ulusal Deprem İzleme Merkezi

MS: Milattan sonra

km: Kilometre

mm: Milimetre

$N_n$ : Verilen zaman aralığında meydana gelen deprem oluş sayısı (normal frekans).

$n(m)$ : Bir yıl içerisinde meydana gelen deprem sayısı.

$G(M)$ : Bir yıl içinde büyüklüğü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılması olasılığı.

$R_t$ : Büyüklüğü  $M$  olan bir depremin  $t$  yıl için olma riski.

$T_r$ : Tekrarlanma periyodu.

R: İlişki katsayısı.

## ÇANAKKALE VE ÇEVRESİNİN DEPREM RİSKİNİN İNCELENMESİ

### ÖZET

Çanakkale ili ve çevresi için yapılan deprem riskinin incelenmesi çalışmasında, inceleme bölgemizde meydana gelmiş depremlerin episantr dağılımları ve faylanmalar dikkate alınarak 4 sismik alt bölge oluşturulmuştur. 1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan deprem verileri kullanılarak,  $\log N = a - bM$  bağıntısından a ve b katsayıları hesaplanmıştır. Depremlerinin gelecekte olma olasılıkları ve tekrarlanma periyodları Poisson ve Gumbel uç değerler istatistiksel dağılım modelleriyle elde edilmiştir. Büyük ve yıkıcı depremlerin oluşabileceği bölgelerin belirlenmesi için a, b ve a/b değerlerinin dağılım haritaları oluşturulmuştur. Çanakkale merkez ve yakın çevresinde düşük a/b değerleri elde edilmiştir. Bu bölgede b değerleri 1.0 ile 1.15 arasında değişmektedir. Dolayısıyla deprem oluşma riskinin en fazla olduğu bölge Gelibolu-Tekirdağ-Batı Marmara Denizi içine alan kesimdir. Bu alanda, 100 yıl içinde büyüklüğü 7.3 olan bir depremin oluşma riski Poisson dağılımına göre %46 iken, Gumbel dağılımına göre ise %71'dir. Ortalama 0-20 km arası derinliklerde b değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu derinlikler enerjinin boşaldığı alanları işaret etmektedir. Bu derinliklerin oluşturduğu bölgeyi sismojenik kesim (zon) olarak değerlendirebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** Çanakkale, deprem riski, Poisson dağılımı, Gumbel dağılımı.

# EARTHQUAKE RISK ASSESSMENT OF ÇANAKKALE AND ITS VICINITY

## ABSTRACT

Probabilistic earthquake risk analysis is carried out for four sub-regions associated with the earthquake epicentr distribution and surface fault segments covering Çanakkale and its vicinity.  $a$  and  $b$  coefficients are calculated using  $\log N = a - bM$  relationship. Earthquake occurrence intervals and recurrence periods have been estimated by using statistical distribution models that Poisson and Gumbel Extreme Values. Distribution maps of  $a$ ,  $b$  and  $a/b$  values have been estimated for destructive earthquakes those might be occur in the study area. In general,  $a/b$  has relatively lower values and  $b$  values are in the range of 1.0 and 1.15. These results give a clue for earthquake occurrence risk in the region which covers Gelibolu-Tekirdağ-Batı Marmara Sea. The earthquake occurrence risk is estimated as %46 from Poisson distribution and %71 from Gumbel distribution in the period of 100 years. High  $b$  values have been calculated at 0 – 20 km depths, which might be explained by energy released zones. Those depths may also been specified as seismogenic zone.

**Keywords:** Çanakkale, earthquake risk, Poisson distribution, Gumbel distribution.

# İÇERİK

## Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi

## BÖLÜM 1.

Giriş.....	1
1. Çalışma Alanının Tanımı.....	4
1.1. Çalışma Alanının Tektonik Özellikleri.....	5
1.2. Genelleştirilmiş Tektonik ve Jeolojik Pencere.....	6
1.3. Genelleştirilmiş Jeoloji.....	7
1.4. Bölgenin Depremselliği .....	8
1.4.1. Biga Yarımadası.....	10
1.4.2. Ganos – Saroz Bölgesi.....	12
1.4.3. Tarihsel Depremler.....	13

## BÖLÜM 2.

2. Materyal ve Yöntemler.....	18
2.1. Gutenberg - Richter Bağıntısı.....	18
2.2. Poisson Dağılımı.....	20
2.3. Gumbel Uç Değerler Dağılımı.....	23
2.4. İlişki Katsayısı.....	25

## BÖLÜM 3.

3. Veri Analizi.....	26
3.1. Poisson Dağılımıyla Risk Analizi.....	27



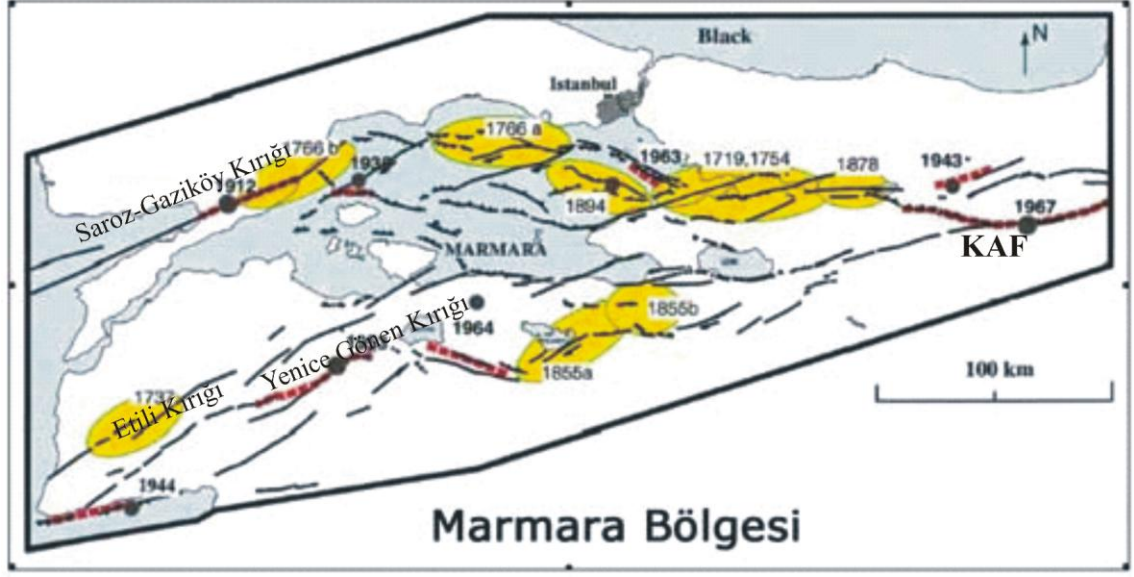
3.1.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D).....	28
3.1.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D).....	33
3.1.3. Alan 2 (39.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D).....	37
3.1.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D).....	42
3.1.5. Alan4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D).....	47
3.2. Gumbel Dağılımıyla Risk Analizi.....	51
3.2.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D).....	51
3.2.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D).....	56
3.2.3. Alan 2 (39.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D).....	61
3.2.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D).....	66
3.2.5. Alan 4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D).....	70
3.3. b Değerinin Derinlikle Değişimi.....	74
3.2.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D).....	75
3.2.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D).....	78
3.2.3. Alan 2 (39.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D).....	81
3.2.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D).....	84
3.2.5. Alan 4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D).....	87
3.4. b Tektonik Parametresinin Dağılım Haritası.....	90
3.5. a Değerinin Dağılımı Haritası.....	92
3.6. a/b Değerinin Dağılımı Haritası.....	93
<b>BÖLÜM4. SONUÇ VE TARTIŞMA.....</b>	<b>95</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>98</b>
<b>Tablolar.....</b>	<b>I</b>
<b>Şekiller.....</b>	<b>IV</b>
<b>Yaşam Öyküsü.....</b>	<b>VII</b>

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Günümüzde, depremlerin gelecekte hangi büyüklükte, nerede ve ne zaman olabileceklerinin sayısal olarak kestirimi hala belirsizlik taşımaktadır. Bu nedenle deprem risk çalışmaları önem kazanmaktadır. Özellikle yüksek sismik hareketlilik sunan bölgelerde depremlerin tekrarlanma periyodlarının ve tekrar oluşma risklerinin hesaplanması, bunlardan elde edilen sonuçların da mühendislik çalışmalarda kullanılması faydalar sağlamaktadır.

Kuzey Anadolu Kırığı, deprem üretkenliği açısından dünyanın bilinen en önemli kırıklarından birisini oluşturur. Karlıova ile Sapanca arasında gerek etkin tektonizması ve gerekse de sismisitesi bir bölge olarak devamlılık gösteren Kuzey Anadolu Kırığı, Marmara Denizi ve çevresinde Mudurnu Vadisi civarında üç kola ayrılmaktadır. Kuzey kol; Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayıp, İzmit Körfezi güneyinden geçerek, Marmara Denizi içerisinden Saroz Körfezi'ne, oradan da Kuzey Ege'ye uzanır (Şengör ve diğ., 1985; Barka ve Kadinsky- Cade, 1988; Barka, 1992; Armijo ve diğ., 1999; Herece ve Akay, 2003; Yılmaz ve Koral, 2007). Orta kol; Sapanca Gölü güneydoğusundan başlayarak Geyve, Pamukova, İzmit Gölü güneyini takip ederek Marmara Denizi güney kıyı şeridinden Kapıdağ Yarımadası'na kadar uzanır (Koçyiğit, 1988; Barka, 1997; Yılmaz ve Koral, 2007). Güney kol; orta koldan Pamukova yakınlarında ayrılır ve Yenişehir, Bursa, Ulubat, Manyas, Gönen, Yenice üzerinden GB-KD yönünde Edremit Körfezi' ne doğru uzanır (Herece, 1990; Yalıtırak, 2002; Yılmaz ve Koral, 2007).



Şekil 1. Marmara Denizi çevresinde Kuzey Anadolu Kırığı'nın başlıca kolları ve bu kollar üzerinde gerçekleşmiş tarihi depremler (Barka, 1997'den değiştirilerek).

Çanakkale il sınırını da içine alan Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy Kırığı, Etili Kırığı, Çan-Biga Kırık kuşağı, Sarıköy Kırığı ve Yenice – Gönen Kırığı meydana getirdikleri depremler nedeni ile diri oldukları bilinen kırık bölgeleridir. Saroz-Gaziköy Kırığı kuzeydoğu-güneybatı gidişli olup yaklaşık 60 kilometre uzunluğundadır. Sağ yanal doğrultu atımlı olan bu kırık 1912 tarihinde 7.3 büyüklüğünde Şarköy depremine neden olmuştur. Bu depremde hayatını kaybeden kişi sayısı 216' dır (Özmen ve diğ., 1997). 1935 tarihinde 6.3 büyüklüğünde depremin yaşandığı Çan-Biga Kırık kuşağı, kuzeydoğu-güneybatı yönelimli birçok kırık parçasından oluşmaktadır. Yaklaşık 15 kilometrelik bölümü Çanakkale il sınırları içinde bulunan Sarıköy Kırığı hattı 60 kilometre uzunluğa sahiptir. Tarihte 1953 Yenice-Gönen Depremi olarak bilinen 7.2 büyüklüğünde bir depreme neden olan Yenice- Gönen kırığı nın yüzeyde izlenebilen uzunluğu yaklaşık 50 kilometre (Herece, 1990) civarındadır. Bu depremde 265 kişi yaşamını kaybetmiştir (Özmen ve diğ., 1997).

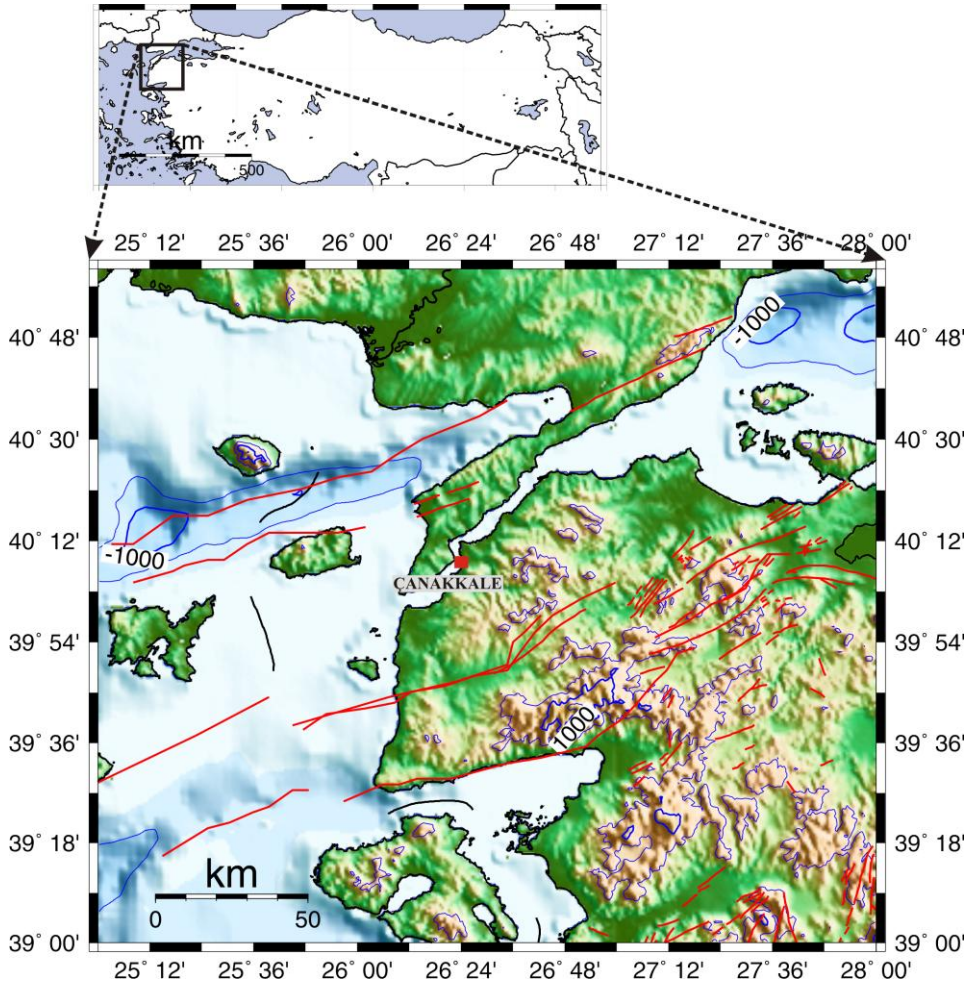
Deprem üretkenliği açısından ülkemiz için büyük önem taşıyan KAF ve kolları üzerinde deprem riskinin araştırıldığı çalışmalar yapılmaktadır. Öztürk ve diğerleri 2008' deki çalışmalarında, Gumbel dağılımı kullanarak, Türkiye ve çevresinde oluşturdukları bölgeler için deprem risklerini hesaplamışlardır. 100 yıl içerisinde, büyüklüğü 7.0 olan bir depremin oluşma riskini, Marmara Bölgesi' nde KAF' nın kuzey ve orta kollarını kapsayan bölge için % 84.4, güney kolun yer aldığı bölge için de % 93 olarak elde etmişlerdir. Tekrarlanma periyotlarını da sırasıyla 112 yıl ve 65 yıl olarak hesaplamışlardır.

Marmara Bölgesi'nin depremselliğinin incelendiği, Sayıl ve Osmanşahin (2005)' in çalışmasında Tekirdağ Bölgesi (Saroz- Gaziköy Kırığı) için  $a= 3.38$ ,  $b= 0.47$ ; Saroz Bölgesi (Saroz Körfezi) için  $a=3.66$ ,  $b= 0.52$ ; Bandırma Bölgesi (Çan- Biga Kırık Kuşağı, Sarıköy Kırığı ve Yenice- Gönen Kırığı) için  $a= 4.05$ ,  $b= 0.56$  hesaplanmıştır. Poisson dağılımı uygulanarak, 100 yıl içerisinde büyüklüğü  $M_s \geq 7$  bir depremin olma olasılıkları Tekirdağ Bölgesi için % 60.3, Saroz Bölgesi için %50.9, Bandırma Bölgesi için ise %57.3 bulunmuştur.

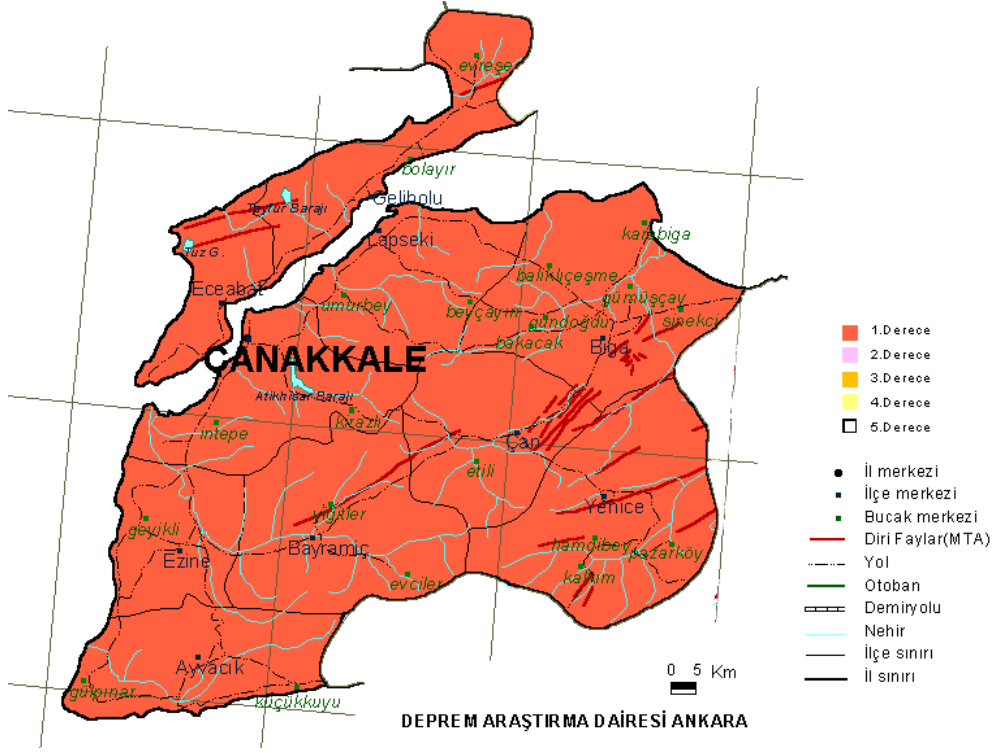
Son yıllarda yapılan başka bir çalışma da 2005 yılında, Bayrak ve diğerlerinin Türkiye' nin farklı bölgeleri için  $a$ ,  $b$  ve  $a/b$  değerlerinin hesaplandığı çalışmadır. Bu çalışmada Marmara Denizi ve çevresi için  $a$  değeri 5.55,  $b$  değeri 0.71 ve  $a/b$  değeri ise 7.82 olarak hesaplanmıştır.

## 1. Çalışma Alanının Tanımı

39° –40° K enlemleri ve 25° –28° D boylamları, Çanakkale ili ve çevresi için çalışma alanının sınırlarını oluşturmaktadır (Şekil 2). Kuzeybatı Anadolu’ nun bir parçasını oluşturan çalışma alanımız, Türkiye deprem bölgeleri haritasında (AİGM, DAD) 1. derece deprem bölgesi olarak gösterilmektedir (Şekil 3).



Şekil 2. Çalışma alanının haritası (Kırmızı çizgiler kırıkları göstermektedir. Şaroğlu ve diğ., 1992 ve Barka, 1997’ den derlenmiştir.).



Şekil 3. Çanakkale deprem bölgesi haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, <http://www.deprem.gov.tr/linkhart/htm>).

Günümüzde etkinliğini sürdüren Saros-Gaziköy Kırığı, Etili Kırığı, Çan-Biga Kırık Kuşağı, Sarıköy Kırığı ve Yenice-Gönen Kırığı Çanakkale ili sınırları içerisinde yer alan kırıklardır.

### 1.1. Çalışma Alanının Tektonik Özellikleri

Neotektonik dönem başlangıcından itibaren, Anadolu bloğunun batı-güneybatı yönündeki rotasyonel kaçış hareketinin Helen yayı tarafından karşılanması ile Batı Anadolu'da etkinleşen K-G yönlü gerilmeye bağlı olarak; hem Batı Anadolu Gerilme Rejiminin hem de Kuzey Anadolu Kırığı batı uzantılarının etkisiyle deforme olmaktadır (Şengör, 1979), (Şekil 4).

Ege gerilme rejimi, Kuzey Anadolu Kırığı'nın etkisi altındaki Biga Yarımadası ve kuzeyindeki alanlarda, Ege grabenlerinden daha karmaşık bir yapı sistemi oluşturmaktadır. KAF'nın sağ yanal atımlı hareketi ile Batı Anadolu gerilme sisteminin düşey atım egemen hareketlerinin bileşkesi içinde karmaşık yapı unsurları gelişmiştir (Yılmaz, 2000).



Şekil 4. Türkiye'nin başlıca neotektonik unsurları (Okay ve diğ., 1999).

## 1.2. Genelleştirilmiş Tektonik ve Jeolojik Pencere

Ege'nin batı kesiminde faylanmalar, gerilme tabiatında olup, normal faylar KB ve BKB doğrultusunda uzanmaktadır. Kayma vektörleri ise KKB ve KKD yönlüdür. Orta ve doğu Ege'nin kuzey kesimlerinde, sağ yanal bileşenleri olan verrev atımlı faylar

egemendir (Taymaz ve diğ., 1991). Bu kırıklar KD ve DKD uzanımlı olup, kayma vektörleri KD uzanımlıdır. Batı Anadolu'nun, KAF etkisindeki kuzey kesiminde, az çok birbirine paralel bir çok yanal atımlı fay vardır (Barka ve Kadinske-Cade, 1988). Aynı bölgede deniz jeolojisi, sismik ve batimetrik verilerle belirlenen bir çok etkin normal fay da vardır (Lalechos ve Savoyat, 1979; Brooks ve Ferentinos, 1980; Lyberis, 1984). Yunan anakarasının KB'sı ile Arnavutluk, bu sağ yönlü makaslama dönerik karşılayamadığı için, bu makaslama D-B bir kısalmaya neden olmaktadır. Arnavutluk-KB Yunanistan ile Apulya-Adriyatik platformunun çarpışmasının batıda neden olduğu kabuksal kısalma ve kalınlaşma, bu bölgenin rotasyonuna direnerek mani olmaktadır. Bu nedenle bölge D-B kısalmaya uğramaktadır. Bu kısalma sonucunda Ege Bölgesi güney yönünde, Ege Denizi' nin üzerine doğru kolaylıkla kayabildiği için, Ege'de K-G gerilmeye neden olmaktadır (Dewey ve Şengör, 1979; Taymaz ve diğ., 1991).

### **1.3. Genelleştirilmiş Jeoloji**

Biga Yarımadası'nın temelini Paleozoyik veya muhtemelen daha yaşlı metamorfik kayalar oluşturur (Kazdağ grubu ve Çamlıca metamorfikleri). Kazdağ grubu, Edremit körfezi kuzeyindeki yükselimi oluşturan Kazdağ masifinde yüzeyler. Kazdağ Masifi, 55 km uzunluğunda, 15 km genişliğinde, KD gidişli yapısal bir yükselimi olup metamorfik kayalardan oluşur. Kazdağ metamorfik topluluğu, paleontolojik ve stratigrafik yaş verilerine göre Paleozoyik – Triyas yaşlıdır (Bingöl ve diğ., 1973, Gözler, 1986; Okay ve diğ., 1986; Okay ve Satır, 2000). Kazdağ metamorfikleri; birkaç farklı seviyeden oluşmaktadır. Bu seviyeler alttan üste doğru;

- 1- Gnays - Mikaşist ve amfibolit birimi
- 2- Metamorfize olmuş ofiyolit birimi
- 3- Metamorfik volkano-sedimanter birlik

Metamorfik kayaç toplulukları üzerinde tektonik bir dokanakla, etkin kıta kenarı çökelleri ile temsil edilen değişik tektonastratigrafik birimlerden oluşan Triyas yaşlı



Karakaya Kompleksi bulunmaktadır. Karakaya kompleksini oluşturan çeşitli, muhtemel eş yaşlı formasyonların birbirleri ile olan ilişkileri açık değildir.

#### 1.4. Bölgenin Depremselliği

Kuzey Anadolu Kırık Kuşağı, Karlıova- Saroz Körfezi arasında yer alıp, yaklaşık 1200 km. uzunluğundadır. Akyazı yakın doğusundan itibaren iki kola, Marmara Bölgesi'nde ise birkaç kola ayrılarak Ege Denizi'ne ulaşır. Çanakkale il sınırları içerisinde yer alan bölge Ketin ve Roesli, 1953; MC Kenzie, 1972; Bingöl, 1976; Ergül ve diğ.,1980; Şentürk ve Karaköse, 1987 tarafından çalışılmıştır. Son olarak "Türkiye'nin Diri Fayları ve Depremselliği" adlı proje kapsamında KAF kuşağı, dolayısı ile çalışma alanı Şaroğlu ve diğ.(1987) tarafından haritalanmış ve 1/1.000.000 ölçeğinde, MTA genel müdürlüğü tarafından basılmıştır (Şaroğlu ve diğ., 1992). Haritada görüldüğü üzere (Şekil 5), Çanakkale il sınırları içerisinde Saros-Gaziköy Kırığı, Etili Kırığı, Çan-Biga Kırık kuşağı, Sarıköy Kırığı ve Yenice-Gönen Kırığı yer almaktadır. Bu kırıkların etkinliği tarihsel depremler ve aletsel verilerle kanıtlanmıştır.



Şekil 5. Kuzeybatı Anadolu'nun diri fay haritası (Şaroğlu ve diğ., 1992).

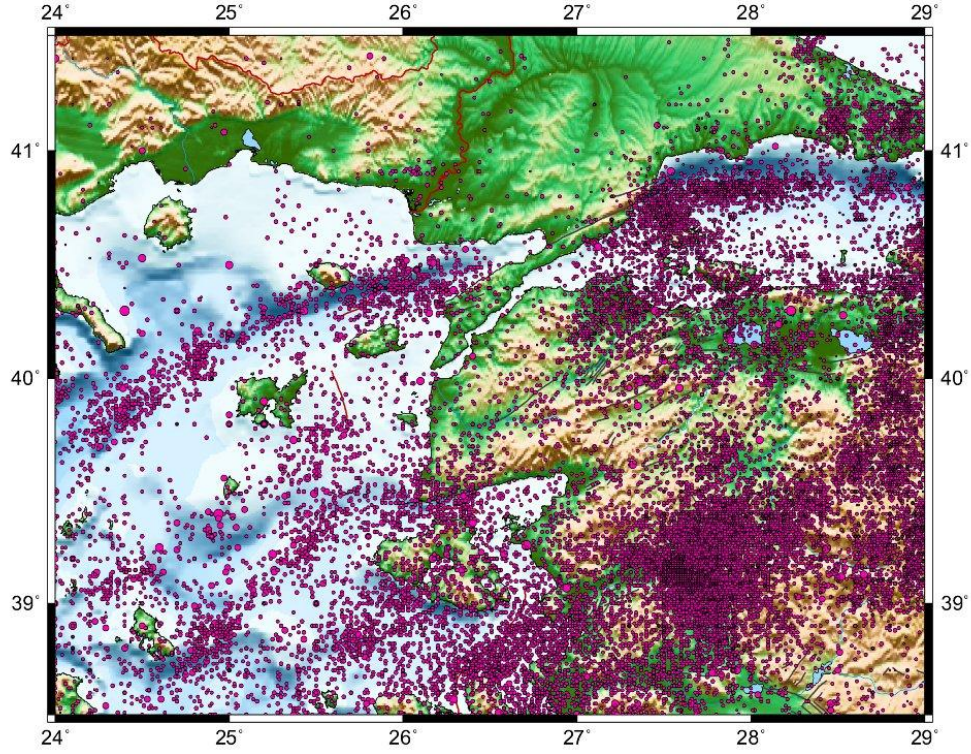
Marmara Bölgesi' ndeki etkin tektonik yapı ele alındığında, genel olarak yanatımlı fayların hakim olduğu görülmektedir. Aktif fay haritasında (MTA, 1992) gözlemlenen yüzey kırıklarının uzunluğu dikkate alınarak  $M_w=5.16+1.12\text{Log}L$  (Wells ve Coppersmith, 1994) ifadesi bize bu kırıkların üretebileceği maksimum büyüklükler konusunda bilgi vermektedir (Tablo1).

Tablo 1. Kırık kuşakları ve üretebilecekleri maksimum moment büyüklükleri

<b>Kırık Kuşağı</b>	<b>Başlangıç Koordinatı</b>	<b>Bitiş Koordinatı</b>	<b>Kırık Uzunluğu*</b>	<b><math>M_w</math></b>
<b>Etili Kırığı</b>	26.52 <sup>0</sup> D 39.80 <sup>0</sup> K	26.88 <sup>0</sup> D 40.00 <sup>0</sup> K	44 km	7.0
<b>Saroz-Gaziköy Kırığı</b>	26.80 <sup>0</sup> D 40.58 <sup>0</sup> K	27.34 <sup>0</sup> D 40.76 <sup>0</sup> K	64 km	7.2
<b>Yenice-Gönen Kırığı</b>	27.11 <sup>0</sup> D 39.87 <sup>0</sup> K	27.57 <sup>0</sup> D 40.06 <sup>0</sup> K	55 km	7.1
Sarıköy Kırığı	27.20 <sup>0</sup> D 40.05 <sup>0</sup> K	27.65 <sup>0</sup> D 40.21 <sup>0</sup> K	53 km	7.1

\*MTA aktif fay haritasından ölçeklendirilmiştir.

Bölgede sismik aktivitenin yoğun olduğu aletsel verilerle de kanıtlanmıştır. 1990-2006 yılları arasında meydana gelmiş,  $M \geq 3.0$  olan depremlerin episantır dağılımları Şekil 6’ da verilmiştir.



Şekil 6. Batı Marmara Bölgesinde 1990-2006.02 arası  $M \geq 3.0$  olan depremlerin episantır dağılımları (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Arş. Enstitüsü, UDİM deprem kataloğu).

#### 1.4.1. Biga Yarımadası

Biga Yarımadası’nda birbirine paralel, birkaç KD-GB yönelimli doğrultu atımlı fay vardır. Bayramiç-Ezine ve Yenice havzaları arasındaki bölge morfolojik olarak yükselmiştir. Biga Yarımadası’nda orta kol Sarıköy, Çan, Bayramiç ve Ezine’den

geçerken, kuzey kol Gönen, Yenice ve Edremit Körfezi' nden geçerek Ege'ye devam etmektedir. Ezine ve Ege Denizi arasında kalan bölge etkin kırıklar incelenmemiştir. Son çalışmalar kırıkların devamını göstermemiştir. Kırığın güneybatıdan uzağa devam edip etmediği aydınlığa kavuşturulmamıştır. Ancak 1968' de, Ege Denizi' nde büyüklüğü 7.2 olan deprem bu kolun Ege Denizi' e doğru devam ettiğine işaret edebilir. Tarihsel depremlerle ilişkili olduğu kadar, 155, 543 ve 1737 depremleri ve birkaç orta büyüklükteki aktiviteler bu kolla ilişkilendirilebilir. Bununla beraber, şimdiki yüzyıl boyunca bu kol sismik olarak suskundur (Schindler ve diğ., 1997).

Yenice-Gönen kırığı kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayrılır. Kuzey kol morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri ile bindirme bileşenli sağ yanal atımlı bir faydır. Güney kol ise morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri ile normal bileşenli sağ yanal atımlı bir faydır. Yenice-Gönen kırık kuşağı inceleme alanında sıkışma bölgesi olan Gönen havzası içerisinde yer alır. Yenice-Gönen kırık kuşağının uzandığı güney kol ise Manyas-Karacabey havzası içerisinde yer alır (Selim ve diğ., 2005) .

1953' deki Yenice-Gönen depreminde kuzey kol boyunca KD-GB gidişli doğrultu atımlı kırılma kuşağı 3,5 m maksimum sağ-yanal hareket meydana gelmiştir. 1953 Yenice-Gönen depreminin fay düzlemi çözümü sağ yanal atımlı olarak verilirken (McKenzie, 1972), 1969 Gönen depremi fay düzlemi çözümü bindirme bileşenlidir (Taymaz vd., 1991). 1969 Gönen depreminin (M=5.7) baskın itme bileşenine sahip olması Biga Yarımadası' nın bindirme bileşeniyle yükseldiğini göstermektedir (Taymaz ve diğ., 1991). 1983 Biga depremi (M=6.1) bindirme ve normal faylanma arasında çelişkili çözüme sahiptir (Taymaz ve diğ., 1991).

#### 1.4.2. Ganos – Saroz Bölgesi

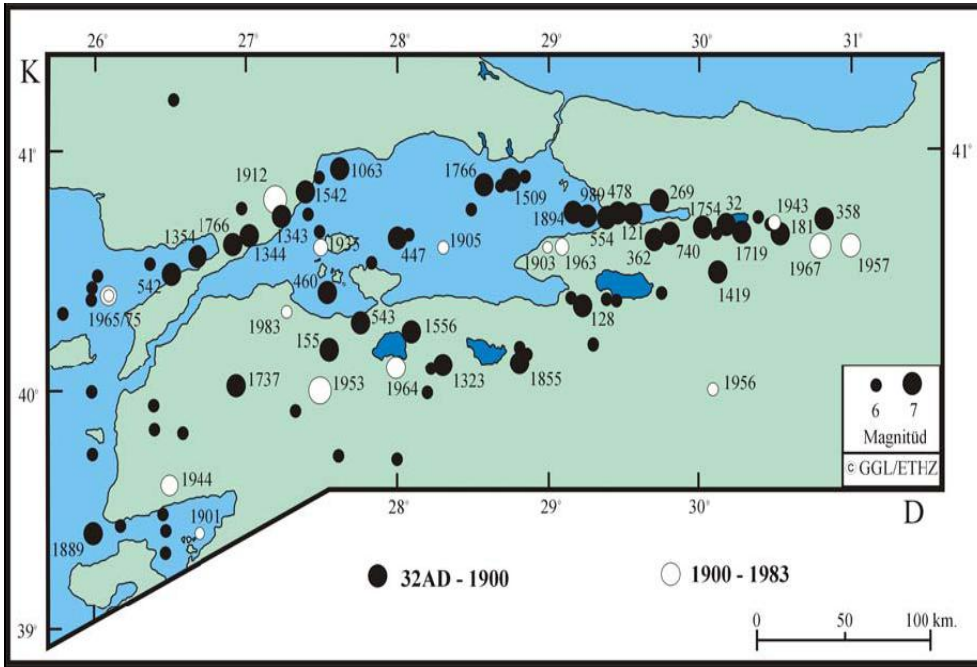
Kuzeybatı Marmara Denizi' nde, kuzeyden gelen kol Saroz Körfezi' nden, Gaziköy' e kadar uzanır ve yaklaşık 100 km' dir. Bu uzantı Marmara çek-ayır havzalarını, Saroz havzasına bağlar. Bu alandaki jeolojik çalışmalar açığa çıkarmıştır ki, güneyden gelen blok üzerindeki geç miyosen birimleri kıvrılmış ve kuzeyden gelen kolun ( hem Şarköy hem de Gelibolu Yarımadası' nda) ana izine paralel bazı ters faylanmalar göstermemiştir (Saner 1985, Önal 1986, Sümengen ve diğ. 1987, Yaltırak 1995). Yükselmiş kıyı şeridi Gaziköy- Gelibolu Yarımadası boyunca var olmaktadır (English 1904, Erol 1992, Sakınç ve Yaltırak 1995a, b). 1912 Mürefte depremi bu kısım boyunca olmuş ve sağ-yanal yüzey kırıklarını meydana getirmiştir.

Özellikle Ganos Dağı bölgesi çalışması çok önemlidir. Kırığın bu bölümü kuzey kol boyunca oluşan Marmara Denizi sırtları ile benzerlik gösterdiği için etkin kırık morfolojisinin yapısının ve KD-GB yönelimli sırtların doğrultu atımlı fayların deprem aktivitelerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır (Schindler ve diğ., 1997).

Şekil 6'da Marmara denizi içinden de geçen yanal atımlı faya bağlı Ganos kırığı uzantısınca Tekirdağ açıklarında geniş bir alana yayıldığı ve Gelibolu Yarımadası' nında bir sismik boşluk (Karabulut ve diğ., 2006) oluşturarak Saros Körfezi'nde de bu kümülatif enerjinin sürekliliği sözkonusudur.

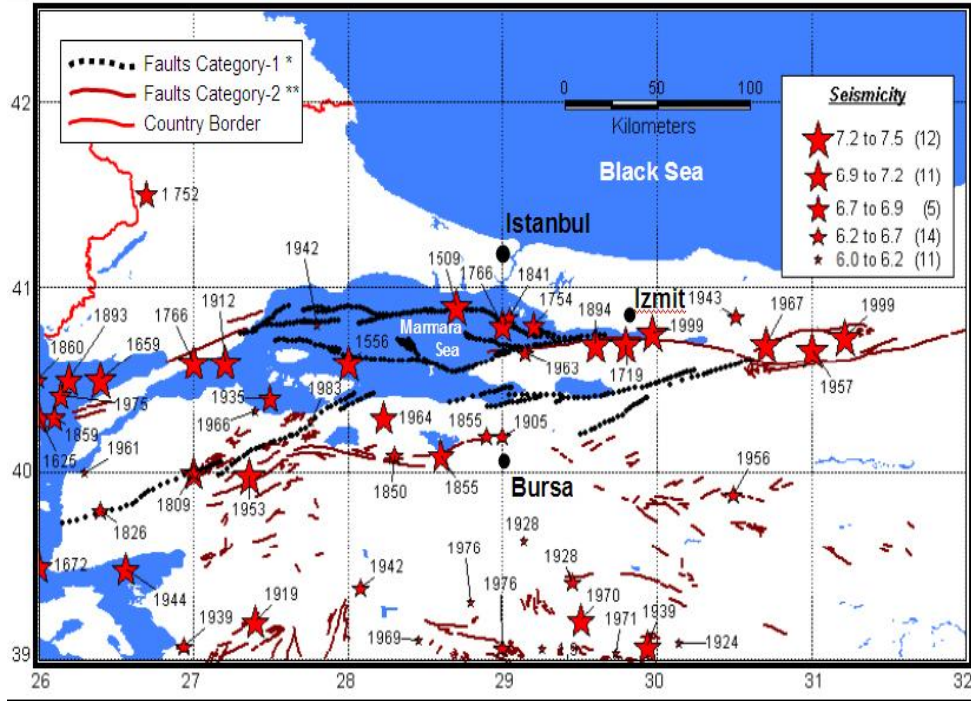
### 1.4.3. Tarihsel Depremler

Tarihsel kayıtlar Marmara Denizi ve çevresinde büyük ve yıkıcı depremlerin olduğunu göstermektedir. Şekil 7 görülen MS. 32-1899 yılları arasında meydana gelmiş tarihsel depremlerden; MS. 33, 170, 543, 1851a, 1851b, 1855a ve 1855b depremleri bölgede bilinen ve tarihsel kayıtlara geçmiş en önemli hasar yapıcı depremlerdir (Selim ve diğ., 2005).



Şekil 7. MS. 32- 1983 yılları arasındaki  $M \geq 6.0$  deprem aktivitesi (Ambraseys ve Finkel, 1991' e göre Selim ve diğ., 2005 ).

Kalkan ve diğ. (2008)' nin çalışmasından alınan, Marmara Denizi ve çevresinde MS. 1509-1999 yılları arasında, büyüklüğü  $M \geq 6.0$  olan depremlerin dağılımı Şekil 8 ve Tablo 2' de görülmektedir.



Şekil 8. MS. 1509-1999 yılları arasında,  $M \geq 6.0$  deprem aktivitesi (Kalkan ve diğ., 2008).

Tablo 2. Marmara Denizi ve çevresindeki  $M \geq 6.0$  olan 1509 ve 1999 yılları arasındaki depremler (Kalkan ve diğ., 2008)

No	Tarih	Enlem	Boylam	Derinlik	$M_w$	Yüzey Kırığı Uzunluğu (km) *	Kaynak**
1	10.09.1509	40.900	28.700	-	6.7	24	1
2	10.05.1556	40.600	28.000	-	6.7	24	2
3	18.05.1625	40.300	26.000	-	7.1	54	2
4	17.02.1659	40.500	26.400	-	7.2	66	2
5	14.02.1672	39.500	26.000	-	7.0	44	2

---

6	25.05.1719	40.700	29.800	-	6.8	29	2
7	06.03.1737	40.000	27.000	-	6.6	19	2
8	29.07.1752	41.500	26.700	-	6.8	29	2
9	02.09.1754	40.800	29.200	-	6.5	15	2
10	22.05.1766	40.800	29.000	-	6.6	21	2
11	05.08.1766	40.600	27.000	-	6.8	29	2
12	08.02.1826	39.800	26.400	-	6.2	8	1
13	06.10.1841	40.850	29.050	-	6.1	7	1
14	19.04.1850	40.100	28.300	-	6.1	7	1
15	28.02.1855	40.100	28.600	-	6.6	21	2
16	11.04.1855	40.200	28.900	-	6.2	9	1
17	21.08.1859	40.300	26.100	-	6.5	15	2
18	22.08.1860	40.500	26.000	-	6.1	7	1
19	09.02.1893	40.500	26.200	-	6.5	17	2
20	10.07.1894	40.700	29.600	-	6.8	26	2
21	15.04.1905	40.200	29.000	-	6.6	19	6
22	10.08.1912	40.600	27.200	16	7.4	100	6
23	18.11.1919	39.200	27.400	-	7.0	44	3
24	20.11.1924	39.080	30.140	-	6.0	6	4
25	02.05.1928	39.410	29.450	-	6.2	8	4
26	03.05.1928	39.640	29.140	10	6.1	7	6
27	04.01.1935	40.400	27.490	30	6.7	24	6

---



---

28	22.09.1939	39.070	29.940	10	7.1	54	6
29	19.10.1939	39.070	26.940	10	6.6	19	6
30	16.06.1942	40.800	27.800	20	6.0	6	6
31	15.11.1942	39.380	28.080	-	6.2	8	4
32	20.06.1943	40.850	30.510	10	6.6	19	6
33	25.06.1944	39.050	29.260	-	6.1	7	3
34	06.10.1944	39.480	26.560	40	7.0	44	6
35	18.03.1953	39.990	27.360	10	7.5	123	6
36	20.02.1956	39.890	30.490	40	6.4	13	6
37	25.05.1957	40.670	31.000	10	7.2	66	6
38	28.01.1961	40.000	26.300	120	6.0	6	6
39	18.09.1963	40.650	29.150	-	6.4	13	4
40	06.10.1964	40.300	28.230	34	6.9	36	3
41	21.08.1966	40.330	27.400	12	6.0	6	6
42	22.07.1967	40.700	30.700	-	7.2	66	1
43	25.03.1969	39.100	28.450	-	6.1	7	4
44	28.03.1970	39.210	29.510	18	7.1	54	3
45	25.05.1971	39.027	29.737	24	6.1	7	5
46	27.03.1975	40.418	26.139	5	6.7	24	5
47	25.08.1976	39.300	28.800	33	6.0	6	6
48	06.09.1976	39.060	29.000	11	6.6	19	6
49	05.07.1983	40.280	27.760	-	6.1	7	1

---

---

50	17.081999	40.760	29.970	18	7.4	100	7
51	12.11.1999	40.760	31.210	25	7.2	66	7

---

**Açıklamalar:** Depremlerin moment büyüklükleri ( $M_w$ ) ampirik formüllerle elde edilmiştir.

\* Wells ve Coopersmith (1994) bağıntısından hesaplanmıştır.

\*\* Kaynaklar: [1] Ambraseys and Jackson (2000); [2] Ambraseys (2002); [3] Papazachos and Papazachou (1997); [4] Ambraseys and Moinfar (1988); [5] CNSS Catalogue U.S. Council of National Seismic System; [6] KOERI; [7] Gulkan and Kalkan (2002).

## BÖLÜM 2

### 2. Materyal ve Yöntemler

Çalışmada kullanılan deprem katalog bilgisi Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Ulusal Deprem İzleme Merkezi'nden temin edilmiş olup 1903-2006 yılları arasını kapsamaktadır.

Veri analizlerinde Gutenberg-Richter bağıntısından yola çıkılarak ( $\log N = a - bM$ ), Doğrusal regresyon analizi ile a ve b katsayıları hesaplanmıştır. Deprem riskinin araştırıldığı çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Poisson modeli her durumda diğer modellere nazaran daha emniyetli tarafta (konservatif) deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır (Jordanovski ve Todorovska, 1995'e göre Erdik ve diğ., 2003). Gumbel dağılımı, deprem analizinde kullanılan verilerin eksik olması durumunda da kullanılabilir (Bağcı, 2000). Bu iki istatistiksel dağılım kullanılarak bölgenin deprem riski incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

#### 2.1. Gutenberg - Richter Bağıntısı

Deprem oluş sayısı ile büyüklük arasındaki ilişkiyi gösteren temel bağıntı  $\log N = a - bM$ , Gutenberg-Richter (1944) bağıntısıdır.

Burada N; birikimli (kümülatif) deprem oluş sayısı, M; büyüklük, a ve b regresyon katsayılarıdır. a katsayısı incelenen bölgenin genişliğine, gözlem periyoduna ve bölgenin deprem üretkenliğine bağlı olarak değişmektedir. b katsayısı ise, bölgenin tektonik özelliklerine göre değişim göstermektedir.

Mori ve Abercrombie (1997) farklı tektonik bölgelerde bulunan b değerleri arasında önemli değişimler olduğunu belirtmiştir. Frohlich ve Davis (1993) yaptıkları çalışmalarında, büyük ölçekli çalışmalarda b değerleri arasında çok küçük değişimlerin

olduğunu ortaya koymuştur. Miyamura (1962), b parametresinin sismotektonik kuşak ve jeolojik yaşla ilişkili olduğunu ileri sürmüştür. Mogi (1967) laboratuvar çalışmasında b değerinin materyalin mekanik yapısına ve gerilme şartlarına bağlı olduğunu göstermiştir. Scholz (1968) çalışmasında, b katsayısının kayaç tipi, gerilme durumu ve kayacın duktilite artışı ile ilişkili olduğunu, gerilme artışının b değerinde düşüşe yol açtığını ileri sürmüştür. Diğer bir deyişle b değeri bölgenin tektonik karakteristiğini belirleyen bir parametre olarak kabul edilmiştir ( Allen ve diğ., 1965; Hatzidimitriou ve diğ., 1985; Wang, 1988; Tsapanos, 1990; Olsson, 1999; Manakou ve Tsapanos, 2000' a göre Kalyoncuoğlu ve diğ., 2006).

"b" değeri ile ilgili oldukça geniş bir literatür bulunmaktadır. Everden (1970) b değer aralığını 0.8-1.2 olarak vermiştir. Bath (1983) İsveç depremleri için b değerini 0.84 olarak bulmuştur. Turcotte (1986) b değerini  $0.5 \leq b \leq 1.5$  olarak vermiştir. Shi ve Bolt (1982) merkezi Kaliforniya depremleri için ortalama b değerini 0.95 olarak sunmuştur. Wang (1994) 1966-1969 yılları arasında Çin depremleri için 51 bölgede yalnız bir b değerinin 1.5'dan büyük olduğunu belirtmiştir. Pacheco ve diğ. (1992) küçük ve çok büyük depremlerden hesaplanan b değerlerinin birbirinden farklı olduğunu söylemişlerdir (Kalyoncuoğlu ve diğ., 2006).

Benzer çalışmalar a ve b değeri için tektonik rejimin yüksek olduğu, dünyadaki belli başlı etkin kırıkları içeren sismik bölgeler için yapılmış olup, genelde b değeri tektonizmanın türüne ve deprem sayısına da bağlı olarak 0.55- 1.19 arasında hesaplanmıştır (Bayrak ve diğ., 2002).

Weeks ve diğ. (1978), kayaçlar üzerinde yaptıkları deneyler sonucu, b değerinin depremden önce azaldığını göstermişlerdir. b değeri sismik etkinliğin bir göstergesi olup bölgeden bölgeye değişmektedir. Karnik (1969), bu değişimi örneklemiştir. Normal olarak küçük bir b değeri yüksek bir gerilme düşümü ile, büyük bir b değeri ise düşük bir gerilme düşümü ile ilgilidir (Sayıl ve Osmaşahin, 2005).

Kalyoncuoğlu ve diğ. (2006)' ya g3re, "b" parametresinin değerinin b3y3k olmasının orta ve b3y3k magnit3d3l3 depremlerin sıklığının az olduğu, buna karşılık "b" parametre değerinin k333k olmasının şiddetli depremlerin sıklığının fazla olduğunu g3stermektedir.

Son yıllarda yapılan 3alışmalar, tek başına a ve b parametrelerine karşın a/b değerinin sismisiteyi daha iyi yansıtıtığını ortaya koymuştur (Yılmaz ve diğ., 1999, Bayrak ve diğ., 2002, Bayrak ve diğ., 2005, Bayrak ve diğ., 2008). a/b değerlerinin y3ksek olduğu b3lgelerde b3y3k ve yıkıcı depremlerin olduğu g3zlemlenmektedir. Bu b3lgelerde aynı zamanda d3ř3k b değerleri g3r3lmektedir (Bayrak ve diğ., 2005).

Yapılan t3m bu 3alışmalar b değerinin d3ř3k olduğu b3lgelerde enerjinin biriktiğini, gerilmenin artmasıyla bu b3lgelerde b3y3k depremlerin oluşabileceğini g3stermektedir.

## **2.2. Poisson Dağılımı**

Depremlerin zamansal oluşumları en 3ok Poisson modeli ile tanımlanmaktadır. Poisson modeli, Poisson s3recini takip eden olayların olasılıklarını değerlendirmede 3nemli bir 3er3eve oluşturmaktadır. Poisson s3reci, verilen bir zaman aralığında ya da belirli bir b3lge i3inde belirli bir olayın oluşum sayısını tanımlayan rastgele değişkenin değerini veren bir s3re3tir. Poisson s3re3lerinin 3zellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir (Kramer 1996):

1. Bir zaman aralığındaki oluşumların sayısı, diğer herhangi bir zaman aralığında oluşan sayıdan bağımsızdır.

2. 3ok kısa bir zaman aralığında oluşma olasılığı, zaman aralığının uzunluğu ile doğru orantılıdır.

3. Çok kısa bir zaman aralığında birden fazla olayın oluşma olasılığı gözardı edilebilir.

Bu özellikler Poisson sürecinin rastgele olduğunu gösterir ve önceki olayın zamanı, boyutu veya yeri konusunda bağımsızdır.

Poisson Dağılıma göre bir sonraki depremin oluşması için geçen bekleme zamanın dağılımı, bir önceki depremin oluşundan itibaren geçen zamandan etkilenmez ve istatistik veriler Poisson modelinin orta ve büyük depremler için geçerli olduğunu göstermektedir (Gençoğlu, 1972, Tabban ve Gençoğlu, 1975). Bu dağılımda, iki sismik olayın (depremin) aynı yer ve zamanda oluşma ihtimali sıfıra yaklaşır (Kayabalı, 1995). Poisson dağılımı şu şekilde ifade edilir:

$$P(N_t = n) = \left\{ \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^n}{n!} \right\}$$

Bu denklemde;

$P_n(t)$ ; t sürede n tane olay (deprem) olma olasılığı

n; olay sayısı

$\lambda$ ; incelenen bölgede, birim zaman süresinde (genellikle bir yıl) olan deprem sayısıdır.

Deprem olma olasılığını hesaplarken, bir yıldaki M ve M' den büyük deprem sayısı  $n(M), (\lambda)$  ; deprem tehlikesi parametreleri  $a', a_1, a_1'$  ; tekrarlanma periyodu  $T_r$ ; bir yıl için risk  $R_1$ ; t yıl için ise risk  $R_t$  olmak üzere:

$$a' = a - \log(b \ln 10)$$

$$a_1 = a - \log T$$

$$a_1' = a' - \log T$$

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

$$T_r = 1 / N(M)$$

$$R_1 = 1 - e^{-N(M)}$$

$$R_t = 1 - e^{-tN(M)}$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Yukarıdaki bağıntıların elde edilmesinde aşağıdaki basamaklardan geçilmiştir (Alptekin, 1978):

**1.** Yığımsal (kümülatif) frekans  $N(M)$ , normal frekans  $N_n(M)$  olmak üzere;

$$\text{Log}N(M) = a' - bM$$

şeklinde yazılabilir.

Yığımsal frekans ile normal frekans arasındaki integral bağıntısı;

$$N = \int_M^{\infty} 10^{a-bM} dM$$

$$N(M) = 10^{a-bM/b \ln 10}$$

şeklinde yazılabilir.

**2.** Her iki tarafın logaritmasının alınması ile

$$\text{Log}N(M) = a - bM - \text{Log}(b \ln 10) = a' - bM$$

bulunur.

$$a = \text{Log}N(M) + \text{Log}(b \ln 10) + bM$$

$$a' = a - \text{Log}(b \ln 10)$$

elde edilir.

**3.** Büyüklük – frekans bağıntısı

$$N(M) = 10^{a-bM}$$

şeklinde yazılabilir. Eşitliğin her iki tarafının inceleme zaman periyodu T' ye bölünmesiyle;

$$\frac{N(M)}{T} = \frac{10^{a-bM}}{T}$$

elde edilir. Her iki tarafın logaritmasının alınarak;

$$\text{Log} \left[ \frac{N(M)}{T} \right] = a - bM - \text{Log} T$$

$$n(M \geq M_1) = 10^{a-bM-\text{Log} T}$$

bulunur. Bu denklemde

$$a_1 = a - \text{Log} T \text{ veya } a'_1 = a' - \text{Log} T \text{ yazılmasıyla}$$

$$n(M) = 10^{a'_1 - bM} \text{ elde edilir.}$$

Bu bağıntılar yardımıyla verilen bir zamanda büyüklükleri verilen bir  $M_1$  değerinden büyük veya ona eşit depremlerin yıllık ortalama sayısı  $n(M \geq M_1)$  hesaplanabilir (Tuksal, 1976). Herhangi bir bölgede, t yıllık bir gözlem aralığı için verilen herhangi bir M büyüklüğündeki depremin t yıl içinde oluşma riski (Gencoğlu, 1972; Tabban ve Gencoğlu, 1975' göre Sayıl ve Osmanşahin, 2005);

$$R_t = 1 - e^{-tN(M)}, \text{ dır.}$$

Tekrarlanma periyodu ise

$$T_r = 1 / N(M) \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

### 2.3. Gumbel Uç Değerler Dağılımı

Gumbel uç değerler dağılımında, yıllık en büyük deprem büyüklükleri kullanılarak, depremlerin olma olasılıkları ve geri dönüş periyodları hesaplanılmaktadır. Gumbel (1958) tarafından bulunan uç değerler teorisinin avantajı, deprem oluşumlarının istatistiksel analizinde verilerin eksik olması durumunda da kullanılabilmesidir. Genelde, Gumbel teorisi, daha önceden belirlenen aralıklarda, en büyük deprem



büyüklik değerleri kullanılarak deprem verilerinin sıralamasında kullanılmaktadır (Bağcı, 2000). Şu şekilde ifade edilmektedir:

$$G(M) = \exp(-\alpha e^{-\beta M}), \text{ (Gumbel, 1958).}$$

Burada M; deprem büyüklüğünü, G(M); bir yıl içinde büyüklüğü M' den büyük olan depremlerin aşılma olasılığını gösterirken,  $\alpha$  ve  $\beta$  bu ifadedeki regresyon katsayıları olup,  $\log N = a - bM$ , Gutenberg-Richter bağıntısındaki a ve b ile ilişkili olarak;

$$\alpha = 10^a$$

$$\beta = b \ln(10) \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Bir yıldaki M ve M' den büyük deprem sayısı N(M) ; geri dönüşüm periyodu  $T_r$ ; bir yıl için risk  $R_1$ ; t yıl için ise risk  $R_t$  olmak üzere:

$$N(M) = \alpha e^{-\beta M} = -\ln G(M)$$

$$T_r = 1 / N(M)$$

$$R_1 = 1 - e^{-N(M)}$$

$$R_t = 1 - e^{-tN(M)}, \text{ dır (Tezcan, 1996).}$$

## 2.4. İlişki Katsayısı

İki veya daha çok değişken arasında ilişki olup olmadığını; varsa yönünü ve gücünü gösteren çok yaygın bir istatistik analiz tekniği, ilişki analizidir (Ergün, 1995).

Değişkenler arasında ilişkinin varlığı ve derecesi ilişki katsayısı (R) ile gösterilir. İlişki katsayısı 1 ile -1 arasında değişir (Tablo 3).

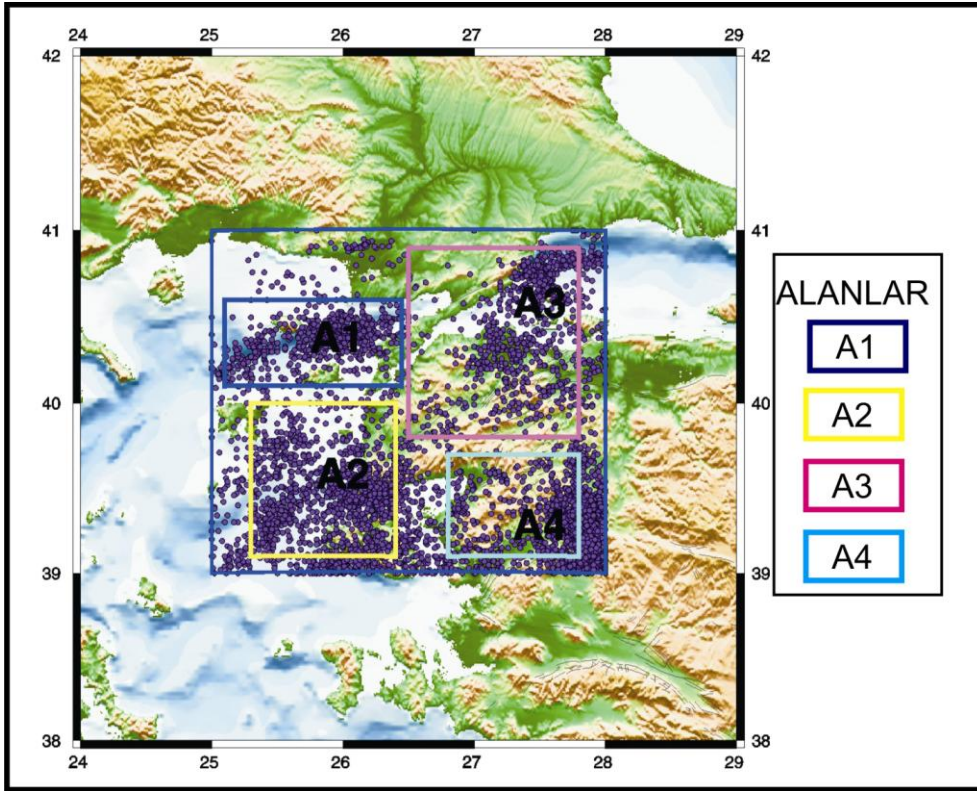
Tablo 3. İlişki katsayısına (R) göre değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvet derecesi (Beyaz, 2004)

<b>İlişki katsayısı (R)</b>	<b>Değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvet derecesi</b>
-1,000 – (-0,850)	Çok kuvvetli ters yönlü ilişki
-0,849 – (-0,600)	Kuvvetli ters yönlü ilişki
-0,599 – (-0,450)	Zayıf ters yönlü ilişki
-0,449 – (-0,300)	Çok zayıf ters yönlü ilişki
-0,299 - 0,300	İlişki yok
0,301 - 0,450	Çok zayıf aynı yönlü ilişki
0,451 - 0,600	Zayıf aynı yönlü ilişki
0,601 - 0,850	Kuvvetli aynı yönlü ilişki
0,851 - 1,000	Çok kuvvetli aynı yönlü ilişki

## BÖLÜM 3

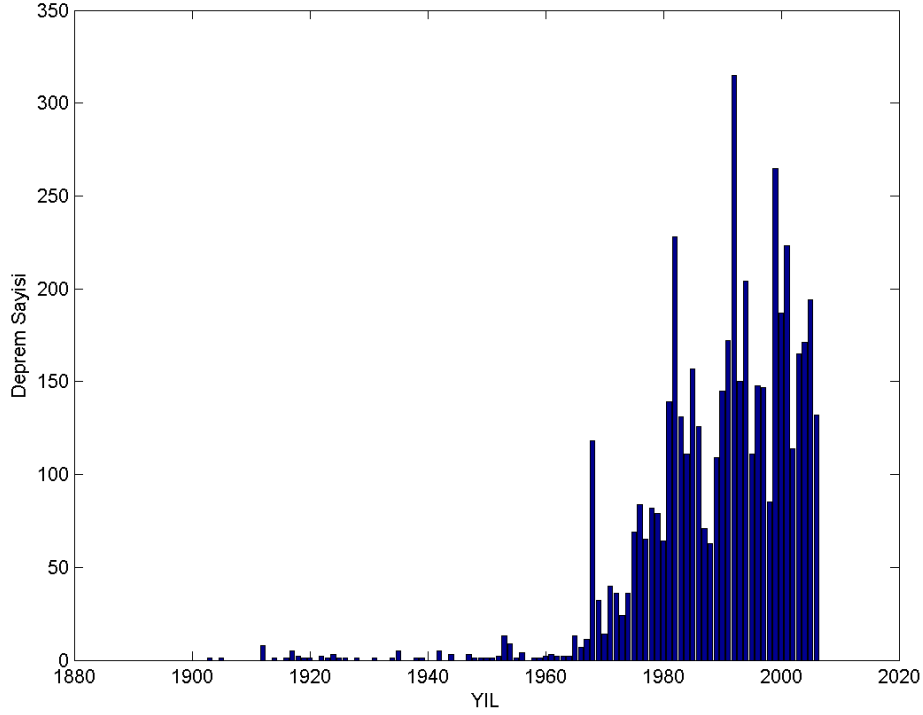
### 3. Veri Analizi

39° –40° K enlemleri ve 25° –28° D boylamları Çanakkale ili ve çevresi için çalışma alanımızın sınırlarını oluşturmaktadır. Bu çalışmaya konu olan alanlarda meydana gelmiş depremlerin episantr dağılımları ve faylanmalar dikkate alınarak 4 sismik alt bölge oluşturulmuştur. 1903- 2006 yılları arasında çalışma alanında meydana gelmiş büyüklüğü  $M \geq 3$  olan 4933 adet depremin dağılımları ve seçilen sismik alt bölgeler Şekil 9’ da verilmiştir.



Şekil 9. Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan depremlerin uzaysal dağılımları ve sismik alt bölgeler.

Çalışma alanımızda meydana gelen depremlerin yıllara göre dağılımı Şekil 10’ daki histogramda verilmiştir. Deprem sayısının en fazla olduğu yıl 1992’ dir (315 adet deprem).



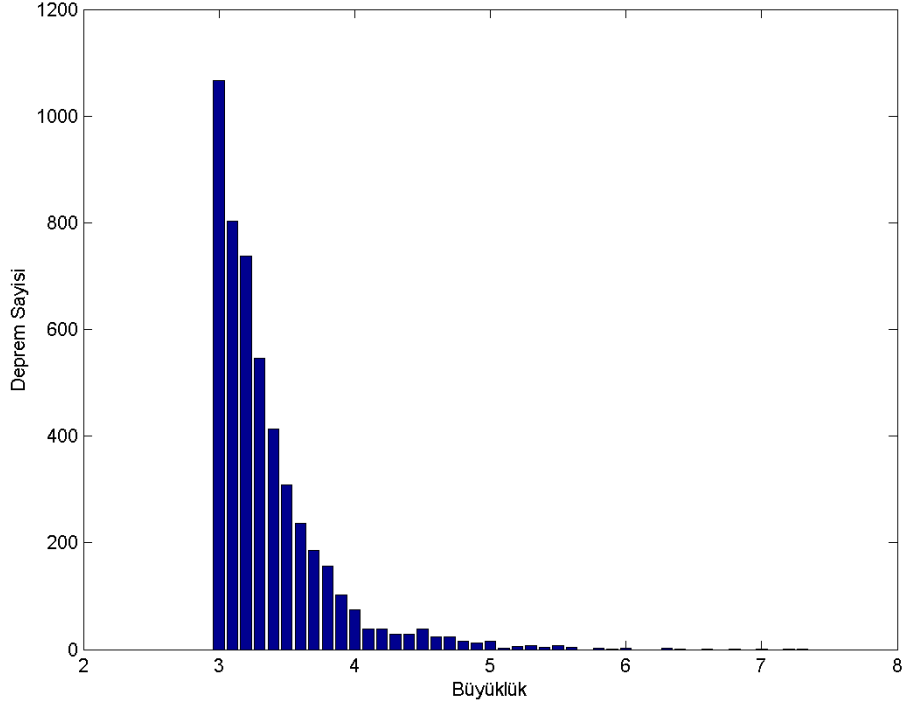
Şekil 10. Çalışma alanında 1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan depremler için deprem sayısı- yıl histogramı.

### 3.1. Poisson Dağılımıyla Risk Analizi

Çalışma alanı ve seçilen 4 sismik bölge için,  $M \geq 3$  ve  $dM=0.1$  aralıklarla olmak üzere, doğrusal regresyon analizi ile a ve b deprem parametreleri, R (ilişki katsayısı) hesaplanıp ilgili bağıntılar kullanılarak Poisson dağılımı uygulanmış ve 1, 10, 30, 50, 75, 100 yıllık riskler ( $R_t$ ) ile tekrarlanma periyodları ( $T_r$ ) hesaplanmıştır.

### 3.1.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D)

Çalışma alanımız 39°-40° K enlemleri, 25°-28° D boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede oluşmuş deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları Şekil 11’ de verilmiştir.



Şekil 11. Çalışma alanı için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı.

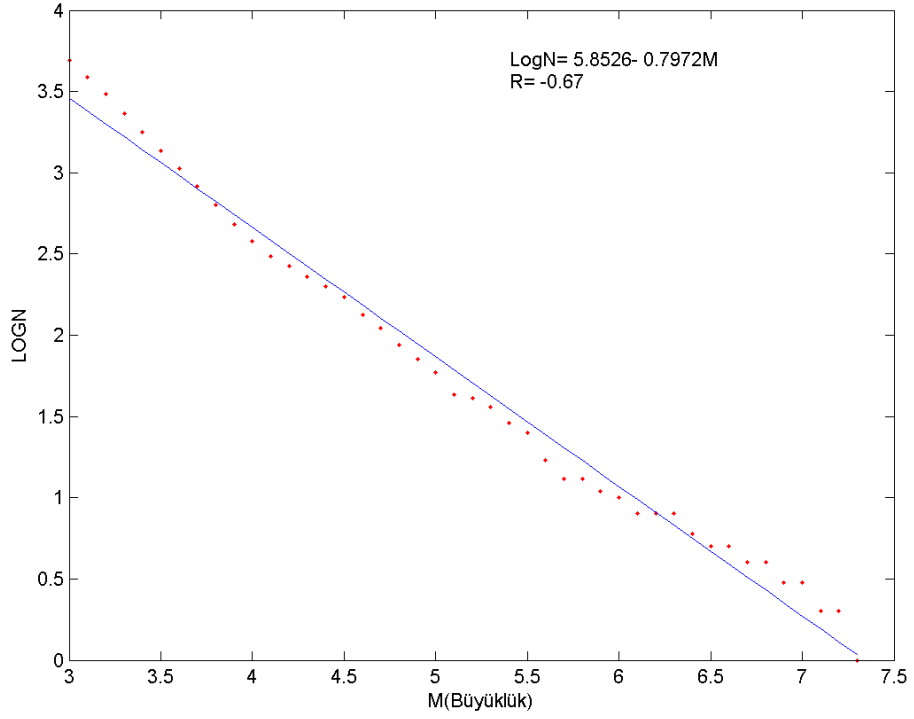
Şekil 11’ e bakıldığında çalışma alanında meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğünün 7.3 olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında meydana gelen depremler  $M \geq 3$  olmak üzere 0.1 birim büyüklük aralığı ile sınıflandırılıp, bu deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları (( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans) ve  $\text{Log}N$ ’ ler Tablo 4’ de verilmiştir.

Tablo 4. Çalışma alanı için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim büyüklük aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans)

<b>M</b>	<b><math>N_n</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>	<b>M</b>	<b><math>N_n</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>
3.0	1066	4933	3.70	5.2	0	41	1.61
3.1	803	3867	3.58	5.3	7	36	1.55
3.2	737	3064	3.48	5.4	0	29	1.46
3.3	546	2327	3.36	5.5	8	25	1.34
3.4	413	1781	3.25	5.6	4	17	1.23
3.5	308	1368	3.13	5.7	0	13	1.11
3.6	236	1060	3.02	5.8	2	13	1.11
3.7	186	824	2.91	5.9	1	11	1.04
3.8	156	638	2.80	6.0	2	10	1
3.9	102	482	2.68	6.1	0	8	0.90
4.0	75	380	2.58	6.2	0	8	0.90
4.1	39	305	2.48	6.3	2	8	0.90
4.2	38	266	2.42	6.4	0	6	0.78
4.3	29	228	2.35	6.5	0	5	0.70
4.4	28	199	2.29	6.6	1	5	0.70
4.5	38	171	2.23	6.7	0	4	0.60
4.6	23	133	2.12	6.8	1	4	0.60
4.7	23	110	2.04	6.9	0	3	0.47
4.8	16	87	1.94	7.0	1	3	0.47
4.9	12	71	1.85	7.1	0	2	0.30
5.0	16	59	1.77	7.2	1	2	0.30
5.1	2	43	1.63	7.3	1	1	0

Tablo 4’ de verilen M ve N değerleri kullanılarak, doğrusal regresyon analizi ile LogN- M grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten  $a= 5.8526$  ve  $b= 0.7972$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 12).



Şekil 12. Büyüklük- frekans ilişkisi (Çalışma Alanı).

Tablo 5. Deprem tehlikesi parametreleri (Çalışma Alanı)

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a'</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>1</sub>'</b>	<b>a/b</b>
5.8526	0.7972	5.5883	3.8392	3.5755	7.3414

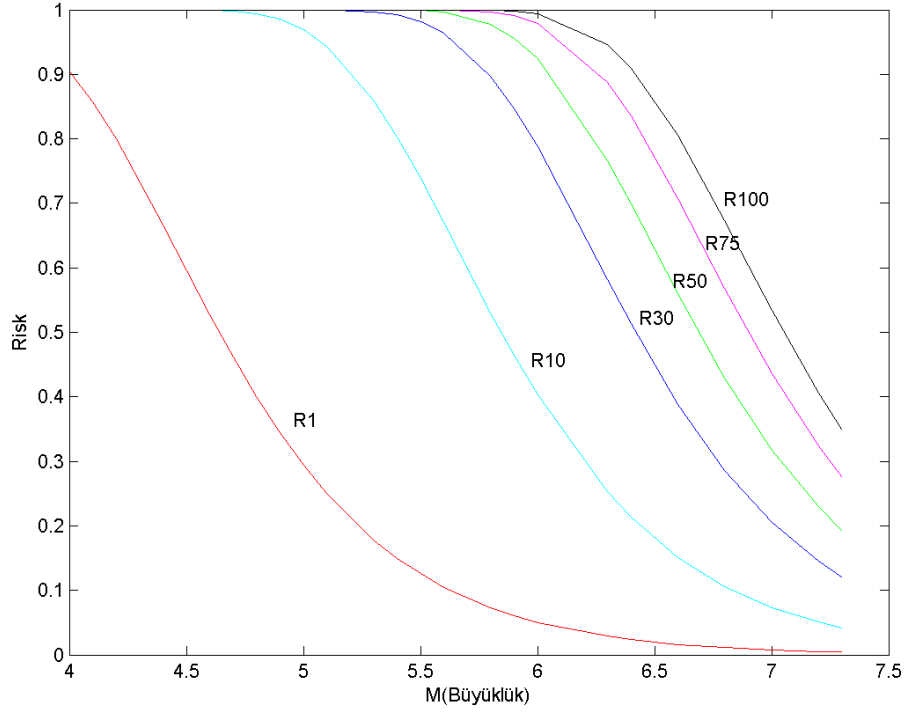
Çalışma alanın için elde edilen risk değerleri ve tekrarlanma periyodları Tablo 6, Şekil 13 ve Şekil 14' de verilmiştir.

Tablo 6. Çalışma alanı için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_i$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

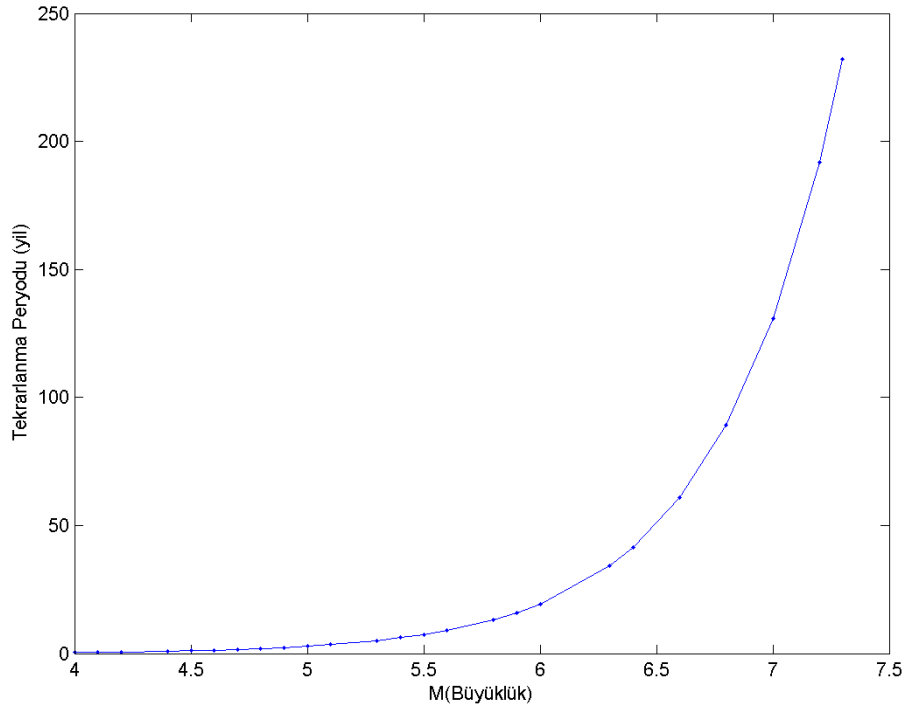
<b>M</b>	<b>n(m)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T<sub>r</sub></b>
4	2.4406	0.91	1	1	1	1	1	0.41
4.1	2.0314	0.86	1	1	1	1	1	0.49
4.2	1.6908	0.81	1	1	1	1	1	0.59
4.4	1.1714	0.69	0.99	1	1	1	1	0.85
4.5	0.9749	0.62	0.99	1	1	1	1	1.02
4.6	0.8115	0.55	0.99	1	1	1	1	1.23
4.7	0.6754	0.49	0.99	1	1	1	1	1.48
4.8	0.5622	0.43	0.99	1	1	1	1	1.77
4.9	0.4679	0.37	0.99	1	1	1	1	2.13
5.0	0.3894	0.32	0.97	0.99	1	1	1	2.56
5.1	0.3241	0.27	0.96	0.99	1	1	1	3.08
5.3	0.2245	0.20	0.89	0.99	0.99	1	1	4.45
5.4	0.1869	0.17	0.84	0.99	0.99	1	1	5.34
5.5	0.1555	0.14	0.78	0.99	0.99	0.99	1	6.42
5.6	0.1295	0.12	0.72	0.97	0.99	0.99	1	7.72
5.8	0.0897	0.08	0.59	0.93	0.98	0.99	0.99	11.14
5.9	0.0746	0.07	0.52	0.89	0.97	0.99	0.99	13.39
6.0	0.0621	0.06	0.46	0.84	0.95	0.99	0.99	16.08
6.3	0.0358	0.03	0.30	0.65	0.83	0.93	0.97	27.9
6.4	0.0298	0.03	0.25	0.59	0.77	0.89	0.94	33.52
6.6	0.0206	0.02	0.18	0.46	0.64	0.78	0.87	48.38
6.8	0.0143	0.01	0.13	0.34	0.51	0.65	0.76	69.84
7.0	0.0099	0.009	0.09	0.25	0.39	0.52	0.62	100.8
7.2	0.0068	0.006	0.06	0.18	0.29	0.40	0.49	145.5
7.3	0.0057	0.005	0.05	0.15	0.25	0.34	0.43	174.8

Çalışma alanında 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 38, tekrarlanma periyodu ise 2.56 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 62, tekrarlanma periyodu ise 100.8 yıl olarak elde edilmiştir (Şekil 13 ve 14).





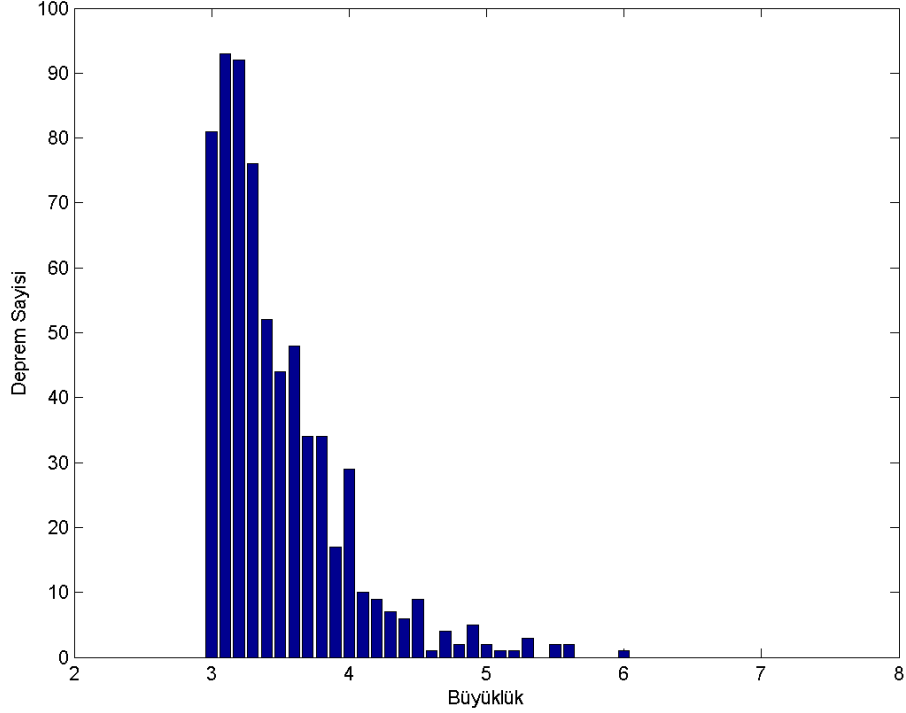
Şekil 13. Çalışma alanı için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 14. Çalışma alanı için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.1.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D)

Alan 1, 40.1°-40.6° K enlemleri, 25.1°-26.45° D boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede oluşmuş deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları Şekil 15’ de verilmiştir.



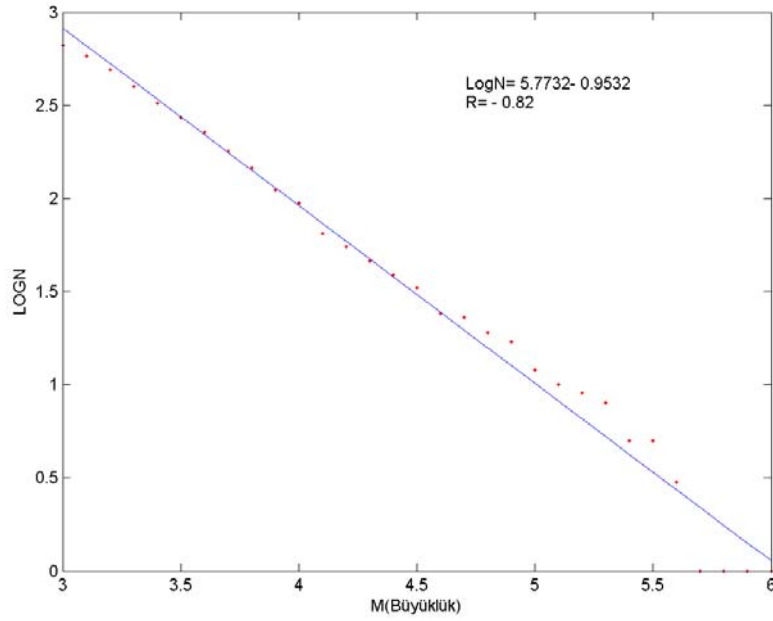
Şekil 15. Alan 1 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı.

Şekil 15’ e bakıldığında çalışma alanında meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğünün 6.0 olduğu görülmektedir.

Alan 1’ de meydana gelen depremler  $M \geq 3$  olmak üzere 0.1 birim büyüklük aralığı ile sınıflandırılıp, bu deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans) ve  $\text{Log}N$ ’ler Tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 7. Alan 1 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim büyüklük aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans)

M	$N_n$	N	LogN	M	$N_n$	N	LogN
3	81	665	2.82	4.6	1	24	1.38
3.1	93	584	2.76	4.7	4	23	1.36
3.2	92	491	2.69	4.8	2	19	1.27
3.3	76	399	2.60	4.9	5	17	1.23
3.4	52	323	2.50	5	2	12	1.07
3.5	44	271	2.43	5.1	1	10	1
3.6	48	227	2.35	5.2	1	9	0.95
3.7	34	179	2.25	5.3	3	8	0.90
3.8	34	145	2.16	5.4	0	5	0.69
3.9	17	111	2.04	5.5	2	5	0.69
4	29	94	1.97	5.6	2	3	0.47
4.1	10	65	1.81	5.7	0	1	0
4.2	9	55	1.74	5.8	0	1	0
4.3	7	46	1.66	5.9	0	1	0
4.4	6	39	1.59	6	1	1	0
4.5	9	33	1.51				



Şekil 16. Büyüklük- frekans ilişkisi (Alan 1).

Tablo 7’ de verilen M ve N değerleri kullanılarak, doğrusal regresyon analizi ile LogN- M grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten  $a= 5.7732$  ve  $b= 0.9532$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 16).

Tablo 8. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 1)

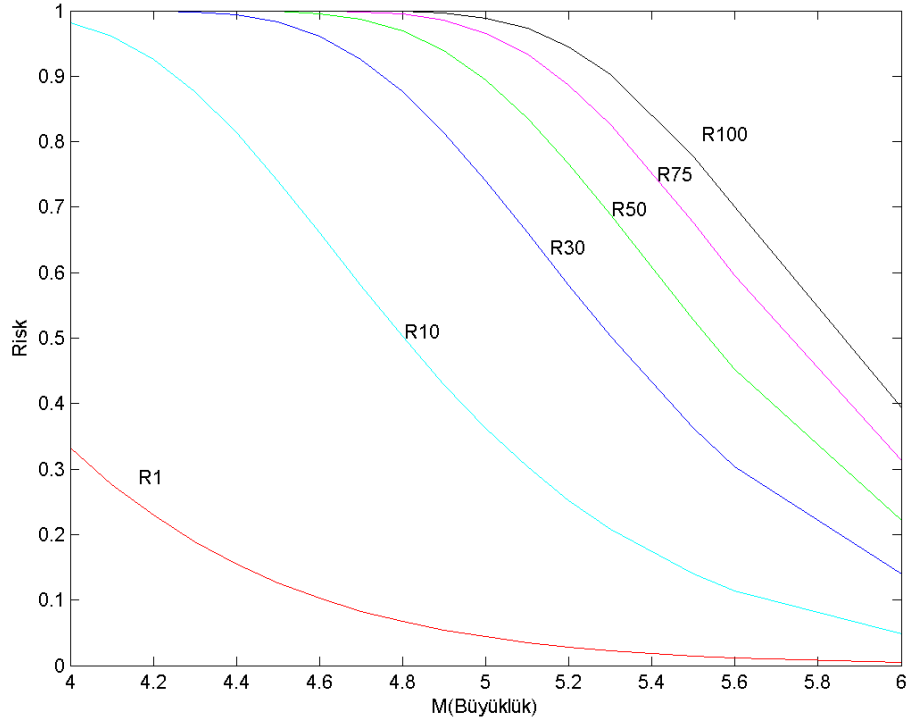
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a'</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>1</sub>'</b>	<b>a/b</b>
5.7732	0.9532	5.4318	3.7604	3.419	6.0567

Alan 1 için elde edilen risk değerleri ve tekrarlanma periyodları Tablo 9, Şekil 17 ve Şekil 18’ de verilmiştir.

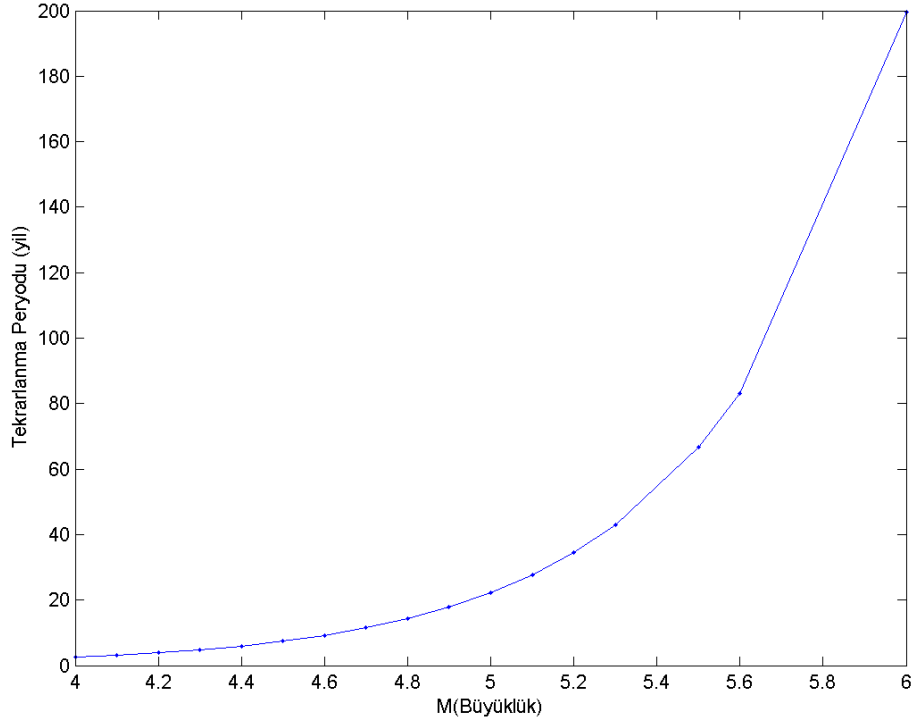
Tablo 9. Alan 1 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

<b>M</b>	<b>n(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T<sub>r</sub></b>
4	0.4038	0.33	0.98	0.99	1	1	1	2.47
4.1	0.3242	0.27	0.96	0.99	1	1	1	3.08
4.2	0.2603	0.23	0.92	0.99	1	1	1	3.84
4.3	0.2090	0.19	0.87	0.99	0.99	1	1	4.78
4.4	0.1678	0.15	0.81	0.99	0.99	1	1	5.95
4.5	0.1347	0.12	0.74	0.98	0.99	0.99	1	7.42
4.6	0.1082	0.10	0.66	0.96	0.99	0.99	0.99	9.24
4.7	0.0868	0.08	0.58	0.92	0.98	0.99	0.99	11.51
4.8	0.0697	0.07	0.50	0.87	0.97	0.99	0.99	14.33
4.9	0.0560	0.05	0.43	0.81	0.93	0.98	0.99	17.85
5	0.0449	0.04	0.37	0.74	0.89	0.96	0.98	22.23
5.1	0.0361	0.03	0.30	0.66	0.83	0.93	0.97	27.69
5.2	0.0289	0.02	0.25	0.58	0.76	0.88	0.94	34.48
5.3	0.0232	0.02	0.20	0.50	0.68	0.82	0.90	42.95
5.5	0.0150	0.01	0.14	0.36	0.52	0.67	0.77	66.62
5.6	0.0120	0.01	0.11	0.30	0.45	0.59	0.70	82.97
6	0.0050	0.004	0.05	0.13	0.22	0.31	0.39	199.6

Alan 1' de 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 4, tekrarlanma periyodu ise 22.23 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 6.0 olan bir depremin olma olasılığı % 39,tekrarlanma periyodu ise 199.6 yıl olarak elde edilmiştir (Şekil 17 ve Şekil 18).



Şekil 17. Alan 1 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk.

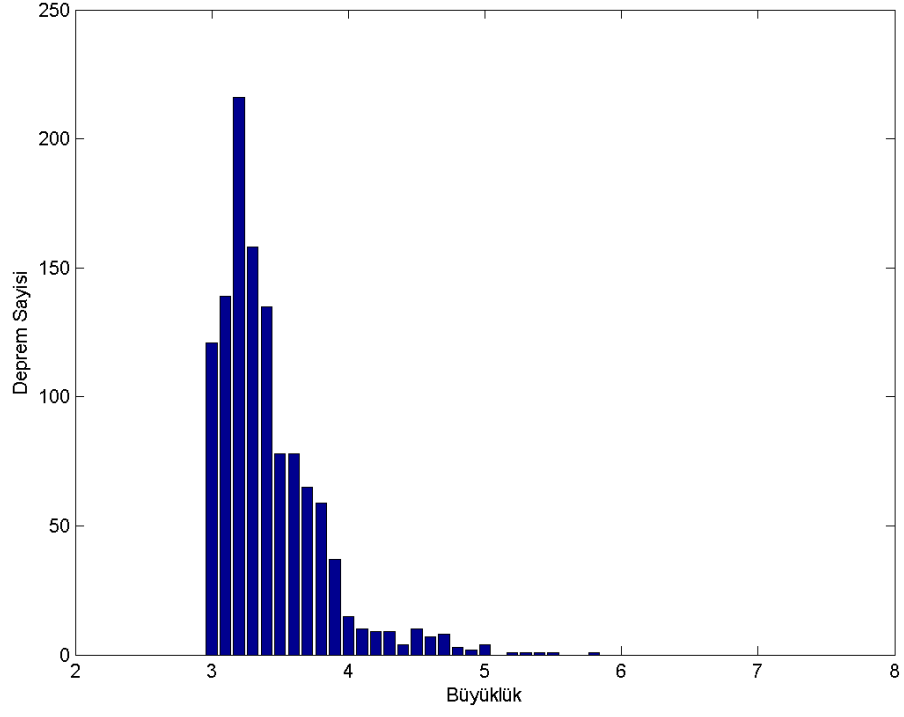


Şekil 18. Alan 1 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.1.3. Alan 2 (39.1.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D)

Alan 2, 39.1°-40.0° K enlemleri, 25.3°-26.4° D boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede oluşmuş deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları Şekil 19’ da verilmiştir.

Şekil 19’ a bakıldığında çalışma alanında meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğünün 5.8 olduğu görülmektedir.



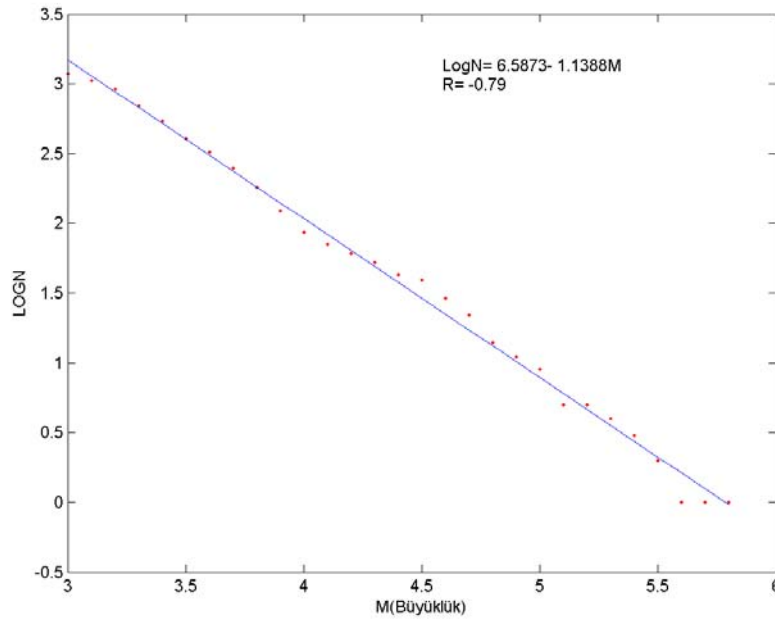
Şekil 19. Alan 2 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı.

Alan 2’ de meydana gelen depremler  $M \geq 3$  olmak üzere 0.1 birim büyüklük aralığı ile sınıflandırılıp, bu deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans) ve  $\text{Log}N$ ’ler Tablo 10’ da verilmiştir.

Tablo 10. Alan 2 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim büyüklük aralığı içeren sınıflara göre dağılımları (N<sub>n</sub>; normal frekans, N; birikimli frekans)

M	N <sub>n</sub>	N	LogN	M	N <sub>n</sub>	N	LogN
3	121	1172	3.06	4.5	10	39	1.59
3.1	139	1051	3.02	4.6	7	29	1.46
3.2	216	912	2.96	4.7	8	22	1.34
3.3	158	696	2.84	4.8	3	14	1.14
3.4	135	538	2.73	4.9	2	11	1.04
3.5	78	403	2.60	5	4	9	0.95
3.6	78	325	2.51	5.1	0	5	0.69
3.7	65	247	2.39	5.2	1	5	0.69
3.8	59	182	2.26	5.3	1	4	0.60
3.9	37	123	2.08	5.4	1	3	0.47
4	15	86	1.93	5.5	1	2	0.30
4.1	10	71	1.85	5.6	0	1	0
4.2	9	61	1.78	5.7	0	1	0
4.3	9	52	1.71	5.8	1	1	0
4.4	4	43	1.63				

Tablo 10' da verilen M ve N değerleri kullanılarak, doğrusal regresyon analizi ile LogN- M grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten a= 6.5873 ve b= 1.1388 olarak hesaplanmıştır (Şekil 20).



Şekil 20. Büyüklük- frekans ilişkisi (Alan 2).



Tablo 11. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 2)

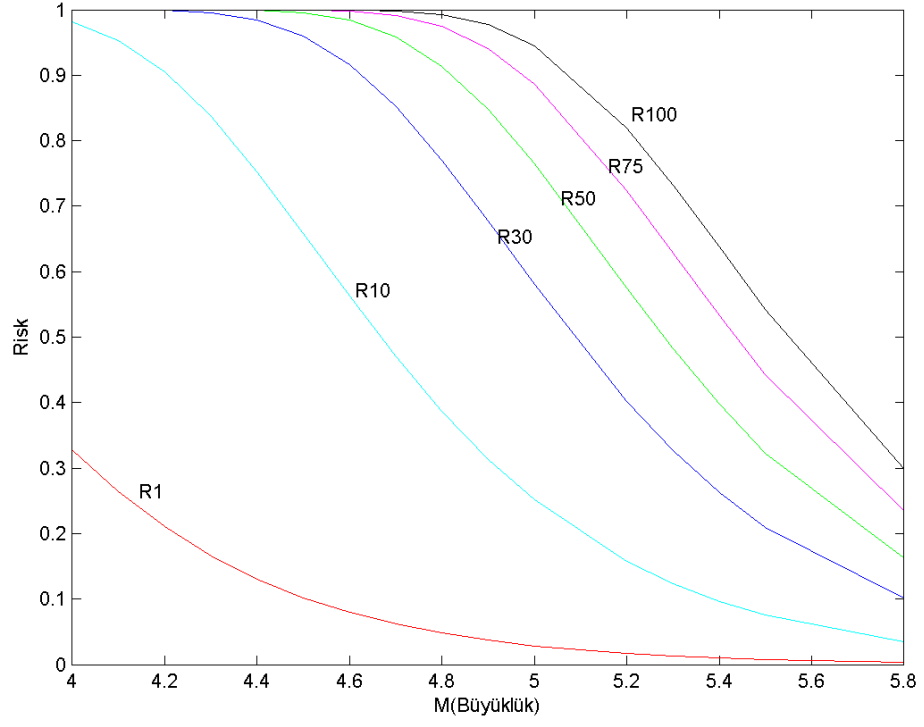
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a'</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>1</sub>'</b>	<b>a/b</b>
6.5873	1.1388	6.1686	4.5745	4.1558	5.7844

Alan 2 için elde edilen risk değerleri ve tekrarlanma periyodları Tablo 12, Şekil 21 ve Şekil 22' de verilmiştir.

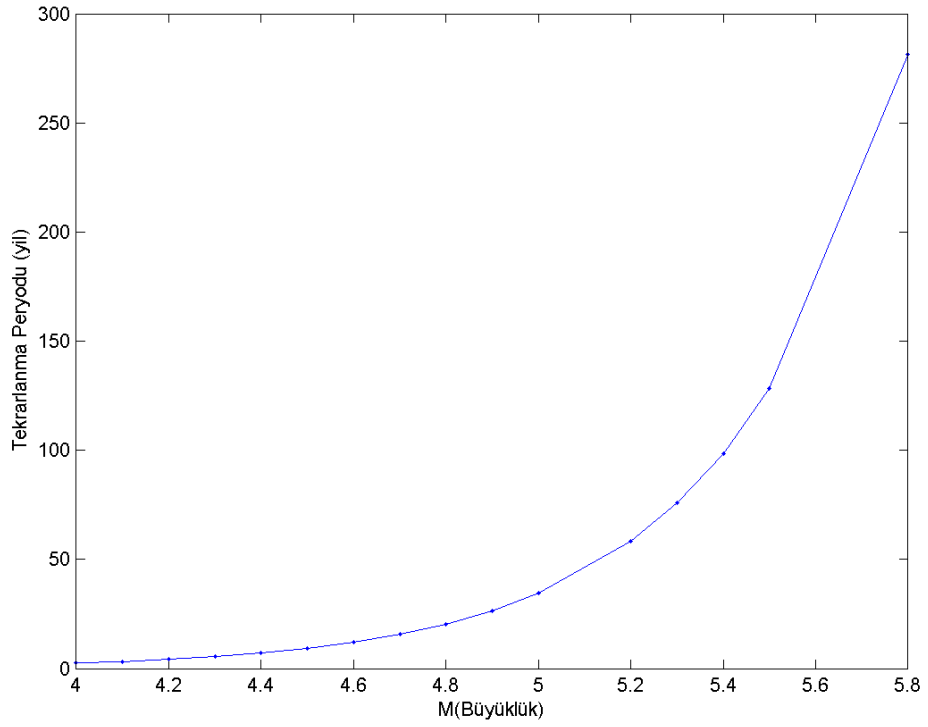
Tablo 12. Alan 2 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

<b>M</b>	<b>n(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T<sub>r</sub></b>
4	0.3986	0.33	0.98	0.99	1	1	1	2.50
4.1	0.3067	0.26	0.95	0.99	1	1	1	3.26
4.2	0.2359	0.21	0.90	0.99	0.99	1	1	4.24
4.3	0.1815	0.16	0.83	0.99	0.99	1	1	5.50
4.4	0.1396	0.13	0.75	0.98	0.99	0.99	1	7.16
4.5	0.1074	0.10	0.65	0.96	0.99	0.99	0.99	9.30
4.6	0.0826	0.08	0.56	0.91	0.98	0.99	0.99	12.09
4.7	0.0635	0.06	0.47	0.85	0.95	0.99	0.99	15.72
4.8	0.0489	0.05	0.38	0.77	0.91	0.97	0.99	20.43
4.9	0.0376	0.03	0.31	0.67	0.84	0.94	0.97	26.56
5	0.0289	0.03	0.25	0.58	0.76	0.88	0.94	34.53
5.2	0.0171	0.01	0.15	0.40	0.57	0.72	0.81	58.33
5.3	0.0131	0.01	0.12	0.32	0.48	0.62	0.73	75.83
5.4	0.0101	0.01	0.09	0.26	0.39	0.53	0.63	98.56
5.5	0.0078	0.007	0.07	0.20	0.32	0.44	0.54	128.12
5.8	0.0035	0.003	0.03	0.10	0.16	0.23	0.29	281.35

Alan 2' de 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 3, tekrarlanma periyodu ise 34.53 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.8 olan bir depremin olma olasılığı % 29, tekrarlanma periyodu ise 281.35 yıl olarak elde edilmiştir (Şekil 21 ve Şekil 22).



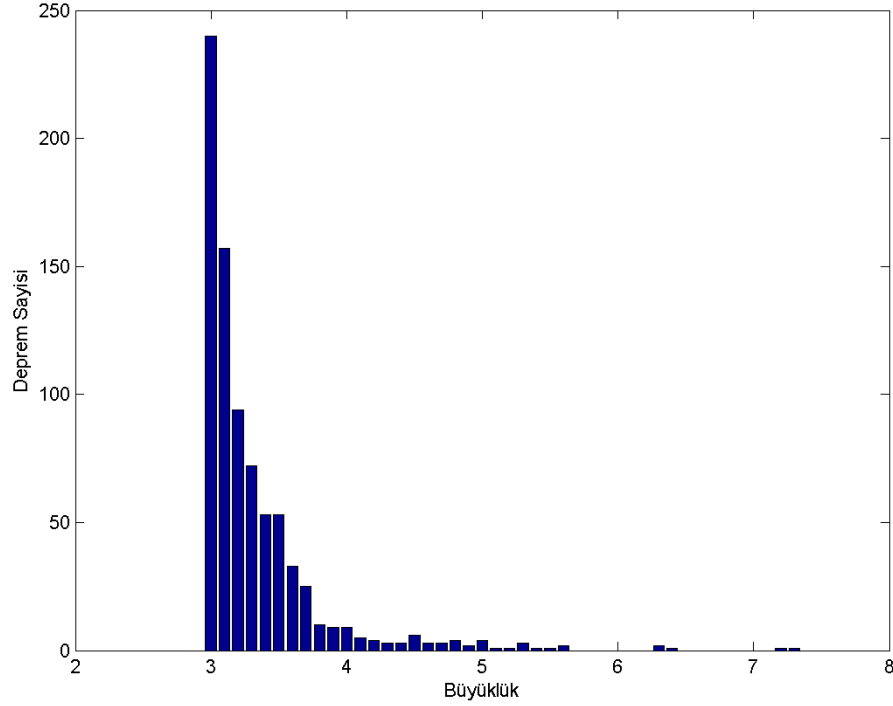
Şekil 21. Alan 2 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 22. Alan 2 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.1.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D)

Alan 3, 39.8°-40.9° K enlemleri, 26.5°-27.8° D boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede oluşmuş deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları Şekil 23’ de verilmiştir.



Şekil 23. Alan 3 için büyüklük(M)- deprem sayısı (N) histogramı.

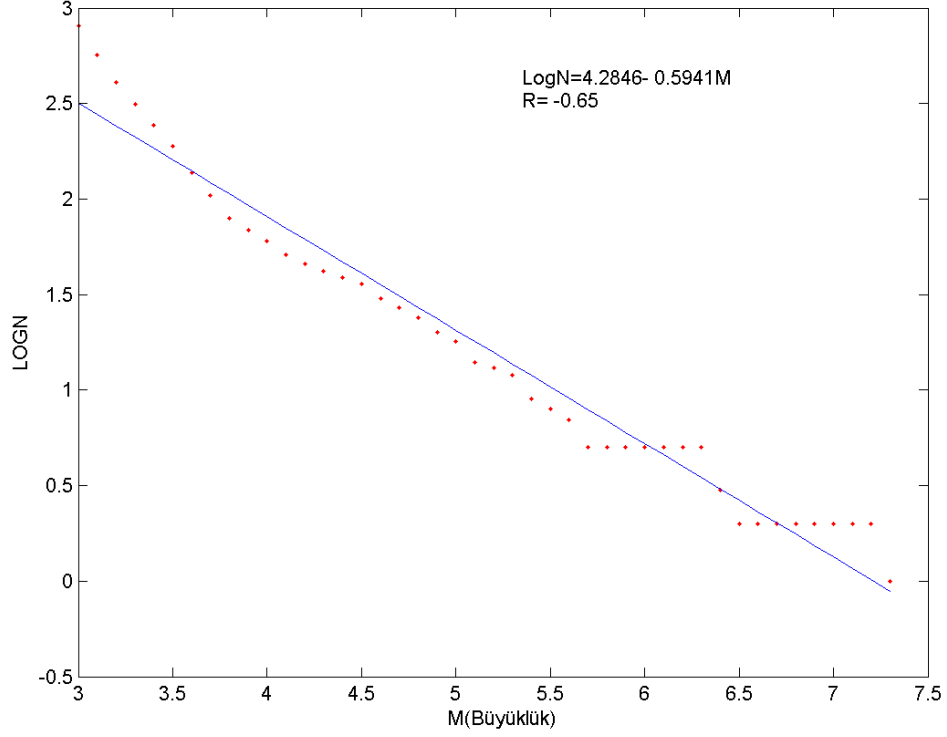
Şekil 23’ e bakıldığında çalışma alanında meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğünün 7.3 olduğunu görülmektedir.

Alan 3’ de meydana gelen depremler  $M \geq 3$  olmak üzere 0.1 birim büyüklük aralığı ile sınıflandırılıp, bu deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans) ve  $\text{Log}N$ ’ler Tablo 13’ de verilmiştir.

Tablo 13. Alan 3 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim büyüklük aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans)

<b>M</b>	<b><math>N_n</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>	<b>M</b>	<b><math>N_n</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>
3	240	806	2.90	5.2	1	13	1.11
3.1	157	566	2.75	5.3	3	12	1.07
3.2	94	409	2.61	5.4	1	9	0.95
3.3	72	315	2.49	5.5	1	8	0.90
3.4	53	243	2.38	5.6	2	7	0.84
3.5	53	190	2.27	5.7	0	5	0.69
3.6	33	137	2.13	5.8	0	5	0.69
3.7	25	104	2.01	5.9	0	5	0.69
3.8	10	79	1.89	6	0	5	0.69
3.9	9	69	1.83	6.1	0	5	0.69
4	9	60	1.77	6.2	0	5	0.69
4.1	5	51	1.70	6.3	2	5	0.69
4.2	4	46	1.66	6.4	1	3	0.47
4.3	3	42	1.62	6.5	0	2	0.30
4.4	3	39	1.59	6.6	0	2	0.30
4.5	6	36	1.55	6.7	0	2	0.30
4.6	3	30	1.47	6.8	0	2	0.30
4.7	3	27	1.43	6.9	0	2	0.30
4.8	4	24	1.38	7	0	2	0.30
4.9	2	20	1.3	7.1	0	2	0.30
5	4	18	1.25	7.2	1	2	0.30
5.1	1	14	1.14	7.3	1	1	0

Tablo 13’ de verilen M ve N değerleri kullanılarak, doğrusal regresyon analizi ile LogN- M grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten  $a= 4.2846$  ve  $b= 0.5941$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 24).



Şekil 24. Büyüklük- frekans ilişkisi (Alan 3).

Tablo 14. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 3)

<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a'</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>1</sub>'</b>	<b>a/b</b>
4.2846	0.5941	4.1485	2.2718	2.1357	7.2119

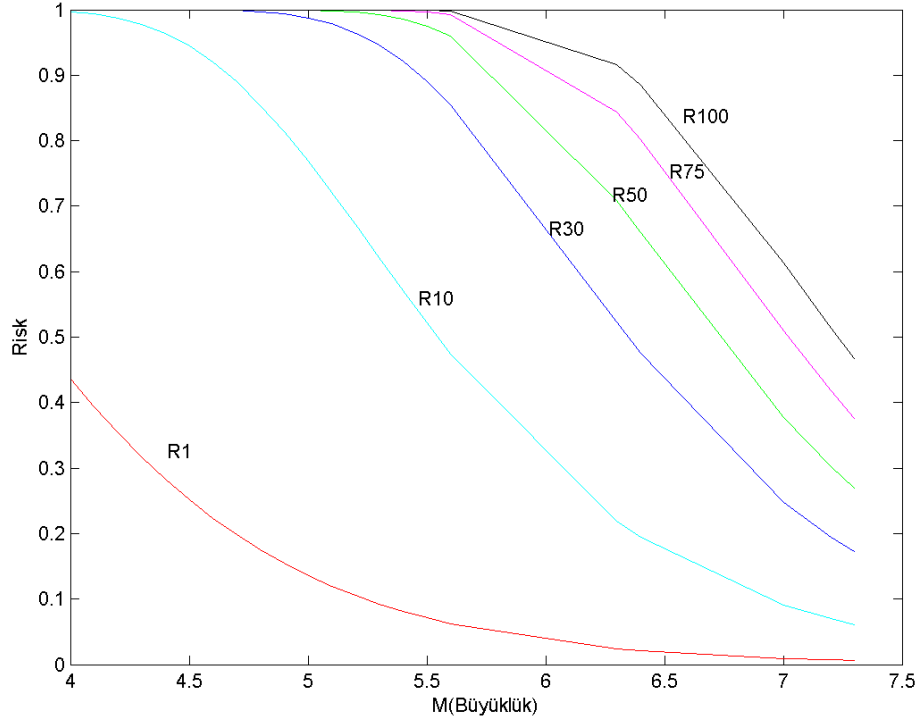
Alan 3 için elde edilen risk değerleri ve tekrarlanma periyodları Tablo 13, Şekil 25 ve Şekil 26' da verilmiştir.

Tablo 15. Alan 3 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_i$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

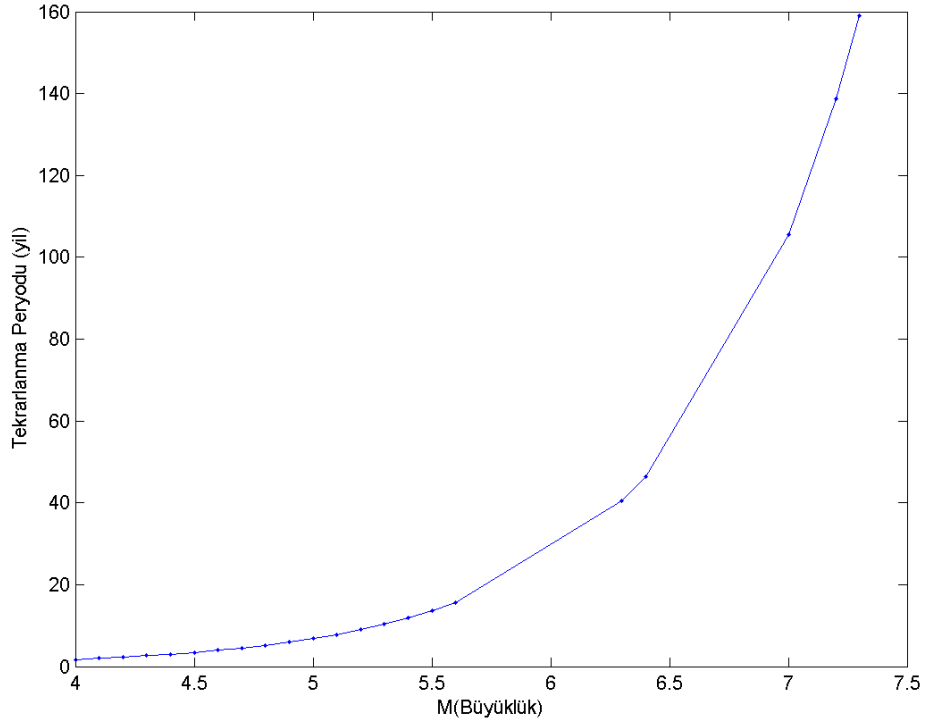
<b>M</b>	<b>n(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>Tr</b>
4	0.5745	0.44	0.99	1	1	1	1	1.74
4.1	0.5010	0.39	0.99	1	1	1	1	1.99
4.2	0.4369	0.35	0.98	1	1	1	1	2.28
4.3	0.3811	0.32	0.97	0.99	1	1	1	2.62
4.4	0.3323	0.28	0.96	0.99	1	1	1	3.00

4.5	0.2898	0.25	0.94	0.99	1	1	1	3.44
4.6	0.2528	0.22	0.92	0.99	1	1	1	3.95
4.7	0.2205	0.19	0.88	0.99	0.99	1	1	4.53
4.8	0.1923	0.17	0.85	0.99	0.99	1	1	5.19
4.9	0.1677	0.15	0.81	0.99	0.99	1	1	5.96
5	0.1462	0.13	0.76	0.98	0.99	0.99	1	6.83
5.1	0.1275	0.11	0.72	0.97	0.99	0.99	1	7.83
5.2	0.1112	0.10	0.67	0.96	0.99	0.99	0.99	8.98
5.3	0.0970	0.09	0.62	0.94	0.99	0.99	0.99	10.30
5.4	0.0846	0.08	0.57	0.92	0.98	0.99	0.99	11.81
5.5	0.0738	0.07	0.52	0.89	0.97	0.99	0.99	13.54
5.6	0.0643	0.06	0.47	0.85	0.96	0.99	0.99	15.53
6.3	0.0247	0.02	0.21	0.52	0.70	0.84	0.91	40.47
6.4	0.0215	0.02	0.19	0.47	0.65	0.80	0.88	46.40
7.2	0.0072	0.007	0.07	0.19	0.30	0.41	0.51	138.6
7.3	0.0062	0.006	0.06	0.17	0.26	0.37	0.46	158.9

Alan 3' de 1 yıl büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 13, tekrarlanma peryodu ise 6.83 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.2 olan bir depremin olma olasılığı % 51, tekrarlanma peryodu ise 138.96 yıl olarak elde edilmiştir (Şekil 25 ve Şekil 26).



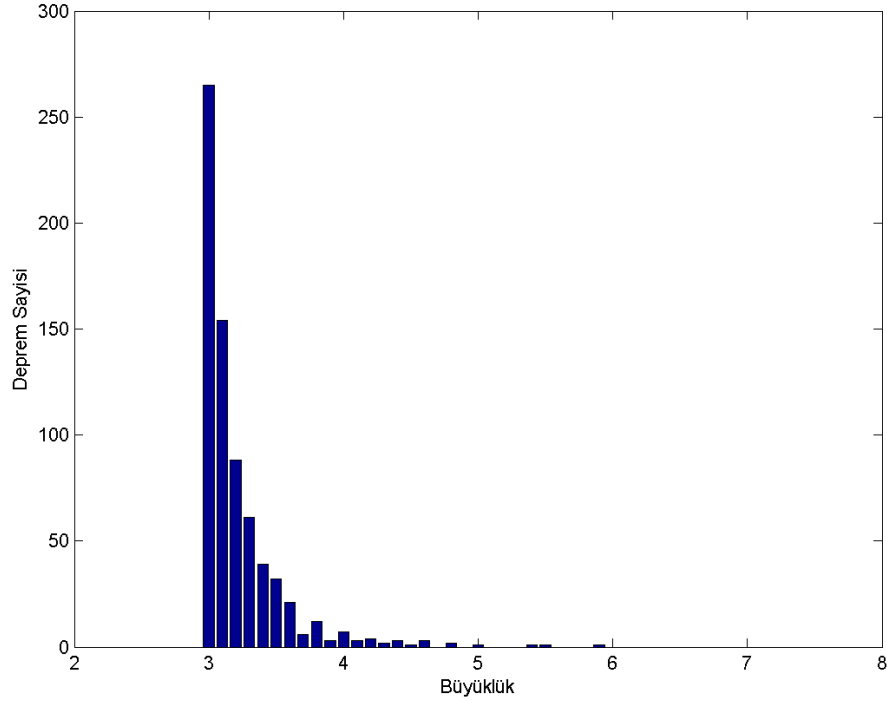
Şekil 25. Alan 3 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 26. Alan 3 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.1.5. Alan 4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D)

Alan 4, 39.1°-39.7° K enlemleri, 26.8°-27.8° D boylamları arasında yer almaktadır. Bölgede oluşmuş deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları Şekil 27’ de verilmiştir.



Şekil 27. Alan 4 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı.

Şekil 27’ ye bakıldığında çalışma alanında meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüğünün 5.9 olduğunu görülmektedir.

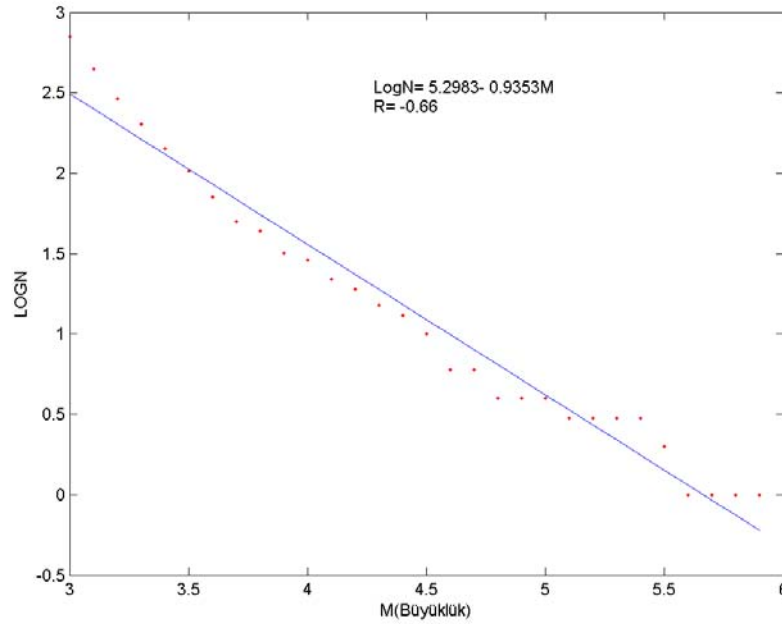
Alan 4’ de meydana gelen depremler  $M \geq 3$  olmak üzere 0.1 birim büyüklük aralığı ile sınıflandırılıp, bu deprem büyüklüklerine karşılık gelen deprem sayıları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans) ve  $\text{Log}N$ ’ler Tablo 13’ de verilmiştir.



Tablo 16. Alan 4 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim büyüklük aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans,  $N$ ; birikimli frekans)

M	$N_n$	N	LogN	M	$N_n$	N	LogN
3	265	710	2.85	4.5	1	10	1
3.1	154	445	2.64	4.6	0	6	0.77
3.2	88	291	2.46	4.7	2	6	0.77
3.3	61	203	2.30	4.8	0	4	0.60
3.4	39	142	2.15	4.9	0	4	0.60
3.5	32	103	2.01	5	1	4	0.60
3.6	21	71	1.85	5.1	0	3	0.47
3.7	6	50	1.69	5.2	0	3	0.47
3.8	12	44	1.64	5.3	0	3	0.47
3.9	3	32	1.50	5.4	1	3	0.47
4	7	29	1.46	5.5	1	2	0.30
4.1	3	22	1.34	5.6	0	1	0
4.2	4	19	1.27	5.7	0	1	0
4.3	2	15	1.17	5.8	0	1	0
4.4	3	13	1.11	5.9	1	1	0

Tablo 16' da verilen M ve N değerleri kullanılarak, doğrusal regresyon analizi ile LogN- M grafiği elde edilmiştir. Bu grafikten  $a= 5.2983$  ve  $b= 0.9353$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 28).



Şekil 28. Büyüklük- frekans ilişkisi (Alan 4).

Tablo 17. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 4).

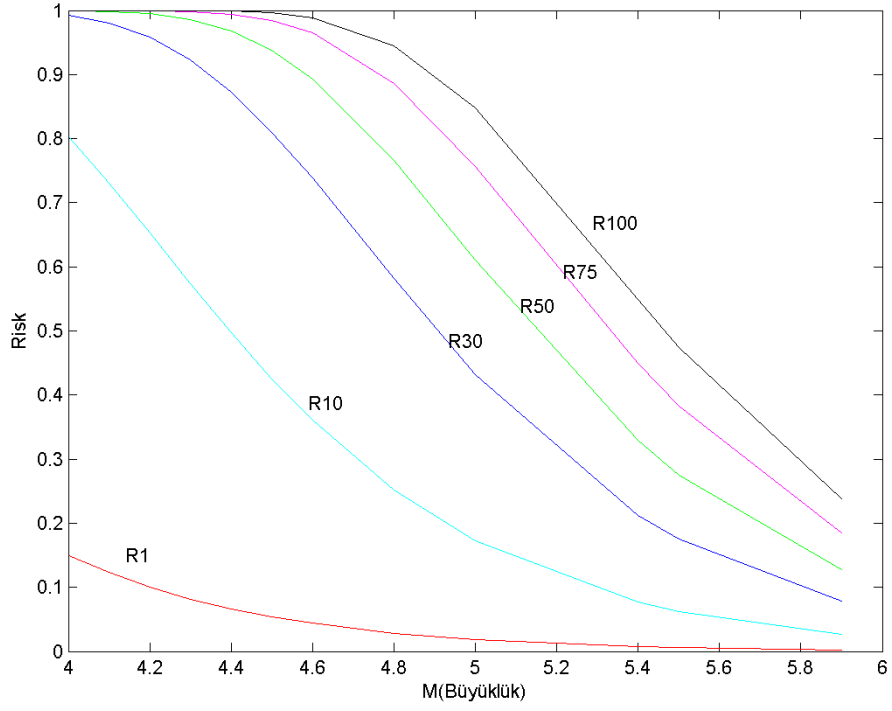
<b>a</b>	<b>b</b>	<b>a'</b>	<b>a<sub>1</sub></b>	<b>a<sub>1</sub>'</b>	<b>a/b</b>
5.2983	0.9353	4.9651	3.2855	2.9523	5.6648

Alan 4 için elde edilen risk değerleri ve tekrarlanma periyodları Tablo 18, Şekil 29 ve Şekil 30' da verilmiştir.

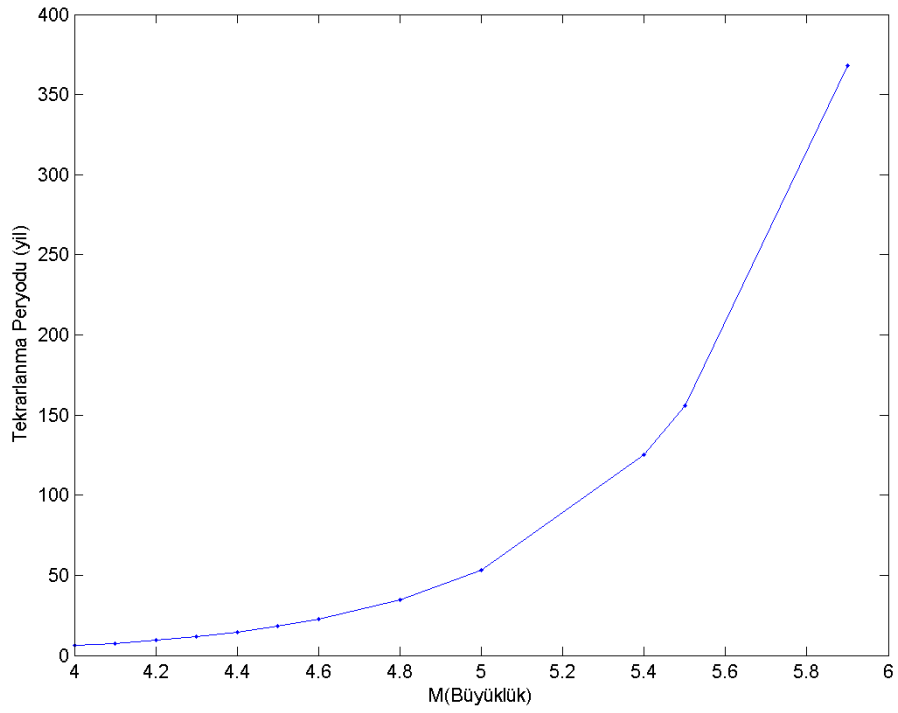
Tablo 18. Alan 4 için Poisson Dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

<b>M</b>	<b>n(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T</b>
4	0.1625	0.15	0.80	0.99	0.99	0.99	1	6.15
4.1	0.1310	0.12	0.73	0.98	0.99	0.99	1	7.62
4.2	0.1056	0.10	0.65	0.95	0.99	0.99	0.99	9.46
4.3	0.0852	0.08	0.57	0.92	0.98	0.99	0.99	11.73
4.4	0.0687	0.06	0.49	0.87	0.96	0.99	0.99	14.55
4.5	0.0553	0.05	0.42	0.81	0.93	0.98	0.99	18.05
4.6	0.0446	0.04	0.36	0.73	0.89	0.96	0.98	22.39
4.8	0.0290	0.02	0.25	0.58	0.76	0.88	0.94	34.44
5	0.0188	0.01	0.17	0.43	0.61	0.75	0.84	52.99
5.4	0.0079	0.007	0.07	0.21	0.32	0.45	0.54	125.4
5.5	0.0064	0.006	0.06	0.17	0.27	0.38	0.47	155.5
5.9	0.0027	0.002	0.02	0.07	0.12	0.18	0.23	368.11

Alan 4' de 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 1, tekrarlanma periyodu ise 52.99 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.9 olan bir depremin olma olasılığı % 23, tekrarlanma periyodu ise 368.11 yıl olarak elde edilmiştir (Şekil 29 ve 30).



Şekil 29. Alan 4 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 30. Alan 4 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.2. Gumbel Uç Değerler Dağılımıyla Risk Analizi

Çalışma alanı ve seçilen 4 sismik bölge için, 1903- 2006 yılları arasında, büyüklüğü  $M \geq 4$  olmak üzere yıllık maksimum deprem büyüklükleri kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile a ve b regresyon katsayıları ve R (ilişki katsayısı) hesaplanıp ilgili bağıntılar kullanılarak Gumbel dağılımı uygulanmış ve 1, 10, 30, 50, 75, 100 yıllık riskler ( $R_t$ ) ile tekrarlanma periyodları ( $T_r$ ) hesaplanmıştır.

#### 3.2.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D)

Çalışma alanı için yıllık maksimum deprem büyüklükleri ( $M_{max}$ ) Tablo 19' da verilmiştir. Yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin en büyüğü 7.3' tür (1912).

Tablo 19. Çalışma alanı için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri

Yıl	$M_{max}$	Yıl	$M_{max}$	Yıl	$M_{max}$
1903	5.5	1954	5.8	1981	6.0
1905	5.0	1955	5.3	1982	4.8
1912	7.3	1956	5.5	1983	5.5
1914	4.5	1958	5.5	1984	4.6
1916	4.3	1959	5.4	1985	4.6
1917	5.8	1960	4.1	1986	4.1
1918	4.5	1961	5.2	1987	4.6
1919	7.0	1962	4.6	1988	4.1
1920	4.9	1963	5.1	1989	4.7
1922	5.3	1964	5.5	1990	4.3
1923	5.2	1965	5.6	1991	4.8
1925	4.6	1966	4.9	1992	4.2
1926	4.3	1967	4.5	1993	4.3
1928	4.3	1968	5.0	1994	4.1
1931	5.3	1969	4.7	1995	4.4
1934	4.3	1970	4.4	1996	4.3
1935	6.4	1971	5.0	1997	4.1
1938	5.0	1972	5.0	1998	4.4
1939	6.6	1973	4.2	1999	5.0
1944	6.8	1974	4.5	2000	4.2
1947	5.5	1975	5.5	2001	5.0
1948	4.7	1976	4.2	2002	4.8
1950	4.5	1977	4.7	2003	5.6

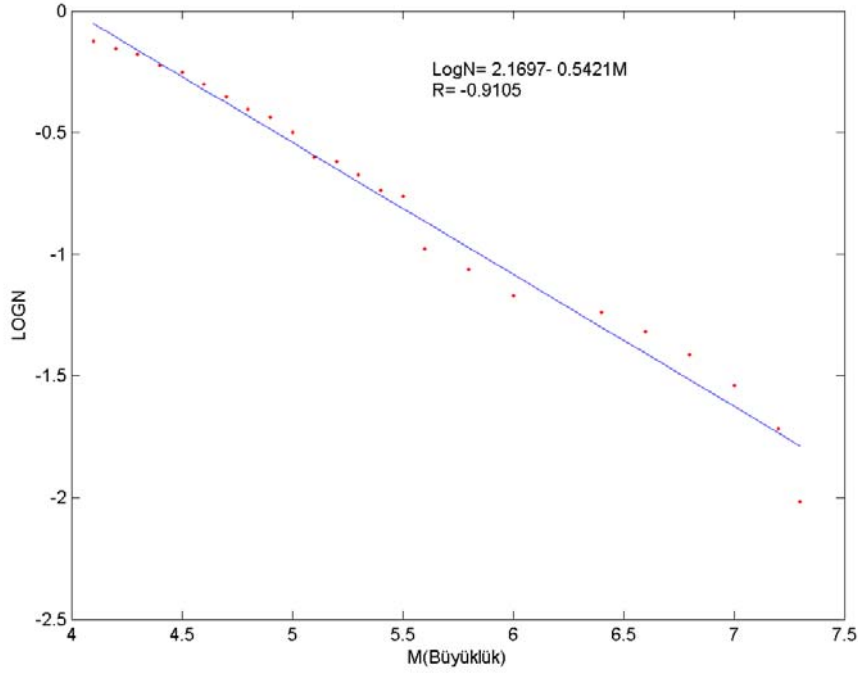
1951	4.9	1978	4.6	2004	4.9
1952	4.7	1979	4.4	2005	4.9
1953	7.2	1980	4.5	2006	5.2

$n_t$ : inceleme zaman periyodunu ( 2006-1903=103 yıl),  $N_c$ : bu periyod içinde M ve M' den büyük deprem sayısını,  $N = N_c / (n_t + 1)$  olmak üzere M ve M' den büyük depremlerin yıllık oluş sayısını göstermektedir (Tablo 20).

Tablo 20. Çalışma alanı için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları

<b>M</b>	<b><math>N_c</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>
4.1	78	0.75	-0.12494
4.2	73	0.70192	-0.15371
4.3	69	0.66346	-0.17818
4.4	62	0.59615	-0.22464
4.5	58	0.55769	-0.25361
4.6	52	0.5	-0.30103
4.7	46	0.44231	-0.35428
4.8	41	0.39423	-0.40425
4.9	38	0.36538	-0.43725
5.0	33	0.31731	-0.49852
5.1	26	0.25	-0.60206
5.2	25	0.24038	-0.61909
5.3	22	0.21154	-0.67461
5.4	19	0.18269	-0.73828
5.5	18	0.17308	-0.76176
5.6	11	0.10577	-0.97564
5.8	9	0.086538	-1.0628
6.0	7	0.067308	-1.1719
6.4	6	0.057692	-1.2389
6.6	5	0.048077	-1.3181
6.8	4	0.038462	-1.415
7.0	3	0.028846	-1.5399
7.2	2	0.019231	-1.716
7.3	1	0.0096154	-2.017

Tablo 20' de verilen değerler kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile LogN-M grafiği elde edilmiş ve  $a= 2.1697$  ve  $b= 0.521$  olarak hesaplanmıştır (şekil 31).



şekil 31. Çalışma alanı için yıllık maksimum depremlerin büyükük- frekans ilişkisi.

Gumbel dağılımında kullanılan regresyon katsayıları  $\alpha= 147.81$  ve  $\beta= 1.2482$  bulunmuştur.  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri kullanılarak bir yıl içinde büyükükü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılmama olasılıkları  $(G(M))$  hesaplanmıştır. Büyükükü 7 olan bir deprem için bir yılda aşılmama olasılığı %97 olarak elde edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. Çalışma alanı için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları

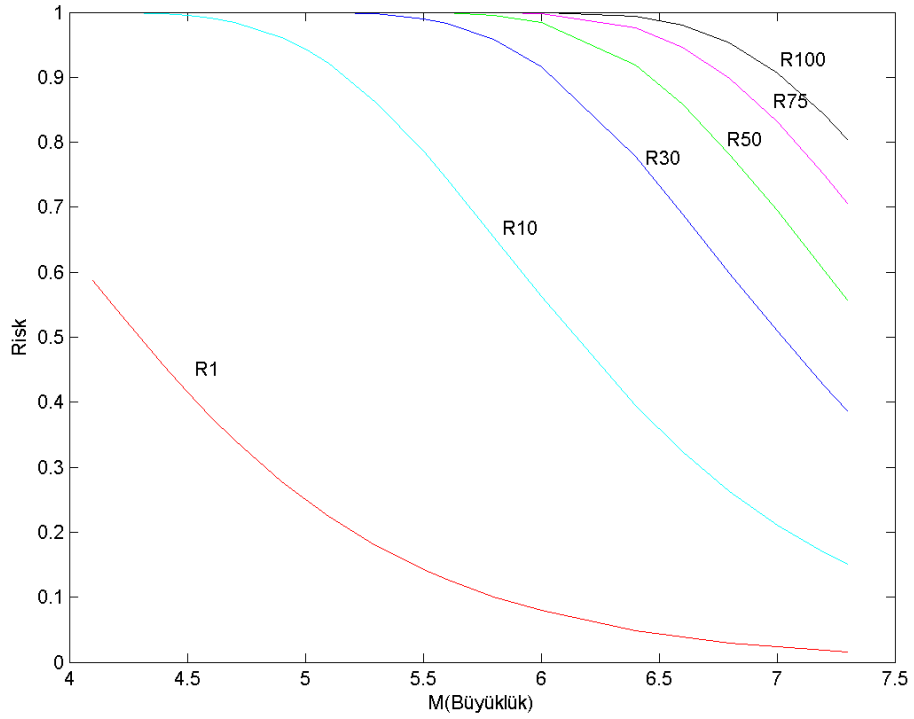
<b>M</b>	<b>G(M)</b>	<b>N(M)</b>
4.1	0.4125	0.8853
4.2	0.4577	0.7814
4.4	0.5440	0.6087
4.5	0.5843	0.5373
4.6	0.6223	0.4742
4.7	0.6579	0.4186
4.9	0.7217	0.3261
5.0	0.7498	0.2878
5.1	0.7756	0.2540
5.3	0.8204	0.1979
5.5	0.8570	0.1542
5.6	0.8727	0.1361
5.8	0.8993	0.1060
6.0	0.9207	0.0826
6.4	0.9510	0.0501
6.6	0.9616	0.0390
6.8	0.9700	0.0304
7.0	0.9765	0.0237
7.2	0.9816	0.0184
7.3	0.9838	0.0163

Çalışma alanında 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 25, tekrarlanma periyodu ise 3.47 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.0 olan bir depremin olma olasılığı % 90, tekrarlanma periyodu ise 42 yıl olarak elde edilmiştir (Tablo 22, Şekil 32 ve 33).

Tablo 22. Çalışma alanı için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

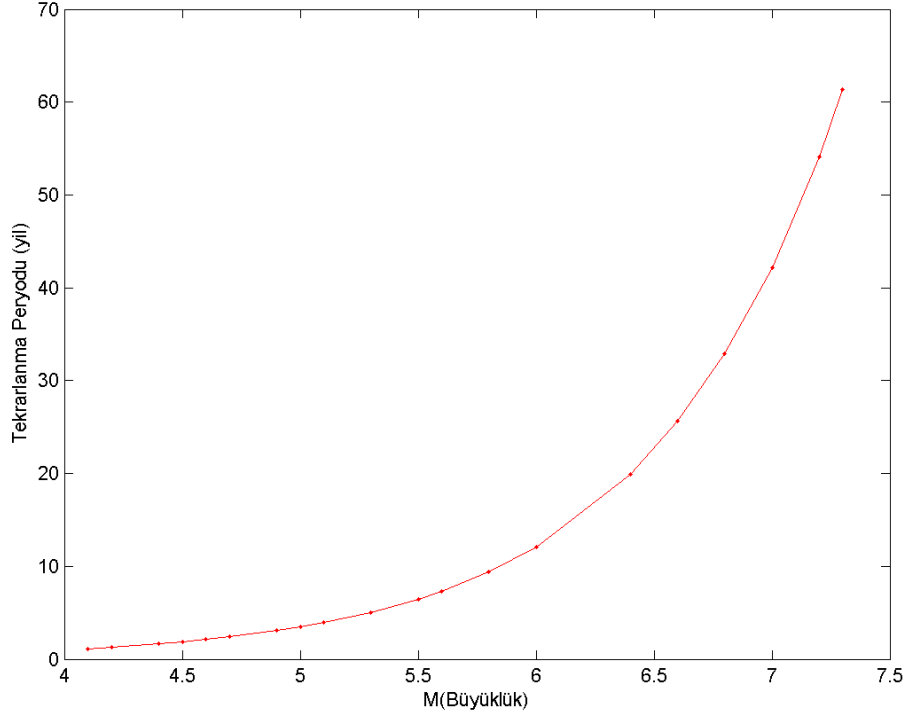
<b>M</b>	<b>N(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T<sub>r</sub></b>
4.1	0.8853	0.58	0.99	1	1	1	1	1.13
4.2	0.7814	0.54	0.99	1	1	1	1	1.28
4.4	0.6087	0.45	0.99	1	1	1	1	1.64
4.5	0.5373	0.41	0.99	1	1	1	1	1.86
4.6	0.4742	0.37	0.99	1	1	1	1	2.10

4.7	0.4186	0.34	0.98	1	1	1	1	2.38
4.9	0.3261	0.27	0.96	0.99	1	1	1	3.06
5.0	0.2878	0.25	0.94	0.99	1	1	1	3.47
5.1	0.2540	0.22	0.92	0.99	1	1	1	3.93
5.3	0.1979	0.17	0.86	0.99	0.99	1	1	5.05
5.5	0.1542	0.14	0.78	0.99	0.99	0.99	1	6.48
5.6	0.1361	0.12	0.74	0.98	0.99	0.99	1	7.34
5.8	0.1060	0.10	0.65	0.95	0.99	0.99	0.99	9.43
6.0	0.0826	0.07	0.56	0.91	0.98	0.99	0.99	12.10
6.4	0.0501	0.04	0.39	0.77	0.91	0.97	0.99	19.94
6.6	0.0390	0.03	0.32	0.69	0.85	0.94	0.97	25.6
6.8	0.0304	0.02	0.26	0.59	0.78	0.89	0.95	32.85
7.0	0.0237	0.02	0.21	0.50	0.69	0.83	0.90	42.17
7.2	0.0184	0.018	0.16	0.42	0.60	0.74	0.84	54.13
7.3	0.0163	0.016	0.15	0.38	0.55	0.70	0.80	61.32



Şekil 32. Çalışma alanı için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk.





Şekil 33. Çalışma alanı için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.2.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D)

Alan 1 için yıllık maksimum deprem büyüklükleri ( $M_{max}$ ) Tablo 23' de verilmiştir. Yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin en büyüğü 6.0' dır (1917).

Tablo 23. Alan 1 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri

Yıl	$M_{max}$	Yıl	$M_{max}$
1917	6.0	1980	4.5
1918	4.5	1981	4.2
1922	5.3	1982	4.3
1923	5.2	1983	4.9
1948	4.7	1984	4.2
1952	4.7	1987	4.0
1955	5.3	1988	4.1
1956	5.5	1991	4.8

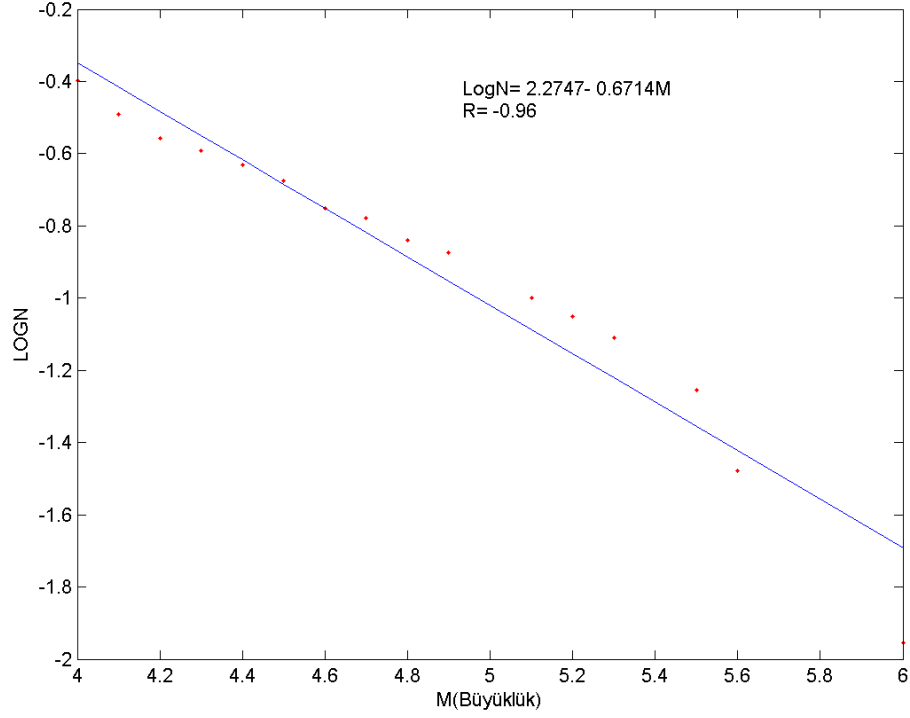
1962	4.6	1994	4.0
1963	5.1	1996	4.0
1965	5.6	1997	4.1
1967	4.5	1999	4.9
1968	4.4	2000	4.1
1969	4.0	2002	4.0
1972	4.3	2003	5.6
1975	5.5	2004	4.9
1977	4.1	2005	4.4
1978	4.0	2006	4.0

$n_t$ ; inceleme zaman periyodunu ( 2006-1903=103 yıl),  $N_c$ ; bu periyod içinde M ve M' den büyük deprem sayısını,  $N = N_c / (n_t + 1)$  olmak üzere M ve M' den büyük depremlerin yıllık oluş sayısını göstermektedir (Tablo 24).

Tablo 24. Alan 1 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları

<b>M</b>	<b><math>N_c</math></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>
4.0	36	0.34615	-0.46073
4.1	29	0.27885	-0.55464
4.2	25	0.24038	-0.61909
4.3	23	0.22115	-0.65531
4.4	21	0.20192	-0.69481
4.5	19	0.18269	-0.73828
4.6	16	0.15385	-0.81291
4.7	15	0.14423	-0.84094
4.8	13	0.125	-0.90309
4.9	12	0.11538	-0.93785
5.1	9	0.086538	-1.0628
5.2	8	0.076923	-1.1139
5.3	7	0.067308	-1.1719
5.5	5	0.048077	-1.3181
5.6	3	0.028846	-1.5399
6.0	1	0.0096154	-2.017

Tablo 24' de verilen değerler kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile LogN-M grafiği elde edilmiş ve  $a= 2.2747$  ve  $b= 0.6714$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 34).



Şekil 34. Alan 1 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük- frekans ilişkisi.

Gumbel dağılımında kullanılan regresyon katsayıları  $\alpha= 188.23$  ve  $\beta= 1.5461$  bulunmuştur.  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri kullanılarak bir yıl içinde büyüklüğü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılma olasılıkları ( $G(M)$ ) hesaplanmıştır. Büyüklüğü 6.0 olan bir deprem için bir yılda aşılma olasılığı %98 olarak elde edilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Alan 1 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları

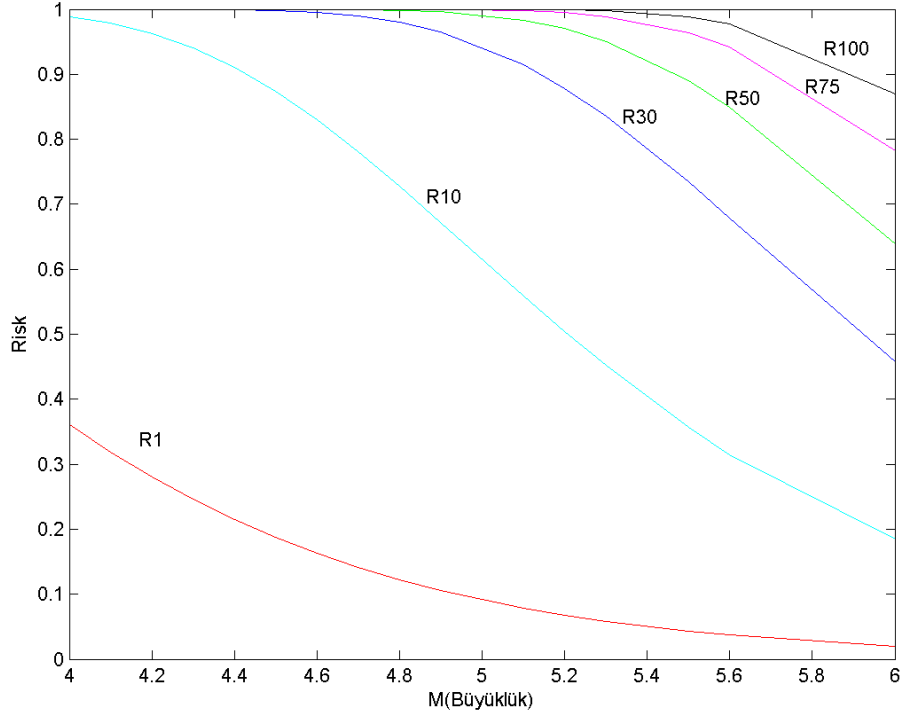
M	G(M)	N(M)
4	0.6783	0.3880
4.1	0.7171	0.3324
4.2	0.7521	0.2848
4.3	0.7834	0.2440
4.4	0.8113	0.2090
4.5	0.8359	0.1791
4.6	0.8577	0.1534
4.7	0.8767	0.1314
4.8	0.8934	0.1126

4.9	0.908	0.0965
5.1	0.9316	0.0708
5.2	0.9411	0.0606
5.3	0.9493	0.0520
5.5	0.9625	0.0381
5.6	0.9678	0.0327
6	0.9825	0.0176

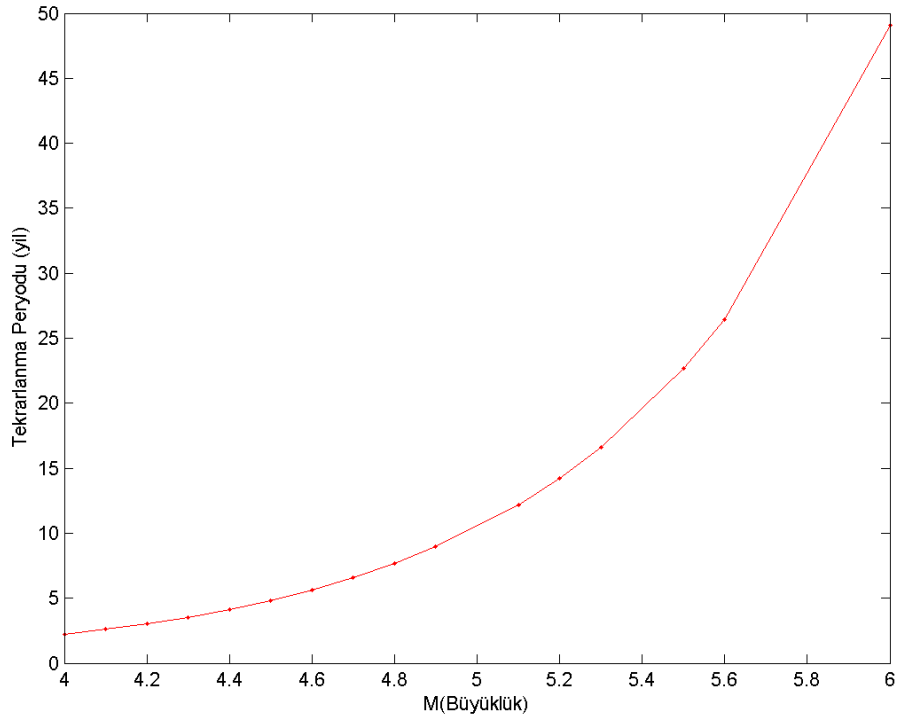
Alan 1' de, 1 yıl içerisinde büyüklüğü 4.8 olan bir depremin olma olasılığı % 10, tekrarlanma periyodu ise 8.87 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 6.0 olan bir depremin olma olasılığı % 82, tekrarlanma periyodu ise 56.75 yıl olarak elde edilmiştir (Tablo 26, Şekil 35 ve 36).

Tablo 26. Alan 1 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

<b>M</b>	<b>N(M)</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>10</sub></b>	<b>R<sub>30</sub></b>	<b>R<sub>50</sub></b>	<b>R<sub>75</sub></b>	<b>R<sub>100</sub></b>	<b>T<sub>r</sub></b>
4.0	0.3880	0.32	0.97	0.99	1	1	1	2.57
4.1	0.3324	0.28	0.96	0.99	1	1	1	3.00
4.2	0.2848	0.24	0.94	0.99	1	1	1	3.51
4.3	0.2440	0.21	0.91	0.99	0.99	1	1	4.09
4.4	0.2090	0.18	0.87	0.99	0.99	1	1	4.78
4.5	0.1791	0.16	0.83	0.99	0.99	1	1	5.58
4.6	0.1534	0.14	0.78	0.98	0.99	0.99	1	6.51
4.7	0.1314	0.12	0.73	0.98	0.99	0.99	1	7.60
4.8	0.1126	0.10	0.67	0.96	0.99	0.99	0.99	8.87
4.9	0.0965	0.09	0.61	0.94	0.99	0.99	0.99	10.3
5.1	0.0708	0.06	0.50	0.88	0.97	0.99	0.99	14.11
5.2	0.0606	0.05	0.45	0.83	0.95	0.98	0.99	16.47
5.3	0.0520	0.05	0.40	0.78	0.92	0.97	0.99	19.23
5.5	0.0381	0.03	0.31	0.68	0.85	0.94	0.97	26.19
5.6	0.0327	0.03	0.27	0.62	0.80	0.91	0.96	30.57
6.0	0.0176	0.01	0.16	0.41	0.58	0.73	0.82	56.75



Şekil 35. Alan 1 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 36. Alan 1 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.2.3. Alan 2 (39.1.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D)

Alan 2 için yıllık maksimum deprem büyüklükleri ( $M_{\max}$ ) Tablo 27' de verilmiştir. Yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin en büyüğü 5.8' dir (1917).

Tablo 27. Alan 2 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri

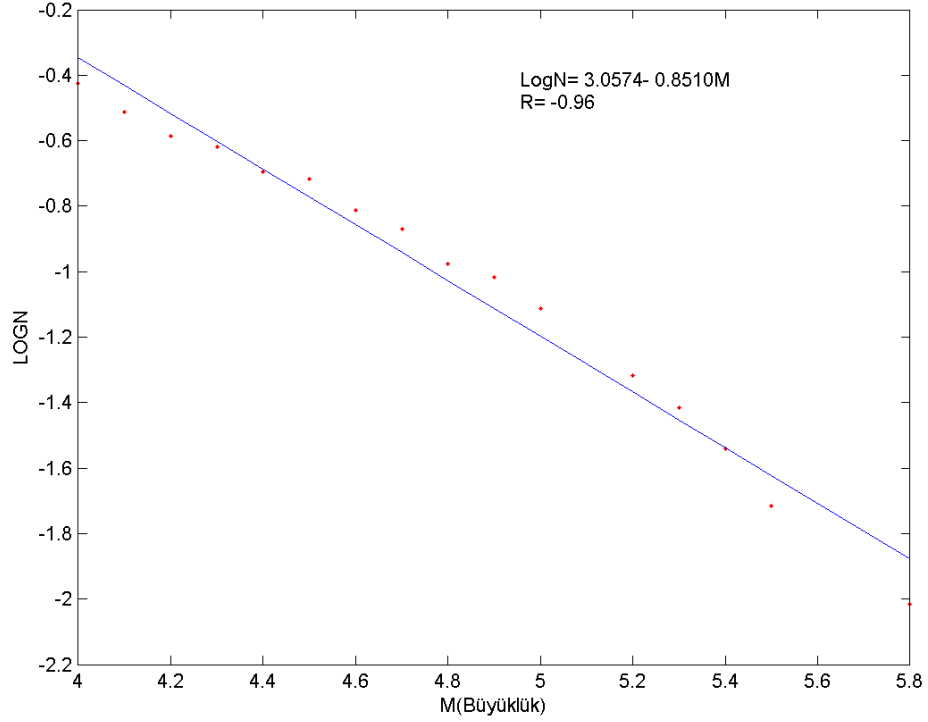
Yıl	$M_{\max}$	Yıl	$M_{\max}$
1914	4.5	1979	4.4
1917	5.8	1980	4.0
1924	4.7	1981	4.9
1931	5.3	1982	4.8
1934	4.3	1983	4.0
1950	4.5	1984	4.0
1954	4.1	1985	5.0
1956	5.4	1987	4.6
1958	5.5	1989	4.5
1961	5.2	1990	4.3
1964	4.1	1991	4.0
1965	4.7	1992	4.2
1968	5.0	1994	4.1
1970	4.0	1995	4.1
1971	4.6	1996	4.3
1972	5.0	2002	4.0
1974	4.5	2003	4.0
1976	4.2	2005	4.9
1977	4.7	2006	4.1
1978	4.3		

$n_c$ : inceleme zaman peryodunu ( 2006-1903=103 yıl),  $N_c$ ; bu peryod içinde M ve M' den büyük deprem sayısını,  $N = N_c / (n_c + 1)$  olmak üzere M ve M' den büyük depremlerin yıllık oluş sayısını göstermektedir (Tablo 28).

Tablo 28. Alan 2 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları

<b>M</b>	<b>N<sub>c</sub></b>	<b>N</b>	<b>LogN</b>
4.0	39	0.375	-0.42597
4.1	32	0.30769	-0.51188
4.2	27	0.25962	-0.58567
4.3	25	0.24038	-0.61909
4.4	21	0.20192	-0.69481
4.5	20	0.19231	-0.716
4.6	16	0.15385	-0.81291
4.7	14	0.13462	-0.87091
4.8	11	0.10577	-0.97564
4.9	10	0.096154	-1.017
5.0	8	0.076923	-1.1139
5.2	5	0.048077	-1.3181
5.3	4	0.038462	-1.415
5.4	3	0.028846	-1.5399
5.5	2	0.019231	-1.716
5.8	1	0.0096154	-2.017

Tablo 28’ de verilen değerler kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile LogN-M grafiği elde edilmiş ve  $a= 3.0574$  ve  $b= 0.8510$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 37).



Şekil 37. Alan 2 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük- frekans ilişkisi.

Gumbel dağılımında kullanılan regresyon katsayıları  $\alpha= 1141.3$  ve  $\beta= 1.9594$  bulunmuştur.  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri kullanılarak bir yıl içinde büyüklüğü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılma olasılıkları ( $G(M)$ ) hesaplanmıştır. Büyüklüğü 5.8 olan bir deprem için bir yılda aşılma olasılığı %98 olarak elde edilmiştir (Tablo 29).

Tablo 29. Alan 2 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları

M	G(M)	N(M)
4	0.6374	0.4503
4.1	0.6905	0.3702
4.2	0.7376	0.3043
4.3	0.7786	0.2501
4.4	0.8141	0.2056
4.5	0.8444	0.1690
4.6	0.8702	0.1389
4.7	0.8920	0.1142
4.8	0.9103	0.0939
4.9	0.9256	0.0772

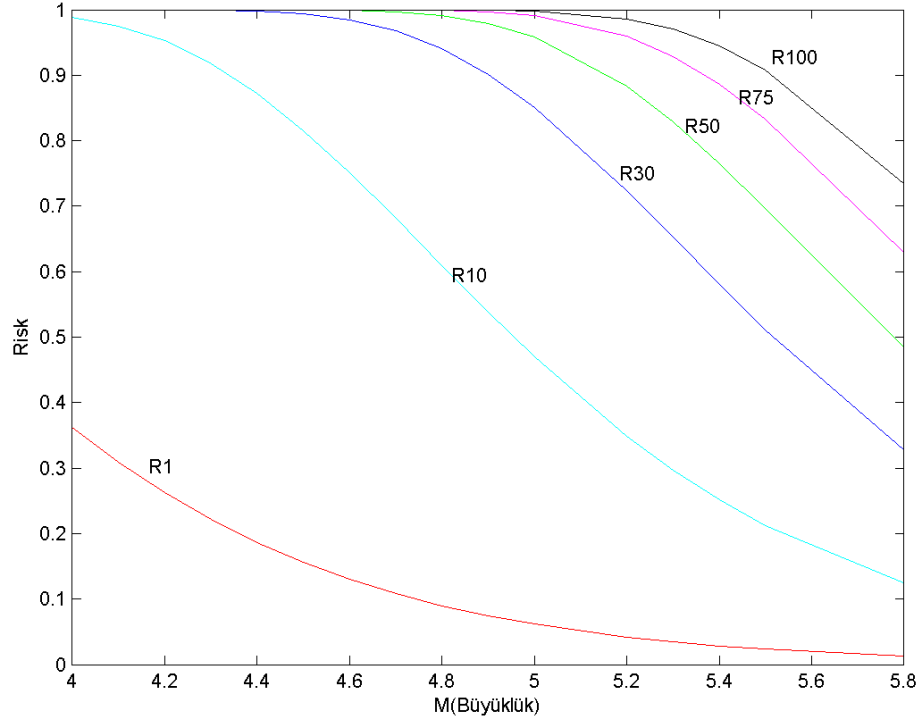


5	0.9385	0.0634
5.2	0.9580	0.0428
5.3	0.9653	0.0352
5.4	0.9714	0.0289
5.5	0.9764	0.0238
5.8	0.9868	0.0132

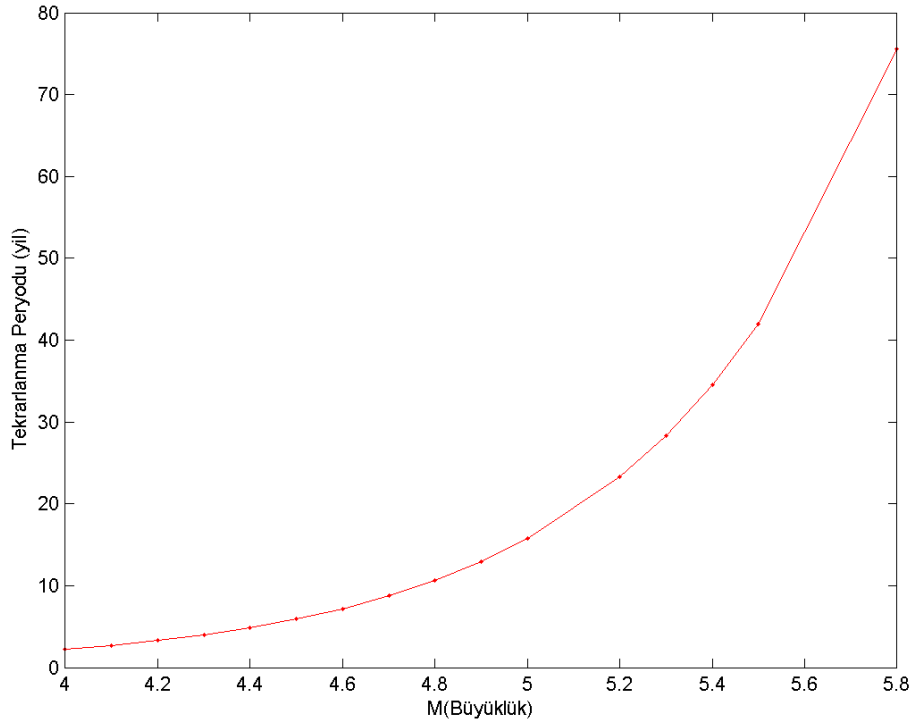
Alan 2' de, 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 6, tekrarlanma periyodu ise 15.75 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.8 olan bir depremin olma olasılığı % 73, tekrarlanma periyodu ise 75.54 yıl olarak elde edilmiştir (Tablo 26, Şekil 38 ve 39).

Tablo 30. Alan 2 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

M	N(M)	$R_1$	$R_{10}$	$R_{30}$	$R_{50}$	$R_{75}$	$R_{100}$	$T_r$
4.0	0.4504	0.36	0.99	1	1	1	1	2.22
4.1	0.3702	0.31	0.98	1	1	1	1	2.70
4.2	0.3044	0.26	0.95	1	1	1	1	3.29
4.3	0.2502	0.22	0.92	1	1	1	1	4.00
4.4	0.2057	0.19	0.87	1	1	1	1	4.86
4.5	0.1691	0.16	0.82	0.99	1	1	1	5.91
4.6	0.1390	0.13	0.75	0.98	1	1	1	7.19
4.7	0.1143	0.11	0.68	0.97	1	1	1	8.75
4.8	0.0939	0.09	0.61	0.94	0.99	1	1	10.65
4.9	0.0772	0.07	0.54	0.90	0.98	1	1	12.95
5.0	0.0635	0.06	0.47	0.85	0.96	0.99	1	15.75
5.2	0.0429	0.04	0.35	0.72	0.88	0.96	0.99	23.31
5.3	0.0353	0.03	0.30	0.65	0.83	0.93	0.97	28.36
5.4	0.0290	0.03	0.25	0.58	0.77	0.89	0.94	34.50
5.5	0.0238	0.02	0.21	0.51	0.70	0.83	0.91	41.96
5.8	0.0132	0.01	0.12	0.33	0.48	0.63	0.73	75.54



Şekil 38. Alan 2 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 39. Alan 2 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.2.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D)

Alan 3 için yıllık maksimum deprem büyüklükleri ( $M_{\max}$ ) Tablo 31' de verilmiştir. Yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin en büyüğü 7.3' dir (1912).

Tablo 31. Alan 3 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri

Yıl	$M_{\max}$	Yıl	$M_{\max}$
1912	7.3	1978	4.6
1917	5.3	1979	4
1928	4.3	1983	5.5
1935	6.4	1984	4.5
1942	5.6	1985	4.4
1953	7.2	1990	4.2
1954	5.1	1995	4.3
1956	4.5	1996	4.3
1960	4.1	1997	4
1966	4.9	1999	5
1967	4.2	2001	4
1969	5.6	2003	4
1973	4.2	2004	4
1975	4.1	2005	4

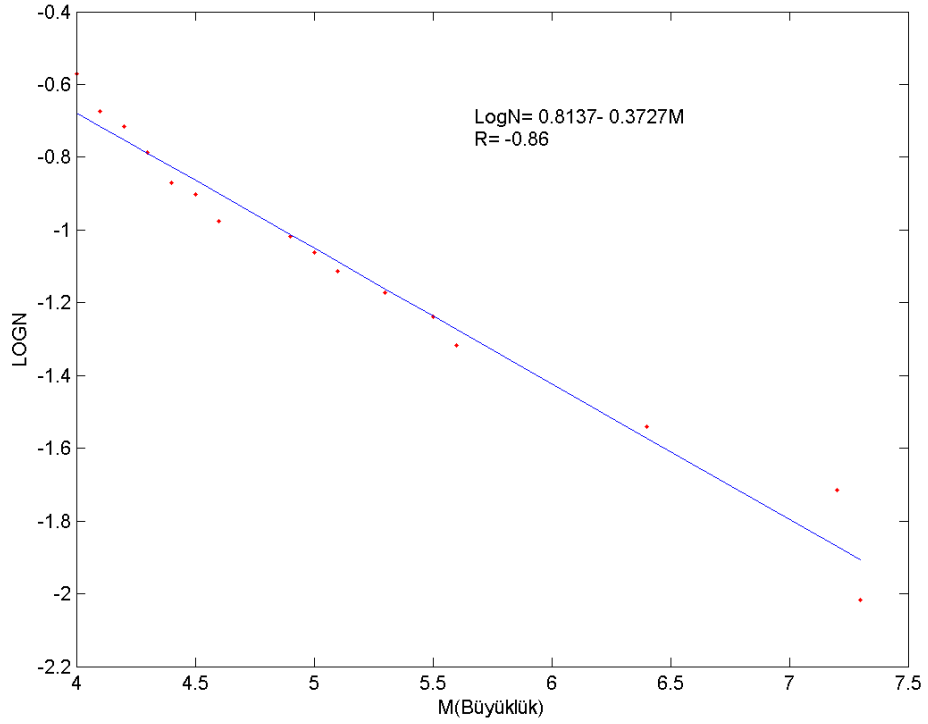
$n_c$ : inceleme zaman periyodunu ( 2006-1903=103 yıl),  $N_c$ ; bu periyod içinde  $M$  ve  $M'$  den büyük deprem sayısını,  $N = N_c / (n_c + 1)$  olmak üzere  $M$  ve  $M'$  den büyük depremlerin yıllık oluş sayısını göstermektedir (Tablo 32).

Tablo 32. Alan 3 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları

$M$	$N_c$	$N$	$\text{Log}N$
4.0	28	0.26923	-0.56988
4.1	22	0.21154	-0.67461
4.2	20	0.19231	-0.716

4.3	17	0.16346	-0.78658
4.4	14	0.13462	-0.87091
4.5	13	0.125	-0.90309
4.6	11	0.10577	-0.97564
4.9	10	0.096154	-1.017
5.0	9	0.086538	-1.0628
5.1	8	0.076923	-1.1139
5.3	7	0.067308	-1.1719
5.5	6	0.057692	-1.2389
5.6	5	0.048077	-1.3181
6.4	3	0.028846	-1.5399
7.2	2	0.019231	-1.716
7.3	1	0.0096154	-2.017

Tablo 32' de verilen değerler kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile LogN-M grafiği elde edilmiş ve  $a = 0.8137$  ve  $b = 0.3727$  olarak hesaplanmıştır (şekil 40).



şekil 40. Alan 3 için yıllık maksimum depremlerin büyükük- frekans ilişkisi.

Gumbel dağılımında kullanılan regresyon katsayıları  $\alpha= 6.4585$  ve  $\beta= 0.8582$  bulunmuştur.  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri kullanılarak bir yıl içinde büyüklüğü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılma olasılıkları ( $G(M)$ ) hesaplanmıştır. Büyüklüğü 5.0 olan bir deprem için bir yılda aşılma olasılığı %91 olarak elde edilmiştir (Tablo 33).

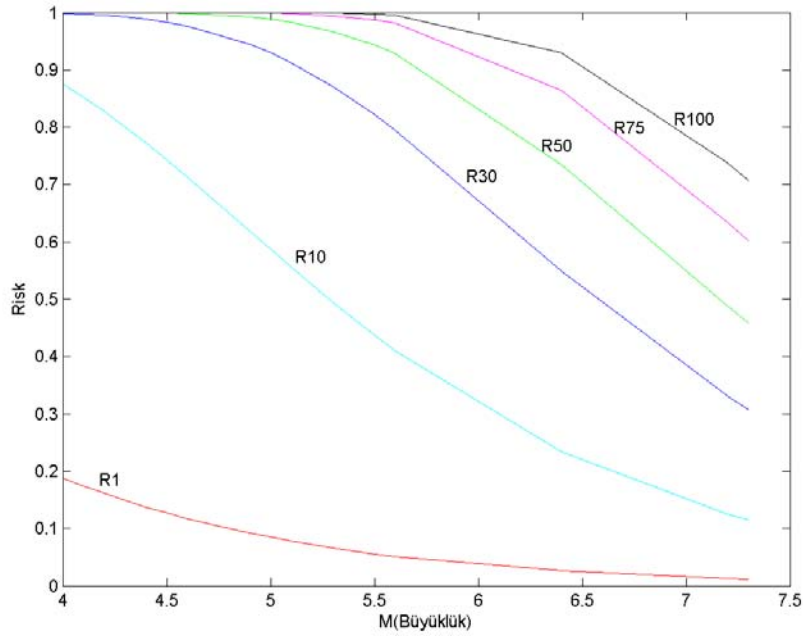
Tablo 33. Alan 3 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları

<b>M</b>	<b>G(M)</b>	<b>N(M)</b>
4.0	0.8118	0.2085
4.1	0.8258	0.1914
4.2	0.8389	0.1756
4.3	0.8511	0.1612
4.4	0.8625	0.1479
4.5	0.8731	0.1358
4.6	0.8829	0.1246
4.9	0.9082	0.0963
5.0	0.9154	0.0884
5.1	0.9221	0.0811
5.3	0.9340	0.0683
5.5	0.9441	0.0575
5.6	0.9486	0.0528
6.4	0.9738	0.0266
7.2	0.9867	0.0123
7.3	0.9878	0.0134

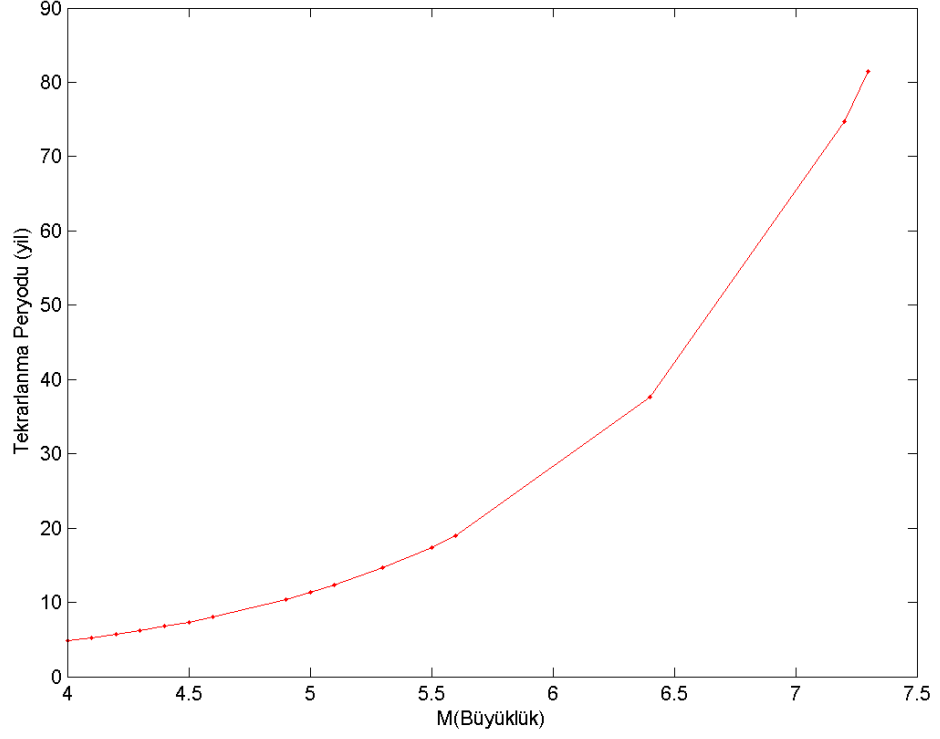
Alan 3' de, 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 8, tekrarlanma periyodu ise 11.31 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 7.3 olan bir depremin olma olasılığı % 71, tekrarlanma periyodu ise 81.44 yıl olarak elde edilmiştir (Tablo 34, Şekil 41 ve 42).

Tablo 34. Alan 3 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

M	N(M)	$R_1$	$R_{10}$	$R_{30}$	$R_{50}$	$R_{75}$	$R_{100}$	$T_r$
4.0	0.2085	0.19	0.88	1	1	1	1	4.80
4.1	0.1914	0.17	0.85	1	1	1	1	5.23
4.2	0.1756	0.16	0.83	0.99	1	1	1	5.69
4.3	0.1612	0.15	0.80	0.99	1	1	1	6.20
4.4	0.1479	0.14	0.77	0.99	1	1	1	6.76
4.5	0.1358	0.13	0.74	0.98	1	1	1	7.37
4.6	0.1246	0.12	0.71	0.98	1	1	1	8.03
4.9	0.0963	0.09	0.62	0.94	0.99	1	1	10.38
5.0	0.0884	0.08	0.59	0.93	0.99	1	1	11.31
5.1	0.0811	0.08	0.56	0.91	0.98	1	1	12.33
5.3	0.0683	0.07	0.50	0.87	0.97	0.99	1	14.64
5.5	0.0575	0.06	0.44	0.82	0.94	0.99	1	17.38
5.6	0.0528	0.05	0.41	0.79	0.93	0.98	0.99	18.93
6.4	0.0266	0.03	0.23	0.55	0.74	0.86	0.93	37.62
7.2	0.0134	0.01	0.13	0.33	0.49	0.63	0.74	74.75
7.3	0.0123	0.01	0.12	0.31	0.46	0.60	0.71	81.44



Şekil 41. Alan 3 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk.



Şekil 42. Alan 3 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları.

### 3.2.5. Alan 4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D)

Alan 4 için yıllık maksimum deprem büyüklükleri ( $M_{max}$ ) Tablo 35' de verilmiştir. Yıllık maksimum deprem büyüklüklerinin en büyüğü 5.9' dur (1942).

Tablo 35. Alan 4 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri

Yıl	$M_{\max}$	Yıl	$M_{\max}$
1916	4.3	1976	4
1924	5.4	1977	4.2
1925	4.6	1980	4.1
1942	5.9	1985	4.6
1952	4.6	1991	4
1965	4.4	1998	4.4
1967	4.4	2000	4.2
1969	4.2	2004	4.5
1971	5	2005	4
1974	4.2		

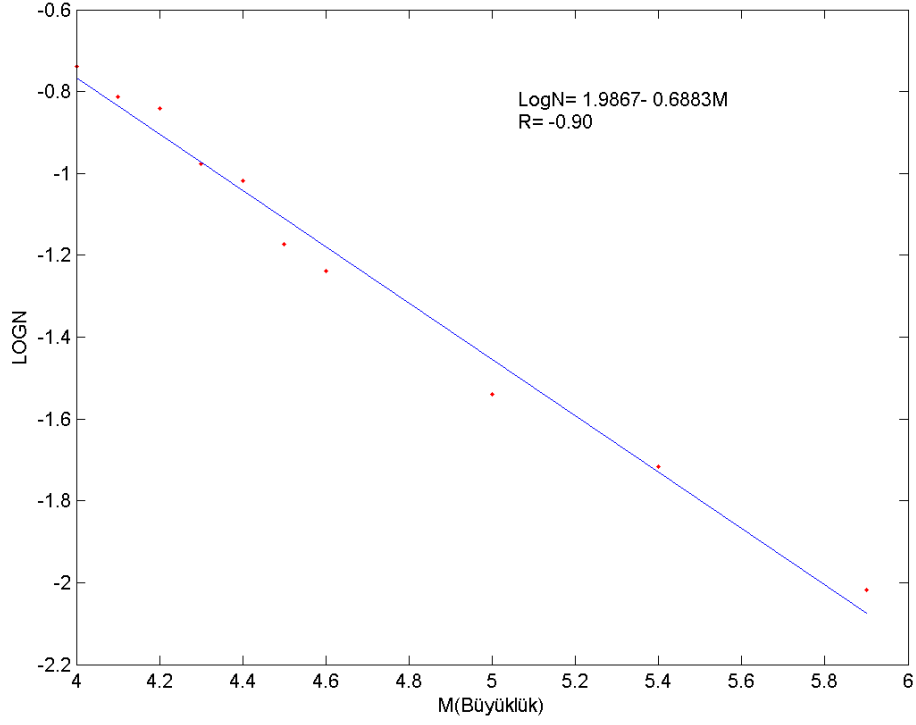
$n_t$ : inceleme zaman periyodunu ( 2006-1903=103 yıl),  $N_c$ ; bu periyod içinde M ve M' den büyük deprem sayısını,  $N = N_c / (n_t + 1)$  olmak üzere M ve M' den büyük depremlerin yıllık oluş sayısını göstermektedir (Tablo 36).

Tablo 36. Alan 4 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları

M	$N_c$	$N=N_c/104$	LogN
4.0	19	0.18269	-0.73828
4.1	16	0.15385	-0.81291
4.2	15	0.14423	-0.84094
4.3	11	0.10577	-0.97564
4.4	10	0.096154	-1.017
4.5	7	0.067308	-1.1719
4.6	6	0.057692	-1.2389
5.0	3	0.028846	-1.5399
5.4	2	0.019231	-1.716
5.9	1	0.009615	-2.017

Tablo 36' da verilen değerler kullanılarak doğrusal regresyon analizi ile LogN-M grafiği elde edilmiş ve a= 1.9867 ve b= 0.6883 olarak hesaplanmıştır (Şekil 43).





Şekil 43. Alan 4 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük- frekans ilişkisi.

Gumbel dağılımında kullanılan regresyon katsayıları  $\alpha= 96.984$  ve  $\beta= 1.5849$  bulunmuştur.  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri kullanılarak bir yıl içinde büyüklüğü  $M'$  den büyük olan depremlerin aşılma olasılıkları ( $G(M)$ ) hesaplanmıştır. Büyüklüğü 5.0 olan bir deprem için bir yılda aşılma olasılığı %96 olarak elde edilmiştir (Tablo 37).

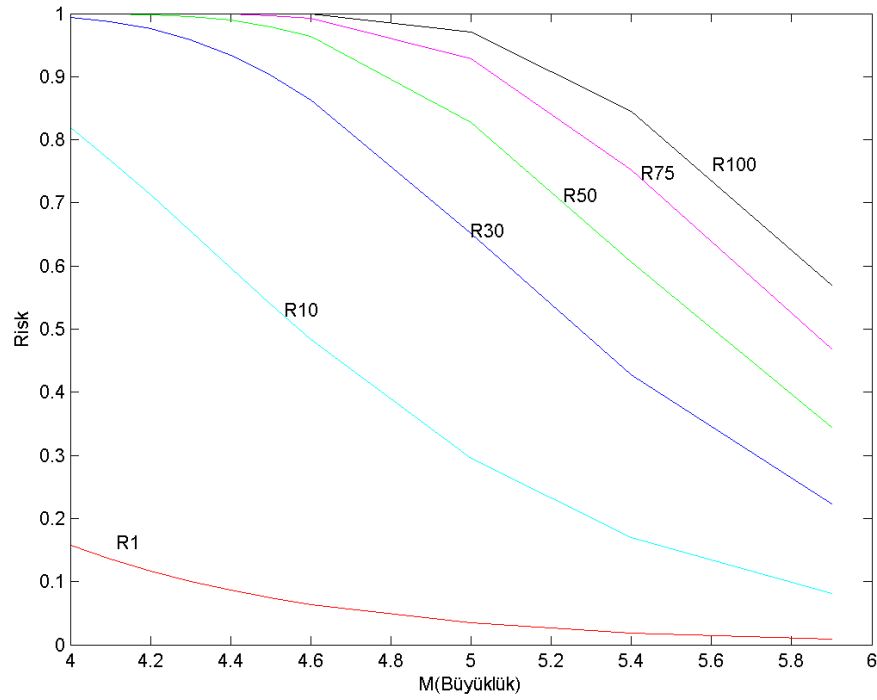
Tablo 37. Alan 4 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları

M	G(M)	N(M)
4.0	0.8427	0.1712
4.1	0.8641	0.1461
4.2	0.8828	0.1247
4.3	0.8991	0.1064
4.4	0.9132	0.0908
4.5	0.9254	0.0775
4.6	0.9360	0.0661
5.0	0.9655	0.0351
5.4	0.9816	0.0186
5.9	0.9916	0.0084

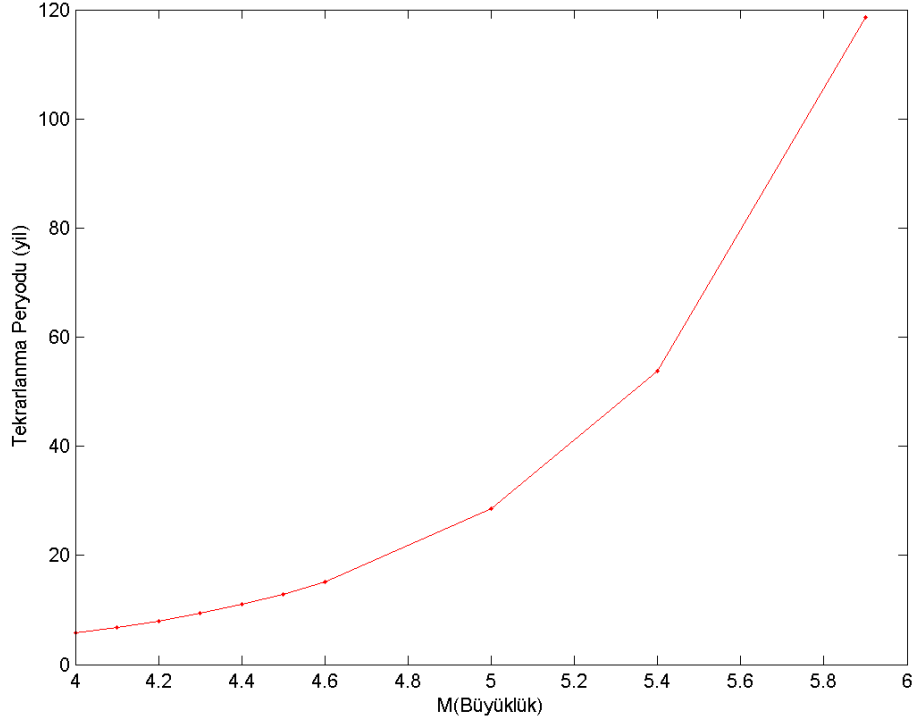
Alan 4' de, 1 yıl içerisinde büyüklüğü 5.0 olan bir depremin olma olasılığı % 3, tekrarlanma periyodu ise 28.50 yıl olarak hesaplanmıştır. 100 yıl içerisinde büyüklüğü 5.9 olan bir depremin olma olasılığı % 57, tekrarlanma periyodu ise 118.65 yıl olarak elde edilmiştir (Tablo 38, Şekil 44 ve 45).

Tablo 38. Alan 4 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri

M	N(M)	$R_1$	$R_{10}$	$R_{30}$	$R_{50}$	$R_{75}$	$R_{100}$	$T_r$
4	0.1712	0.16	0.82	0.99	1	1	1	5.84
4.1	0.1461	0.14	0.77	0.99	1	1	1	6.84
4.2	0.1247	0.12	0.71	0.98	1	1	1	8.02
4.3	0.1064	0.10	0.65	0.96	1	1	1	9.40
4.4	0.0908	0.09	0.60	0.93	0.99	1	1	11.01
4.5	0.0775	0.07	0.54	0.90	0.98	1	1	12.90
4.6	0.0661	0.06	0.48	0.86	0.96	0.99	1	15.12
5	0.0351	0.03	0.30	0.65	0.83	0.93	0.97	28.50
5.4	0.0186	0.02	0.17	0.43	0.61	0.75	0.84	53.72
5.9	0.0084	0.01	0.08	0.22	0.34	0.47	0.57	118.65



Şekil 44. Alan 4 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği.



Şekil 45. Alan 4 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği.

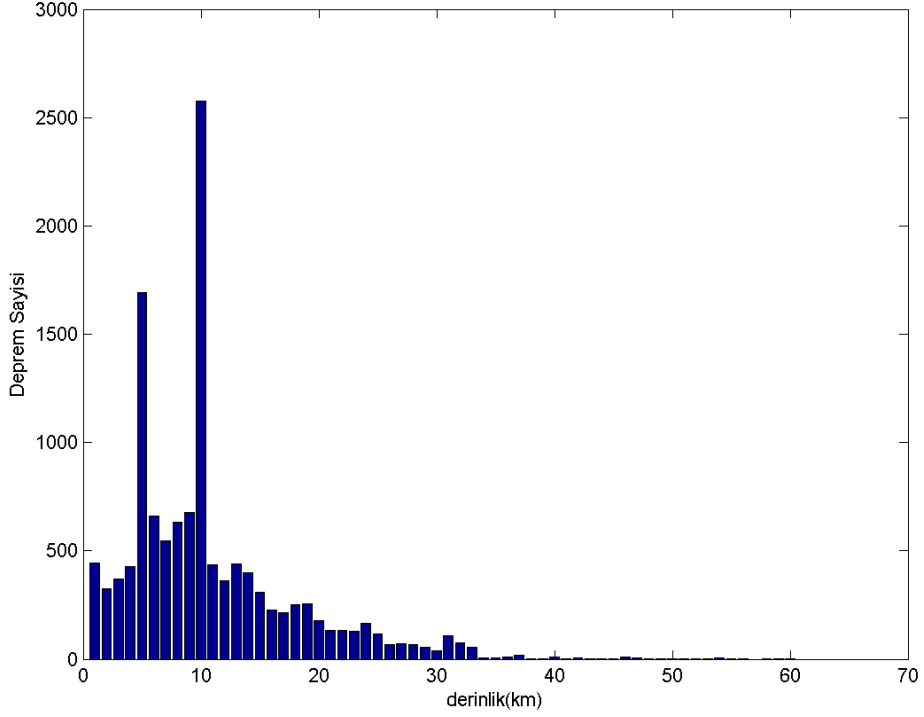
### 3.3. b Değerinin Derinlikle Değişimi

Düşük b değerlerinin gözlemlendiği alanlar enerjinin biriktiği bölgeleri, yüksek b değerleri ise enerjinin boşaldığı bölgeleri işaret eder (Weeks ve diğ., 1978). Yüksek b değerleri gerilmenin düşük olduğu bölgeleri işaret eder. Bu bölgelerde küçük depremler, büyük depremlere göre daha fazla oluşur (Jimenez ve diğ., 2005).

Gerilmenin hangi derinliklerde daha fazla olduğunu ve dolayısıyla enerjinin hangi derinliklerde biriktiğini araştırmak için, b değerinin derinlikle değişimi çalışma alanı ve alt bölgelerimiz için incelenmiştir.

### 3.3.1. Çalışma Alanı (39°-40° K, 25°-28° D)

1903 ile 2006 yılları arasında Çalışma Alanında meydana gelen depremlerin derinlikle dağılımı Şekil 46' da verilmiştir.



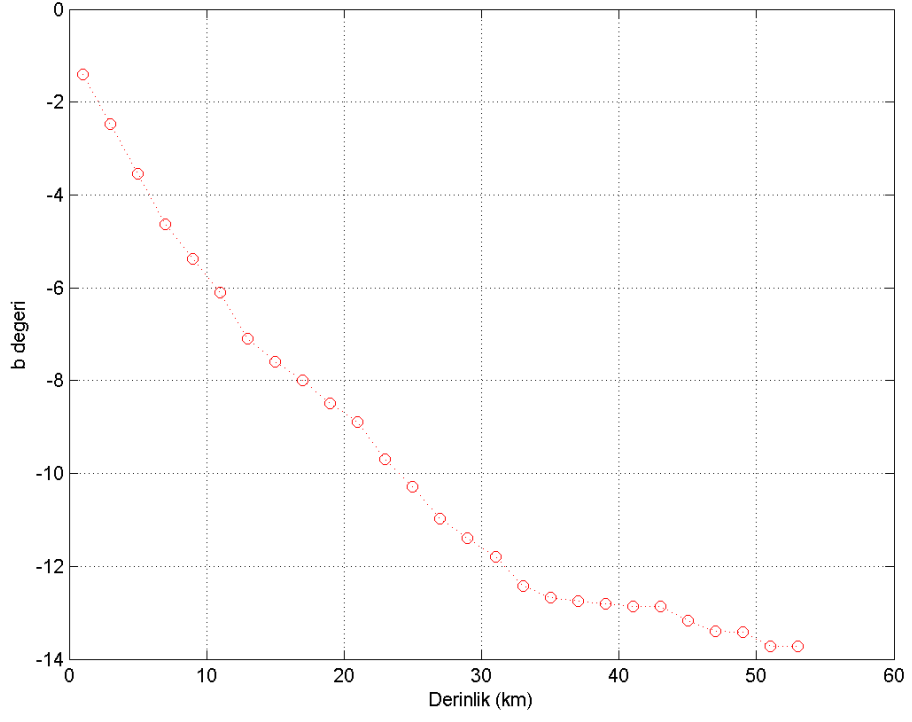
Şekil 46. Çalışma alanı için deprem sayısı - derinlik histogramı.

b değerinin derinlikle değişimi Tablo 39' da verilmiştir. Meydana gelen deprem sayına bağlı olarak b değerinin değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 39. Çalışma alanı için b tektonik parametresinin derinlik ile değişimi

<b>Derinlik (km) b değeri</b>	<b>Derinlik (km) b değeri</b>
0-1 1.410	27-29 0.433
1-3 1.065	29-31 0.400
3-5 1.076	31-33 0.623
5-7 1.080	33-35 0.260
7-9 0.751	35-37 0.060
9-11 0.729	37-39 0.063
11-13 0.980	39-41 0.066
13-15 0.499	41-43 0.000
15-17 0.399	43-45 0.301
17-19 0.492	45-47 0.226
19-21 0.405	47-49 0.024
21-23 0.805	49-51 0.301
23-25 0.599	51-53 0.000
25-27 0.675	

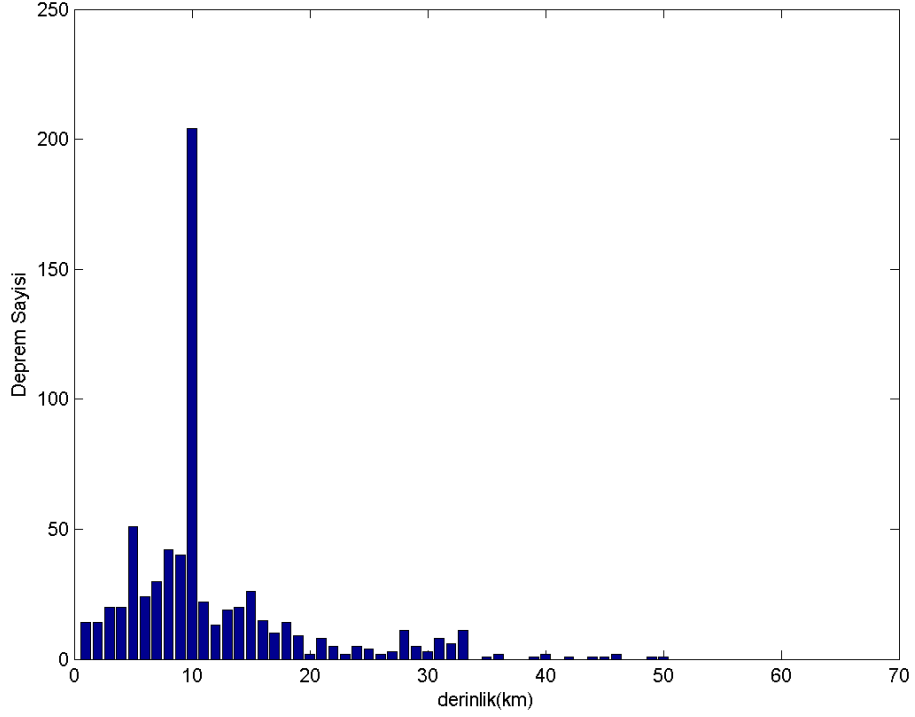
Çalışma alanı için b değerinin kümülatif olarak derinlikle değişimi Şekil 47' de verilmiştir. Şekil 47' ye bakıldığında yaklaşık 0-20 km arasında daha yüksek b değerlerini görmekteyiz. Bu sonuç bölgenin enerji boşalım alanı olduğuna işaret etmektedir (Weeks ve diğ., 1978). Aynı zamanda düşük gerilme alanı olduğunu ve bölgede küçük depremlerin büyük depremlere göre daha fazla meydana geldiğini göstermektedir (Jimenez ve diğ., 2005). Yaklaşık 20 km' den sonrasında ise b değerinin daha düşük değerler aldığı görülmektedir. Bu da 20 km ve üzerindeki bölgenin enerji birikim bölgesi olduğunu göstermektedir. Bununla beraber bölgenin yüksek gerilme alanı olduğunu işaret eder.



Şekil 47. Çalışma alanı için b değerinin derinlikle değişimi.

### 3.3.2. Alan 1 (40.1°-40.6° K, 25.1°-26.45° D)

1903 ile 2006 yılları arasında Alan 1’ de meydana gelen depremlerin derinlikle dağılımı Şekil 48’ de verilmiştir.



Şekil 48. Alan 1 için deprem sayısı - derinlik histogramı.

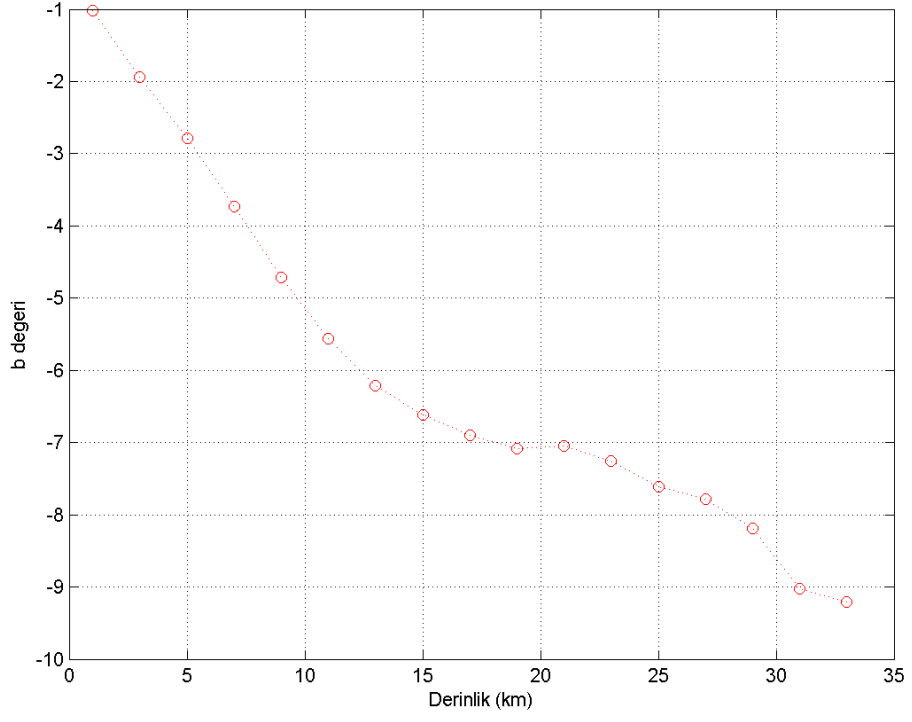
b değerinin derinlikle değişimi Tablo 40’ da verilmiştir. Meydana gelen deprem sayına bağlı olarak b değerinin değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 40. Alan 1 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi

Derinlik (km) b değeri	Derinlik (km) b değeri
0-1 1.015	17-19 0.181
1-3 0.926	19-21 0.043
3-5 0.842	21-23 0.215
5-7 0.954	23-25 0.352
7-9 0.976	25-27 0.176
9-11 0.850	27-29 0.398
11-13 0.649	29-31 0.845
13-15 0.408	31-33 0.179
15-17 0.284	

Alan 1 için b değerinin kümülatif olarak derinlikle değişimi Őekil 49' da verilmiştir. Őekil 49' a bakıldığında yaklaşık 0-15 km arasında daha yüksek b değerlerini gormekteyiz. Bu sonuç bølgenin enerji boşalım alanı olduğuna işaret etmektedir (Weeks ve dię., 1978). Aynı zamanda dūřuk gerilme alanı olduğunu ve bølgede kūuk depremlerin bŸyŸk depremlere gōre daha fazla meydana geldiğini gōstermektedir (Jimenez ve dię., 2005). Yaklaşık 15 km' den sonrasında ise b değerinin daha dūřuk değerler aldığı gōrŸlmektedir. Bu da 15 km ve Ÿzerindeki bølgenin enerji birikim bølgesi olduğunu gōstermektedir. Bununla beraber bølgenin yŸksek gerilme alanı olduğunu işaret eder.

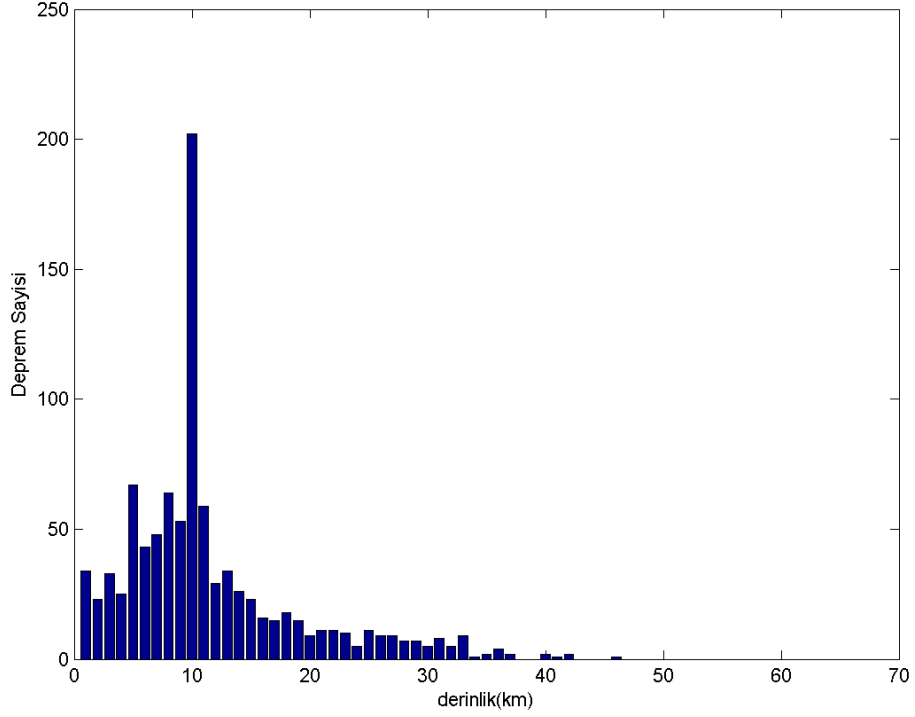




Şekil 49. Alan 1 için b değerinin derinlikle değişimi.

### 3.3.3. Alan 2 (39.1.1°-40.0° K, 25.3°-26.4° D)

1903 ile 2006 yılları arasında Alan 2’ de meydana gelen depremlerin derinlikle dağılımı Şekil 50’ de verilmiştir.



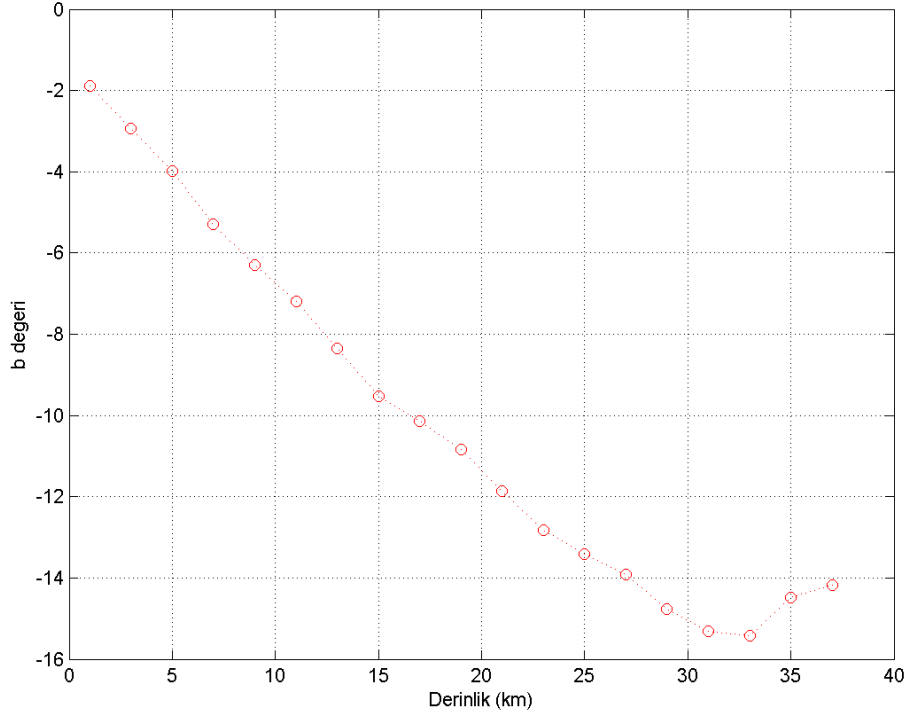
Şekil 50. Alan 2 için deprem sayısı - derinlik histogramı

b değerinin derinlikle değişimi Tablo 41’ de verilmiştir. Meydana gelen deprem sayına bağlı olarak b değerinin değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 41. Alan 2 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi

<b>Derinlik (km) b değeri</b>	<b>Derinlik (km) b değeri</b>
0-1 1.889	19-21 1.041
1-3 1.041	21-23 0.954
3-5 1.064	23-25 0.577
5-7 1.294	25-27 0.511
7-9 0.999	27-29 0.845
9-11 0.915	29-31 0.544
11-13 1.139	31-33 0.125
13-15 1.190	33-35 0.954
15-17 0.612	35-37 0.301
17-19 0.688	

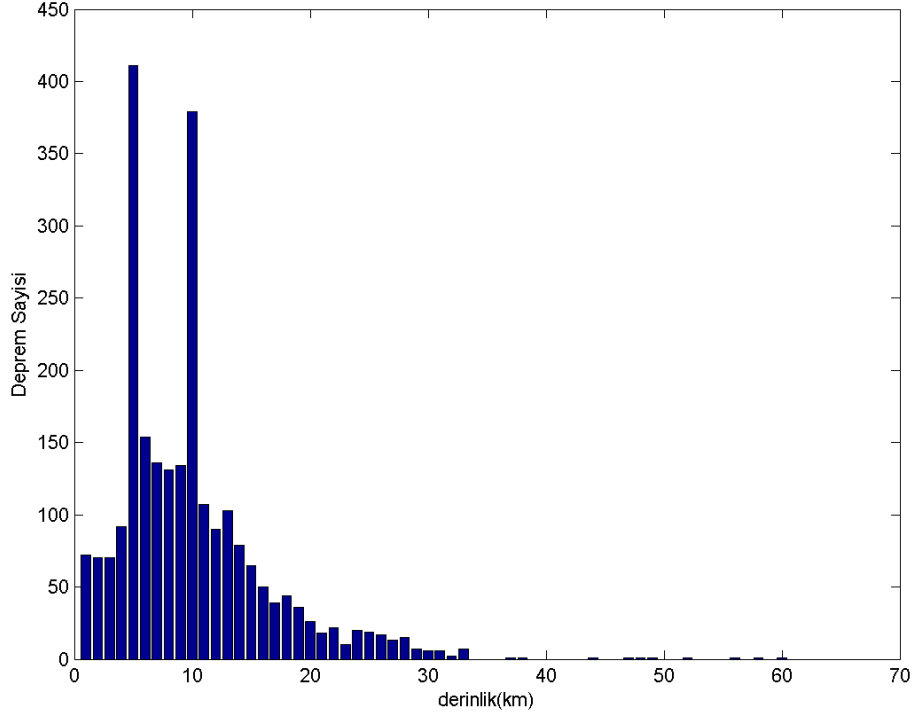
Alan 2 için b deęerinin kümülatif olarak derinlikle deęiřimi Őekil 51' de verilmiřtir. Őekil 51' e bakıldıęında yaklaşık 0-30 km arasında daha yüksek b deęerlerini gormekteyiz. Bu sonuç bølgenin enerji bořalım alanı olduęuna iřaret etmektedir (Weeks ve dię., 1978). Aynı zamanda dūřuk gerilme alanı olduęunu ve bølgede kūuk depremlerin būyuk depremlere gōre daha fazla meydana geldięini gōstermektedir (Jimenez ve dię., 2005). Yaklařık 30 km' den sonrasında ise b deęerinin daha dūřuk deęerler aldıęı gōr÷lmektedir. Bu da 30 km ve üzerindeki bølgenin enerji birikim bølgesi olduęunu gōstermektedir. Bununla beraber bølgenin yūysek gerilme alanı olduęunu iřaret eder.



Şekil 51. Alan 2 için b değerinin derinlikle değişimi.

### 3.3.4. Alan 3 (39.8°-40.9° K, 26.5°-27.8° D)

1903 ile 2006 yılları arasında Alan 3' de meydana gelen depremlerin derinlikle dağılımı Şekil 52' de verilmiştir.



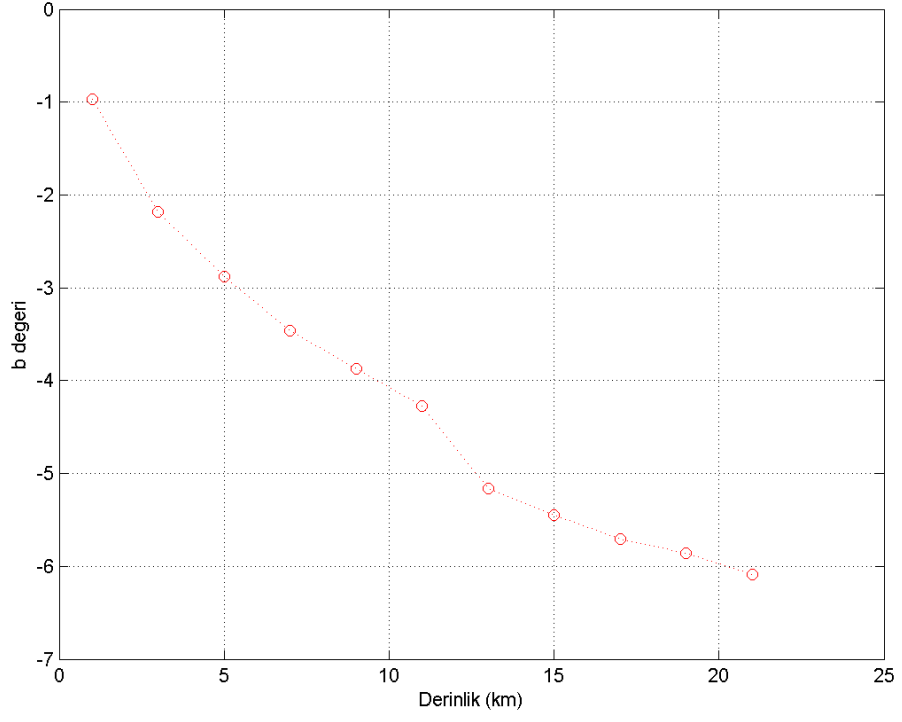
Şekil 52. Alan 3 için deprem sayısı - derinlik histogramı.

b değerinin derinlikle değişimi Tablo 42' de verilmiştir. Meydana gelen deprem sayına bağlı olarak b değerinin değiştiği gözlemlenmektedir.

Tablo 42. Alan 3 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi

Derinlik (km)	b değeri
0-1	0.974
1-3	1.204
3-5	0.699
5-7	0.586
7-9	0.412
9-11	0.401
11-13	0.888
13-15	0.288
15-17	0.249
17-19	0.155
19-21	0.228

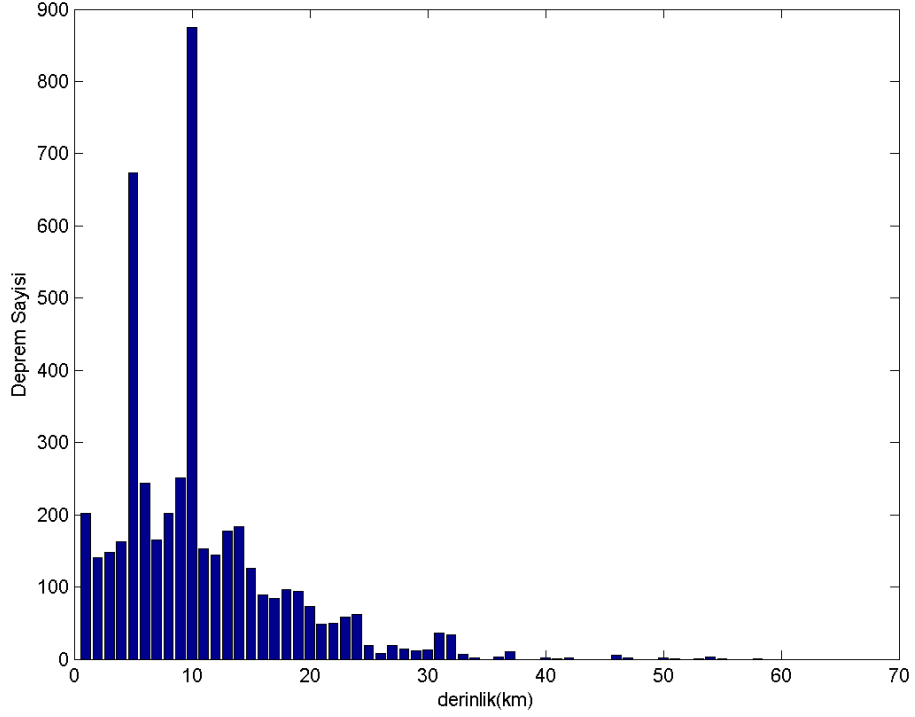
Alan 3 için b değerinin kümülatif olarak derinlikle değişimi Őekil 53' de verilmiştir. Őekil 53' e bakıldığında yaklaşık 0-15 km arasında daha yüksek b değerlerini gormekteyiz. Bu sonuç bølgenin enerji boşalım alanı olduğuna işaret etmektedir (Weeks ve dię., 1978). Aynı zamanda dūřuk gerilme alanı olduğunu ve bølgede kūuk depremlerin bŸyŸk depremlere gōre daha fazla meydana geldiğini gōstermektedir (Jimenez ve dię., 2005). Yaklaşık 15 km' den sonrasında ise b değerinin daha dūřuk değerler aldığı gōrŸlmektedir. Bu da 15 km ve Ÿzerindeki bølgenin enerji birikim bølgesi olduğunu gōstermektedir. Bununla beraber bølgenin yüksek gerilme alanı olduğunu işaret eder.



Şekil 53. Alan 3 için b değerinin derinlikle değişimi.

### 3.3.5. Alan 4 (39.1°-39.7° K, 26.8°-27.8° D)

1903 ile 2006 yılları arasında Alan 4’ de meydana gelen depremlerin derinlikle dağılımı Şekil 54’ de verilmiştir.



Şekil 54. Alan 4 için deprem sayısı - derinlik histogramı.

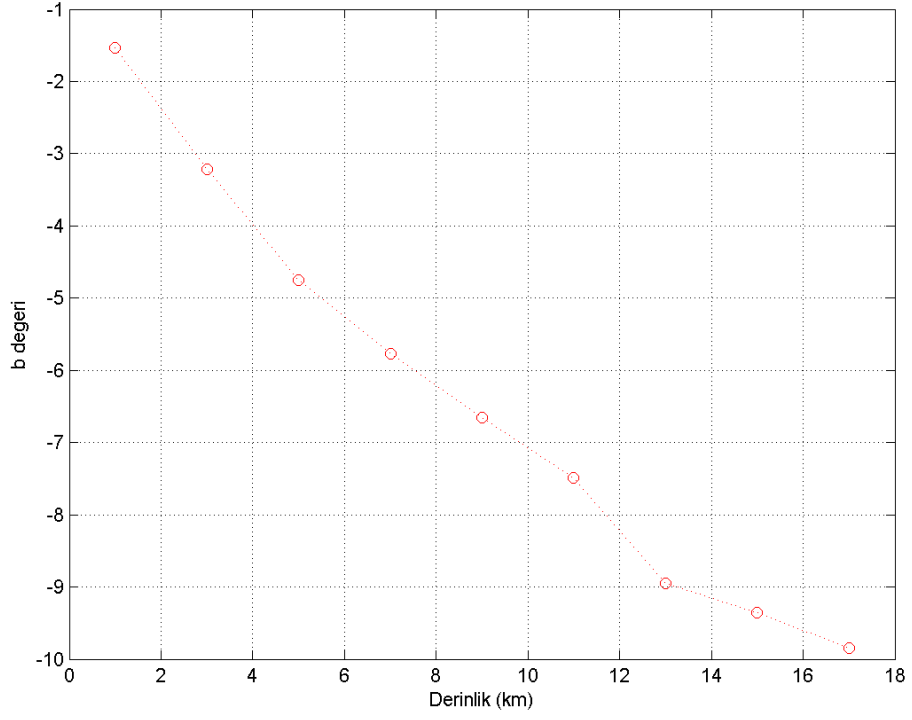
b değerinin derinlikle değişimi Tablo 43’ de verilmiştir. Meydana gelen deprem sayına bağlı olarak b değerinin değiştiği gözlemlenmektedir.



Tablo 43. Alan 4 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi

Derinlik (km)	b değeri
1	1.532
3	1.690
5	1.532
7	1.021
9	0.880
11	0.838
13	1.454
15	0.414
17	0.488

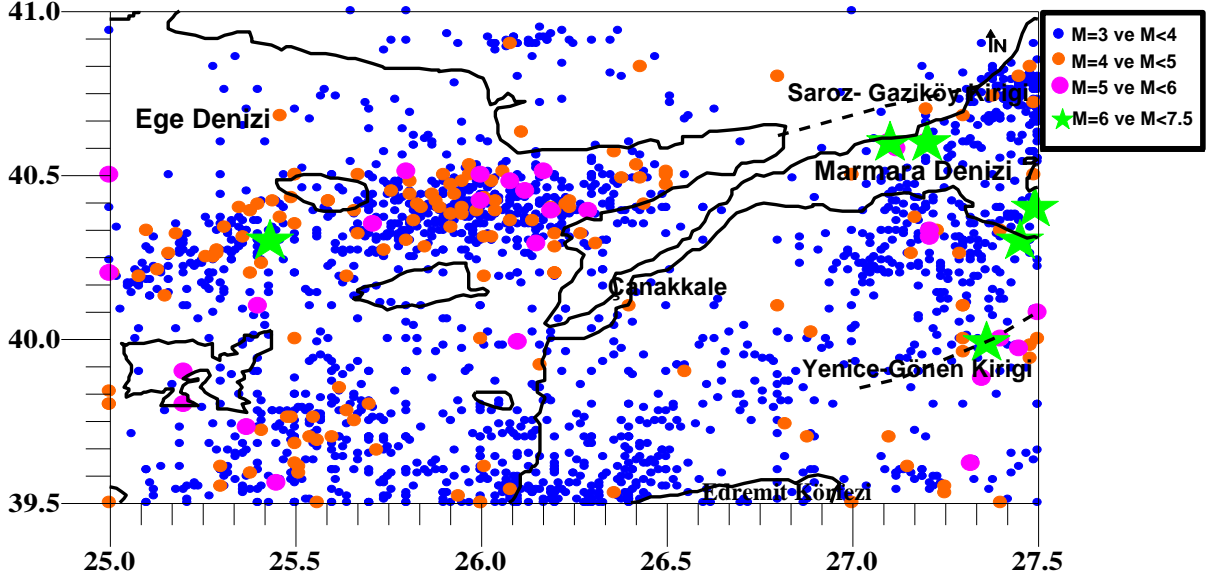
Alan 4 için b değerinin kümülatif olarak derinlikle değişimi Şekil 55' de verilmiştir. Şekil 55' e bakıldığında yaklaşık 0-15 km arasında daha yüksek b değerlerini gormekteyiz. Bu sonuç bølgenin enerji boşalım alanı olduğuna işaret etmektedir (Weeks ve diğ., 1978). Aynı zamanda düşük gerilme alanı olduğunu ve bølgede küçük depremlerin büyük depremlere göre daha fazla meydana geldiğini göstermektedir (Jimenez ve diğ., 2005). Yaklaşık 15 km' den sonrasında ise b değerinin daha düşük değerler aldığı görölmektedir. Bu da 15 km ve üzerindeki bølgenin enerji birikim bølgesi olduğunu göstermektedir. Bununla beraber bølgenin yüksek gerilme alanı olduğunu işaret eder.



Şekil 55. Alan 4 için b değerinin derinlikle değişimi.

### 3.4. b Tektonik Parametresinin Dağılım Haritası

1903-2006 yılları arasında, inceleme bölgesinde meydana gelmiş deprem büyüklüklerinin dağılımı Şekil 56' da verilmiştir.



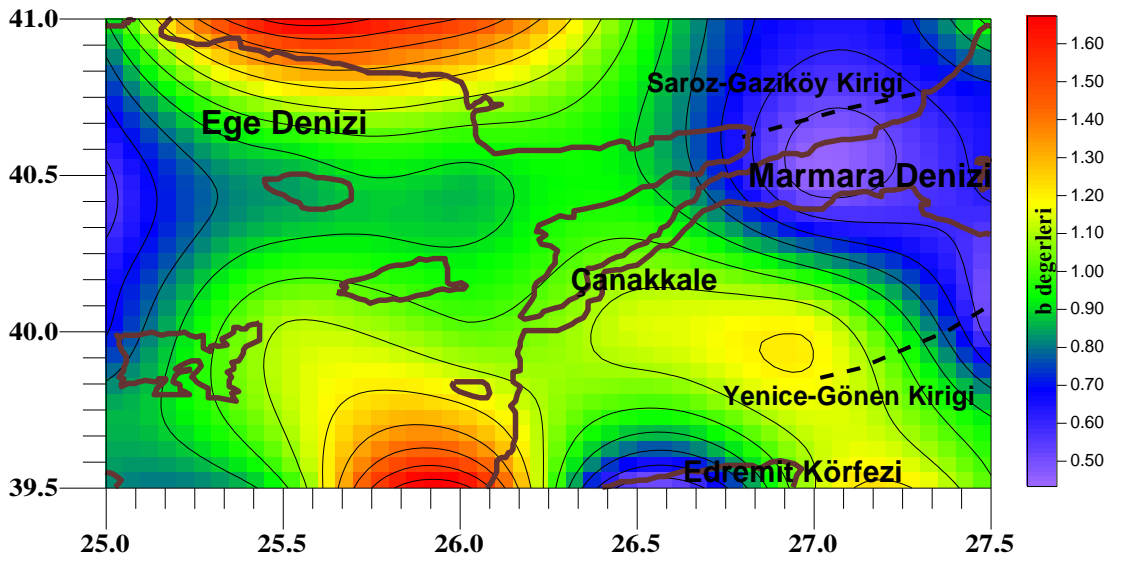
Şekil 56. 1903-2006 yılları arasında inceleme bölgesinde meydana gelen depremlerin oluşturduğu sismisite haritası.

b tektonik parametresi incelenen bölgenin tektonik özellikleriyle ilişkili olarak değişim göstermektedir. b parametresi kırılma bölgesinin büyüklüğüne, heterojenitesine ve gerilme seviyesine bağlıdır (Mogi, 1967; Scholz, 1968). Heterojenite artarsa b değerinde yükselme görülür (Mogi, 1962).

b değerinin azaldığı bölgeler göreceli olarak deformasyon enerjisinin arttığı (Neunhoefer ve Gueth, 1989), yüksek gerilme alanları olarak değerlendirilir. Yüksek b değerleri de düşük gerilme alanlarını gösterir (Yılmaztürk ve Burton, 1999). Bu bölgelerde küçük depremler, büyük depremlere göre daha fazla oluşur (Jimenez ve diğ., 2005). Düşük b değerlerinin gözlemlendiği bölgelerde büyük depremler beklenebilir (Turcotte, 1989).

Düşük b tektonik parametresinin bir anlamı deprem oluşma riskidir. Haritada gözlemlenen düşük b- değerlerinin olduğu alanlar, deprem oluşma riskinin yüksek olduğu alanları ifade eder (Yılmaz ve diğ., 2006).

1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan deprem verileri kullanılarak, çalışma alanı için  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  ' lik bir grid ağı oluşturularak hesaplanan b değerleri konturlanmıştır (Şekil 57).

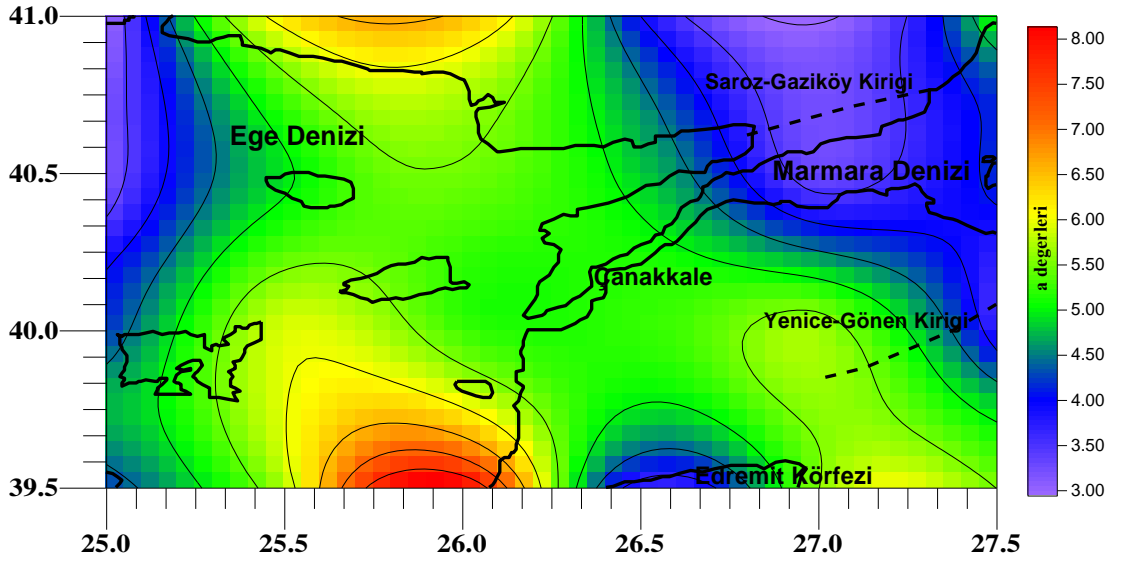


Şekil 57. b tektonik parametresinin dağılım haritası.

İnceleme alanında b değerleri  $0.4507 \leq b \leq 1.6175$  aralığında hesaplanmıştır. b değerinin düşük olduğu alanlar yüksek gerilme alanlarına işaret etmektedir. Dolayısıyla bu alanlarda deprem oluşma riskinin daha fazla olduğu söylenebilir. Bu bölgelerde büyük depremler meydana gelebilir. Bu sonuç Şekil 56' daki çalışma alanına ait sismisite haritasıyla genel olarak uyum göstermektedir. Saroz- Gaziköy ve Yenice-Gönen kırıklarının bulunduğu alanlarda daha düşük b değeri elde edilmiştir. Bu kırık kuşakları üzerinde geçmişte büyük depremler olmuştur.

### 3.5. a Değerinin Dağılım Haritası

1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan deprem verileri kullanılarak, çalışma alanı için  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  ' lik bir grid ağı oluşturularak hesaplanan a değerleri konturlanmıştır (Şekil 58).



Şekil 58. a değerinin dağılım haritası.

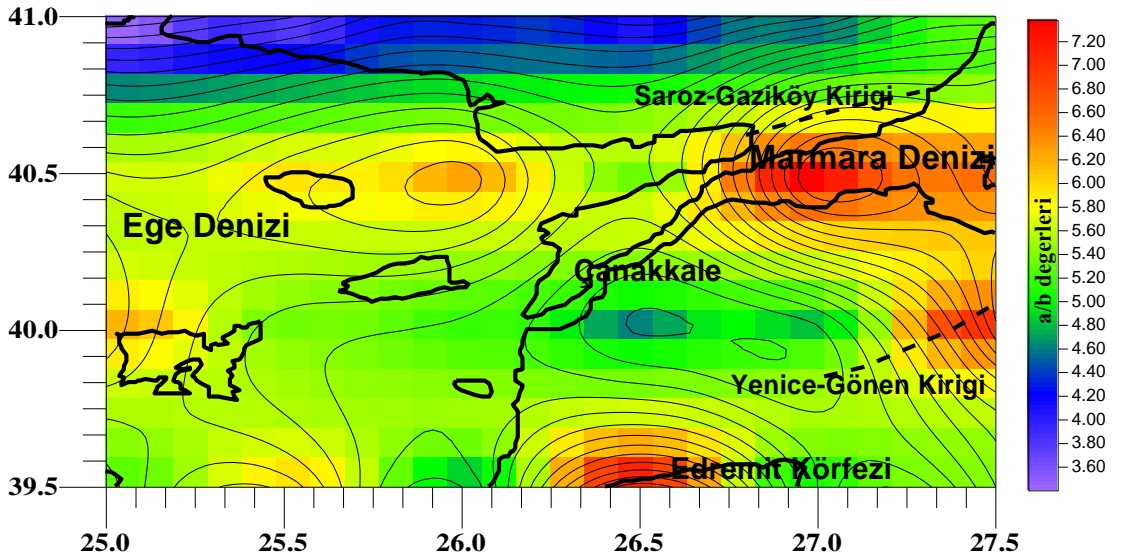
a değeri incelenen bölgenin genişliğine, gözlem periyoduna ve bölgenin deprem aktivitesine bağlı olarak değişmektedir. Büyük a değerlerinin olduğu alanlar, düşük dayanımlı ve kırılmanın daha sık gözlemlendiği ya da beklenebileceği alanlardır. Bu bölgelerde b değerleri de yüksektir. Yüksek dayanımlı kırıkların ve gerilme konsantrasyonunun büyük olduğu alanlarda düşük a değerleri (düşük b) gözlemlenir (Yılmaz ve diğ., 2006). İnceleme alanında a değerleri  $2.9523 \leq a \leq 7.8490$  aralığında hesaplanmıştır. Daha düşük a değerleri Saroz- Gaziköy ve Yenice- Gönen kırıklarının bulunduğu alanlarda görülmüştür. Geçmişte bu kırıklar büyük ve yıkıcı depremlere neden olmuştur.

### 3.5. a/b Değerinin Dağılım Haritası

Son yıllarda yapılan çalışmalar, tek başına a ve b parametrelerine karşın a/b değerinin sismisiteyi daha iyi yansıttığını ortaya koymuştur (Yılmaztürk ve Burton, 1999, Bayrak ve diğ., 2002, Bayrak ve diğ., 2005, Bayrak ve diğ., 2008).

a/b değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde büyük ve yıkıcı depremlerin olduğu gözlemlenmektedir. Bu bölgelerde aynı zamanda düşük b değerleri görülmektedir (Bayrak ve diğ., 2005).

1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü  $M \geq 3$  olan deprem verileri kullanılarak, çalışma alanı için  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  ' lik bir grid ağı oluşturularak hesaplanan a/b değerleri konturlanmıştır (Şekil 59).



Şekil 59. a/b değerinin dağılım haritası.

İnceleme alanında a/b değerleri  $3.40 \leq a/b \leq 7.3790$  aralığında hesaplanmıştır. a/b değerinin yüksek olduğu alanlar sismik aktivitenin yoğun olduğu kırılma bölgelerini işaret etmektedir. Aynı zamanda bu bölgelerde göreceli olarak b değerlerinin düştüğü görülmektedir (Şekil 57).

a/b değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde büyük ve yıkıcı depremlerin olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 56). Saroz- Gaziköy ve Yenice-Gönen kırıkları geçmişte büyük depremlere neden olmuş kırıklardır. Bu kırıkların bulunduğu alanlarda a/b değerleri yüksek hesaplanmıştır. a/b değerinin yüksek olduğu bir diğer alan da Edremit Körfezi' nin kuzeyidir. Şekil 56' ya baktığımızda, bu bölgede büyük deprem görmemekteyiz. anakkale' nin merkezi ve yakın çevresinde düşük a/b değerleri elde edilmiştir. Bu bölgede büyük depremlerin gözlemlenmediği bir bölgedir (Şekil 56).

## BÖLÜM 4

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Çanakkale ve yakın çevresinin deprem riskinin incelendiği bu çalışmada, 39° – 40° K enlemleri ve 25° –28° D boylamları ile sınırlanan çalışma alanı içinde 1903-2006 yılları arasında meydana gelmiş, büyüklüğü  $M \geq 3$  olan 4933 adet deprem verisi kullanılmıştır. Bölgede 100 yıl içinde  $M \geq 7.0$  büyüklüğündeki bir depremin oluşma riski Poisson dağılımına' a göre %62, Gumbel dağılımına' a göre %90 olarak bulunmuştur. Büyüklüğü 7.2 olan bir depremin tekrarlanma peryodu Poisson' a göre 145 yıl, Gumbel' a göre ise 54 yıl olarak elde edilmiştir.

Gumbel Uç Değerler Dağılımına göre, tüm bölge için bir yıl içerisinde büyüklüğü 5.0'dan büyük depremlerin aşılma olasılığı % 75, magitüdü 7.0' den büyük depremlerin aşılma olasılığı ise % 97 olarak hesaplanmıştır.

Düşük b değerinin anlamının deprem riski olduğu daha önce yapılan çalışmalarda verilmiştir. Sismik alt bölgelerimiz arasında, b değerinin en düşük olduğu bölgenin Alan 3 olduğu görülmektedir ( $b= 0.5941$ ). Dolayısıyla deprem oluşma riskinin en fazla olduğu bölge Alan 3' tür. Alan 3 için, 100 yıl içinde büyüklüğü 7.3 olan bir depremin oluşma riski Poisson dağılımına göre %46 iken, Gumbel dağılımına göre ise %71'dir. Aynı büyüklükteki bir depremin tekrarlanma peryodu Poisson' a göre 158 yıl iken, Gumbel' a göre ise 82 yıl hesaplanmıştır.

Çalışma alanımızda Poisson ve Gumbel risk dağılım sonuçları genel olarak büyüklüğü 6.0' dan büyük depremler için farklılık göstermektedir. Poisson modeli her durumda diğer modellere nazaran daha emniyetli tarafta (konservatif) deprem tehlikesi sonuçları doğurmaktadır (Jordanovski ve Todorovska, 1995' e göre Erdik ve diğ., 2003). İstatistik veriler Poisson modelinin orta ve büyük depremler için geçerli olduğunu göstermektedir (Gençoğlu, 1972, Tabban ve Gençoğlu, 1975). Bu nedenle, özellikle büyüklüğü 6.0' dan büyük depremler için Poisson dağılımı sonuçları dikkate alınmalıdır.



a/b değerlerinin yüksek olduğu bölgelerde büyük ve yıkıcı depremlerin olduğu gözlemlenmektedir. Bu bölgelerde aynı zamanda düşük b değerleri görülmektedir (Bayrak ve diğ., 2005). Sismik bölgelerimizi bu yönde incelediğimizde; Alan 3' de en büyük a/b değerini ( $a/b=7.2119$ ) ve en düşük b değerini ( $b=0.5941$ ) görmekteyiz. Bu sonuç Alan 3' de meydana gelmiş 7.3, 7.2, 6.4 ve 6.3 büyüklüğündeki depremlerle uyum göstermektedir. Aynı zamanda, Alan 3' ün sınırları içinde Saroz-Gaziköy ve Yenice- Gönen kırıkları bulunmaktadır. Alan 2' de a/b değeri 5.7844, Alan 4' de de 5.6648 olarak hesaplanmıştır. Bu bölgelerde meydana gelmiş en büyük deprem büyüklüklerine baktığımızda: Alan 2' de 5.0, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 ve 5.8 büyüklüklerini; Alan 4' de ise 5.0, 5.1, 5.5 ve 5.9 büyüklüklerini görmekteyiz.

Gerek tüm çalışma alanı gerekse alt sismik bölgeler için b değerinin derinlikle değişimi incelendiğinde; enerjinin boşaldığı alanlarda yüksek b değerleri, biriktiği alanlarda ise düşük b değerleri elde edilmiştir. Ortalama 0-20 km arası derinliklerde b değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Bu derinlikler enerjinin boşaldığı alanları işaret etmektedir. Bu derinliklerin oluşturduğu bölgeyi sismojenik kesim (zon) olarak değerlendirebiliriz. Yaklaşık 30 km derinlikten sonra ise depremlerin sayısı oldukça azdır. Bu sonuç Marmara Bölgesi' nin yüksek oranda düzensizlik (heterojenite) sunan ortalama kabuk kalınlığıyla ( $30 \pm 2$  km) uyum göstermektedir.

Çalışma alanına ait b tektonik parametresinin ve a/b değerinin dağılım haritalarını (Şekil 57. ve Şekil 59.) incelediğimizde göreceli olarak b değerinin düştüğü yerlerde daha yüksek a/b değerleri görülmektedir. Bu alanlar genel olarak kırılma bölgelerinin olduğu ve büyük depremleri gözlemlendiği alanları işaret etmektedir. Saroz- Gaziköy ve Yenice-Gözen kırıklarının bulunduğu bölgeler, b değerinin göreceli olarak düştüğü ve deprem riskinin arttığı bölgelerdir. Bu kırıklar geçmişte büyük depremlere neden olmuş kırıklardır. 1912 Mürefte depremi ( $M=7.3$ ) Saroz- Gaziköy Kırığı' nın, 1953 Yenice depremi ( $M=7.2$ ) de Yenice – Gözen Kırığı' nın ürettiği depremlerdir. Haritalarda göreceli olarak b değerinin düştüğü, a/b değerinin yükseldiği ve kırık bölgesinin işaret edildiği diğer bir alan da Edremit Körfezi' nin kuzeyinde kalan alandır. Bu bölgede 1903-2006 yılları arasında büyük bir deprem gözlemlenmemiştir. Aynı zamanda, aktif fay haritasında (MTA, 1992) bu

bölgede kırık kuşağı görülmemektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda bölgede bir kırık kuşağı olup olmadığının araştırılması gerektiği düşünülmektedir. Edremit Körfezi'nin batısında daha düşük a/b değerleri ile daha yüksek b değerleri elde edilmiştir. Bunun bir nedeni olarak da bölgenin genel jeolojisi ele alındığında Kestanbol grantitleri olarak bilinen ve daha sağlam bir litoloji gösteren birimler düşünülebilir.

Çanakkale merkez ve yakın çevresinde düşük a/b değerleri elde edilmiştir. Bu bölgede b değerleri 1.0 ile 1.15 arasında değişmektedir. Geçmişte de büyük depremler gözlemlenmemiştir. Ancak çevredeki kırıklarda meydana gelebilecek büyük ve yıkıcı bir depremden etkilenmeyeceği anlamına gelmemektedir. Bu yüzden, bölgede olası büyük bir depremin etkilerini görmek için, en büyük yer ivme (PGA) dağılım haritaları oluşturulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Allen C.R., Amand P., Richter C.F.ve Nordquist J.M., 1965. Relation Between Sismicity and Geological Structure In The S. California Region. *Bull. Seismol. Soc.* 55: 752-797.
- Alptekin Ö., 1978. Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyitüd Frekans Bağlılıları ve Deformasyon Boşalımı, Doçentlik Tezi, KTÜ Basımevi, Trabzon.
- Ambraseys N.N. ve Moinfar, A.A., 1988. Isoleismal maps across national frontiers: the Caldiran (Turkey) earthquake of 24 November, 1976. *European Earthquake Engineering*, 1: 15-21.
- Ambraseys N.N. ve Finkel, C.F., 1991. Long-term seismicity of Istanbul and the Marmara Sea region. *Terra Nova*, 3: 527-539.
- Ambraseys N.N. ve Jackson J.A., 2000. Seismicity of the Sea of Marmara (Turkey) since 1500. *Geophysical Journal International*, 141: F1-F6.
- Ambraseys N.N., 2002. The Seismic Activity of the Marmara Sea Region over the Last 2000 years. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92(1): 1-18.
- Armijo R., Meyer B., Hubert A., ve Barka A., 1999. Westwards Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean. *Timing and kinematics, Geology*. 27: 267-270.
- Bağcı G., 2000. Güney Marmara Bölgesinin Depremselliği. *Güney Marmara Depremleri Jeofizik Toplantısı*. Bursa, 22 Eylül 2000. 22-43.
- Barka A., 1992. The North Anatolian Fault. *Anales Tectonicae*, 6: 164-195.
- Barka A., 1997. Neotectonics of the Marmara sea region, Active tectonics of the Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project.vdf Hochschulverlag AG an der ETHZürich. 55-87.
- Barka A.A. ve Kadinsky-Cade, K., 1988. Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake activity. *Tectonics*, 7(3): 663-684.
- Bath M., 1983. Earthquake Magnitude-Recent Research and Current Trends. *Earth. Sci. Rev.* 17: 315-398.

- Bayrak Y., Yılmaztürk A. ve Öztürk S., 2002. Lateral Variations of the Modal (a/b) Values for the Different Regions of the World. *Journal of Geodynamics* 34: 653-666.
- Bayrak Y., Yılmaztürk A. ve Öztürk S., 2005. Relationships Between Fundamental Seismic Hazard Parameters for the Different Source Regions in Turkey. *Natural Hazards*, 36: 445-462.
- Bayrak Y., Öztürk S., Koravos G. Ch., Leventakis G. A. ve Tsapanos T. M., 2008. Seismicity Assessment for Different Regions in and around Turkey based on Instrumental Data: Gumbel first asymptotic distribution and Gutenberg-Richter cumulative frequency law. *Natural Hazard and Earth System Sciences*, 8: 109-122.
- Beyaz T., 2004. Zemin Etkisinden Arındırılmış Deprem Kayıtlarına Göre Türkiye için Yeni Bir Deprem Enerjisi Azalım Bağıntısının Geliştirilmesi, <http://papyrus.ankara.edu.tr/tez/FenBilimleri>.
- Bingöl E., 1976. Batı Anadolu'nun Jeotektonik Evrimi. *MTA Derg.*, 86: 14-35, Ankara.
- Brooks M. & Ferentinos, G., 1980. Structure and Evolution of the North Aegean Trough, Northern Aegean Sea. *Tectonophysics*, 68.
- Dewey J. ve Şengör, C., 1979. Aegean and Surrounding Regions Complex Multiplate and Continuum Tectonics in a Convergent Zone. *Geol. Soc. Am. Bull*, 90: 84-92.
- English T., 1904. Eocene and Later Formations Surrounding the Dardanelles, Quart. *Journ. Geol. Soc*, 58: 309-390.
- Erdik M., Durukal E., Siyahi B., Fahjan Y., Şeşetyan K., Demircioğlu M. ve Akman H., 2003. Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımında Deprem Yer Hareketinin Belirlenmesi. *Beşinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı*, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.
- Ergül E., Öztürk, Z., Akçaören, F. ve Gözler, Z., 1980. Balıkesir İli-Marmara Denizi Arasının Jeolojisi, Maden Teknik Araştırma Genel Müdürlüğü, Proje No: 6760, Ankara.
- Ergün M., 1995. Bilimsel Araştırmalarda Bilgisayarla İstatistik Uygulamaları: SPSS for Windows. Ocak yayınları (eğitim dizisi: 2), 292, Ankara.

- Erol O., 1992. Çanakkale Yöresinin Jeomorfolojik ve Neotektonik Evrimi. *Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni*, 4: 147-165.
- Everden J.F., 1970. Study of Regional Seismicity and Associated Problems. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 60: 393-446.
- Frohlich C., Davis S., 1993. Teleseismic b-Values: or, Much About 1.0. *J. Geophys. Res.*, 98: 631- 644.
- Gençoğlu S., 1972. Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismisitesi ve Bu Zon Üzerinde Sismik Risk Çalışmaları. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı sempozyumu*, MTA. Enstitüsü, Ankara.
- Gumbel E.J., 1958, Statistics of Extremes, *Columbia University Press*, N.Y., U.S.A.
- Gutenberg B. ve Richter, C. F., 1944. Frequency of Earthquakes in California. *Bull SeismoL Soc, Am.*, 34: 185-188.
- Gutenberg B. ve Richter, C.F., 1954. Seismicity of earth and related phenomena, 2<sup>nd</sup> ed. *Princeton Univ. Pres*, Princeton, New Jersey.
- Gülkan P. ve Kalkan E. 2002. Attenuation modeling of recent earthquakes in Turkey. *Journal of Seismology*, 6(3): 397-409.
- Hatzidimitriou P.M., Papadimitriou E.E., Mountrakis D.M.ve Papazachos B.C., 1985. The Seismic Parameter B of The Frequency-Magnitude Relation and Its Association with The Geological Zones In The Area of Greece. *Tectonophysics*, 120: 141-151.
- Herece E., 1985. The Fault trace of 1953 Yenice-Gönen Earthquake and Some Examples Of Recent Tectonic Events in the Biga Peninsula of Northwest Turkey. *Penn State University, Ms. S. Thesis*, 143
- Herece E., 1990. 1953 Yenice-Gönen Deprem Kırığı ve Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Biga Yarımadası'ndaki Uzantıları. *MTA Dergisi*, 111: 47-59.
- Herece E. ve Akay E., 2003. Kuzey Anadolu Fay (KAF) Atlası (Atlas of North Anatolian (NAF)). *Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- Jimenez A., Posadas A. M. ve Marfil J. M., 2005. A probabilistic seismic hazard model based on cellular automata and information theory. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 12: 1-16, 2005.
- Jordanovski L.R. ve Todorovska, M.I., 1995. Earthquake source parameters for seismic hazard assessment: how to obtain them from geologic data,

- historic seismicity and relative plate motions, in G. Duma (Ed.), Proc. 10th European Conf. Earthquake Engrg, Aug. 28 - Sept. 2, 1994, Vienna, Austria. Spec. Theme Sess. S01.2: Source mechanism, Balkema, Rotterdam, 1995, 4: 2561-2566.
- Kalkan E., Gulkan P., Yilmaz N. ve Celebi M., 2008. Seismic Hazard in the Istanbul Metropolitan Area: A preliminary re-examination. *Journal of Earthquake Engineering*, 12 (2): 151-164.
- Kalyoncuoğlu Y., Uyanık O., Altuncu S. ve Geçim E., 2006. Gutenberg- Richter Bağıntısındaki b Değerinin Tespiti İçin Alternatif Bir Metod ve Güneybatı Türkiye’ de Bir Uygulaması. *DE Mhendislik Fakültesi Fen ve Mhendislik Dergisi.*, 8 (2): 67-78.
- Karabulut H., Roumelioti Z., Benetatos C., Kmec Mutlu A., zalaybey S., Aktar M. ve Kiratzi A., 2006. A source study of the 6 July 2003 (Mw 5.7) earthquake sequence in the Gulf of Saros (Northern Aegean Sea): Seismological evidence for the western continuation of the Ganos fault. *Science Direct, Tectonophysics* 412: 195–216.
- Karnik V., 1969. Seismicity of the European Area, Part 1, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, Holland.
- Kayabalı K., 1995. Sismik Tehlike Analizi: Teori ve Uygulama. *Jeoloji Mhendisliği Dergisi*, 46: 18-43.
- Ketin İ., Roesli T., 1953. Macroseismische untersuchungen ber das Northwest Anatolische beben von 18 Mart 1953, *Eclogae Geolog. Helv.*, 46, 2, Basel, 187-208.
- Koyigit A., 1988. Tectonic setting of the Geyve basin: age and total displacement of the Geyve fault zone. *METU, Journal of Pure and Applied Sciences*, 21(1-3): 81-104.
- Kramer S. 1996. Geotechnical Earthquake Engineering. *Prentice-Hall.International*, 708.
- Lalechos N. ve Savoyat E., 1979. La sedimentation Neogene dans le Fosse Nord Egeen. *6th Colloquium on the Geology of the Aegean region*, 2: 591-603.
- Lyberis N., 1984. Tectonic evolution of the North Aegean trough, In: "The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean", edited by Dixon J. E.

- and Robertson A. H. F., The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean: *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 17, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 709-725.
- Manakou M.V. ve Tsapanos T.M., 2000. Seismicity and Seismic Hazard Parameters Evaluation in The Island of Crete and Surrounding Area Inferred from Mixed Data Files. *Tectonophysics*, 321: 157-178.
- McKenzie D.P., 1972. Active Tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 30 (2): 109-185.
- Miyamura S., 1962. Magnitude-Frequency Relations and Its Bearing to Geotectonics. *Proc. Japan. Acad.*, 38: 27-30.
- Mogi K., 1962. Magnitude-frequency relationship for elastic shocks accompanying fractures of various materials and some related problems in earthquakes. *Bull. Earthquake Res. Inst. Univ. Tokyo*, 40: 831-883.
- Mogi K., 1967. Earthquakes and Fractures. *Tectonophysics*, 5: 35-55.
- Mori J. Ve Abercrombie R.E., 1997. Depth Dependence of Earthquake Frequency-Magnitude Distributions in California. *J. Geophys. Res.*, 102: 15081-15090.
- Neunhoefer H. and Gueth D., 1989. Detailed investigation of the great earthquake swarm in Western Bohemia by the local Vogtland network. In: Bormann, P. (ed.), Monitoring and Analysis of the Earthquake Swarm 1985/86 in the Region Vogtland/Western Bohemia, Veröffentlichung des Zentralinstituts für Physik der Erde Nr. 110, Als Manuskript gedruckt, Potsdam.
- Okay I.A. ve Satır M., 2000. Coeval plutonism and metamorphism in a latest Oligocene metamorphic core complex in northwest Turkey. *Geol. Mag.* 137 (5): 495–516.
- Okay A.I, Demirbağ, E., Kurt, H., Okay, N. ve Kuşçu, İ., 1999. An active, deep marine strike slip basin along the North Anatolian fault in Turkey. *Tectonics*, 18(1) : 129-147.
- Olsson R., 1999. An Estimation of Maximum b-Value in the Gutenberg-Richter Relation. *Journal of Geodynamics*, 27: 547-552.
- Önal M., 1986. Gelibolu Yarımadası Orta Bölümünün Sedimanter Fasiyesleri ve Tektonik Evrimi, KB Anadolu, Türkiye: *Jeoloji Mühendisliği* ,29: 37-46.

- Özmen B., Nurlu M. ve Güler H., 1997. Coğrafi Bilgi Sistemi İle Deprem Bölgelerinin İncelenmesi. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara. <http://www.deprem.gov.tr>
- Pacheco J.F., Scholz C.H. ve Sykes L.R., 1992. Changes in Frequency-Size Relationship from Small to Large Earthquakes. *Nature*, 355: 71-73.
- Papazachos B.C. ve Papazachou, C. 1997. The Earthquakes of Greece. *ZITI editions, Thessaloniki*.
- Saner S., 1985. Saroz Körfezi Dolayının Çökelme İstifleri ve Tektonik Yerleşimi; Kuzeydoğu Ege Denizi, Türkiye. *TJK Bülteni*, 28: 1-10.
- Sayıl N. ve Osmaşahin, İ., 2005. Marmara Bölgesinin Depremselliğinin İncelenmesi. *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*, 2005.
- Schindler C. ve Pfister M., 1997. Active Tectonics of Northwestern Anotolia- The Marmara Poly- Project. *vdf Hochschulverlag AG an der ETH, Zürich*. 72-77.
- Scholz C.H., 1968. The Frequency-Magnitude Relation of Microfracturing In Rock And Its Relation To Earthquakes. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 58: 399-415.
- Selim H.H., 2004. Kuzey Anadolu Fayı'nın Güney Koluna ait Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa Faylarının Morfolojik, Sismolojik ve Jeolojik Özellikleri, *Doktora Tezi*, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü.
- Selim H.H., Tüysüz O., Erturaç M.K. ve Taş K.Ö., 2005. KAF' nın Güney Koluna Ait Yenice-Gönen ve Uluabat Fayları Üzerinde Yapılan Paleosismolojik Çalışmaları. *Türkiye Kuvaterner Sempozyumu*, 20-25.
- Selim H.H., Eyidoğan H. ve Tüysüz O., 2005. Güney Marmara Bölgesi' nde Tarihsel ve Aletsel Dönemlerde Oluşan Depremlerin Sismolojik ve Jeolojik İncelenmesi. *Deprem Sempozyumu, Kocaeli*, 112-118.
- Selim H.H., Tüysüz O. ve Barka A.A., 2006. Güney Marmara Bölümünün Neotektoniği. *İTÜ Müh. Dergisi*, 5(1): 151-160.
- Shi Y.ve Bolt B.A., 1982. The Standard Error of the Magnitude-Frequency B-Value. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 72: 1677-1687.



- Stein R. S., Barka A. ve Dieterich, J. H., 1997. Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering. *Geophysical Journal International*, 128: 594-604.
- Straub C., 1996. Recent crustal deformation and strain accumulation in the Marmara Sea region, N.W. Anatolia, inferred from GPS measurements (Deutsch), Inst. of Geod., and Photogr. (IGP) ETHZ Mitteilungen, 58, 123 pp. plus appendix, ISBN 3-906513-82-3.
- Sümengen M., Terlemez, İ., Şentürk, K., Karaköse, C., Erkan, E., Ünay, E., Gürbüz, M., Atalay, Z., ve Şentürk, K., 1987. Gelibolu Yarımadası ve Güneybatı Trakya Tersiyer Havzasının Stratigrafisi, Sedimentolojisi ve Tektoniği. MTA Rap:8128. (Yayınlanmamış)
- Şaroğlu F., Emre, O. ve Aydoğan, B., 1987. Turkiyenin Diri Fayları ve Depremsellikleri, *MTA derleme rapor* No. 8174, 228-230.
- Şaroğlu F., Emre, Ö. ve Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası, MTA yayını.
- Şengör A.M.C., (1979); On some 50 % extension in the Aegean area and its implications for orogenic reconstructions in the Taurides, *Rapp. Comm. Int. Mer. Mediterranean*, 25/26, 2a, 41-42 p.
- Şengör A., Görür, N. ve Saroğlu, F., 1985. Strike-Slip Faulting and Related Basin Formation In Zones of Tectonic Escape: Turkey as case study, in Bittle, K.T. and Christie-Blick, N. (eds.), strike slip formation and sedimentation. *Soc. Economic Paleontologist and Mineralogists, Special Publication*, 37: 227-265.
- Şentürk K., ve Karaköse, C., 1987. Çanakkale Boğazı ve dolayının jeolojisi, MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etüdları Dairesi Arşivi, yayınlanmamış teknik rapor, 371: 207
- Tabban A. and Gençoğlu, S., 1975. Earthquake and its parameters. *Bull Earthquake Res Inst of Turkey*, 11:7-83.
- Taymaz T., Jackson, J. and McKenzie, D.P., 1991. Active tectonics of the North and Central Aegean Sea. *Geophys., J. Int.*, 106: 433-490.
- Tezcan S.S., 1996. Probability Analysis of Earthquake Magnitudes. *Turkish Earthquake Foundation*, 26.

- Tsapanos T.M., Galanopoulos D.G. ve Burton P.W., 1994. Seismicity in the Hellenic Volcanic Arc: Relation between Seismic Parameters and the Geophysical Fields in the Region. *Geophys. J. Int.*, 117: 677-694.
- Tuksal İ., 1976. Seismicity of the North Anatolia Fault System in the Domain of Space, Time and Magnitude, M.S. Thesis, Saint-Louis University, Saint-Louis, Missouri.
- Turcotte D.L., 1986. A Fractal Model of Crustal Deformation. *Tectonophy*, 132: 261-269. USGS (United States Geological Survey) [www.usgs.gov](http://www.usgs.gov)
- Turcotte D.L., 1989. A fractal approach to probabilistic seismic hazard assessment. *Tectonophysics*, 167: 171-177.
- Wang J.H., 1988. B-Values of Shallow Earthquakes in Taiwan. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 78: 1243-1254.
- Wang J.H., 1994. On The Correlation of Observed Gutenberg-Richter's B-Value and Omori's P-Value for Aftershocks. *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 84: 2008-2011.
- Weeks J., Lockner D. ve Byerlee J., 1978. Change in b-values During Movement on Cut Surfaces in Granite. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 68: 333-341.
- Wells D.L. ve Coppersmith, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84: 974-1002.
- Yaltırak C., 2002. Tectonic evolution of the Marmara Sea and its surroundings. *Marine Geology*, 190 :493-530.
- Yaltırak C., Sakıncı M. ve Oktay, F.Y., 2000a. Westward propagation of North Anatolian fault into northern Aegean: Timing and kinematics: Comment. *Geology*, 28(2) : 187-188.
- Yaltırak C., Alpar B., Sakıncı M. ve Yüce H., 2000b. Origin of the Strait of Çanakkale (Dardanelles): regional tectonics and the Mediterranean-Marmara incursion. *Marine Geology*, 164: 139-156.
- Yaltırak C., 1995. Ganos sisteminin tektonik özellikleri: Trakya Havzası Jeolojisi Sempozyumu, 30 Mayıs-3 Haziran, Lüleburgaz-KIRKLARELİ, 35.
- Yılmaz D., Gök E. ve Polat O., 2006. Aktif Tektonik Araştırma Grubu 10. Toplantısı, Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İzmir.

- Yılmaz M. ve Koral H., 2007. Yenişehir Havzasının (Bursa) Neotektonik Özellikleri ve Jeolojik Gelişimi. *İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi*, 20(1): 21-32.
- Yılmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, S. ve Elmas, A., 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? Tectonics and magmatizm in Turkey and the surrounding area. E. Bozkurt, J.A. Winchester ve J.A.D. Piper (eds.). *Geological Society, London, Special Publications*, 173: 131-162.
- Yılmaztürk A.ve Burton P. W., 1999. An Evaluation of Seismic Hazard Parameters in Southern Turkey. *Journal of Seismology*, 3: 61- 81.

Tablo 1. Fay zonları ve üretebilecekleri maksimum moment büyüklükleri.....	<b>9</b>
Tablo 2. Marmara Denizi ve çevresindeki $M \geq 6.0$ olan 1509 ve 1999 yılları arasındaki depremler (Kalkan ve diğ. 2008).....	<b>14</b>
Tablo 3. Korelasyon katsayısına (R) göre değişkenler arasındaki ilişki (Beyaz, 2004).....	<b>25</b>
Tablo 4. Çalışma alanı için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans, N; birikimli frekans).....	<b>29</b>
Tablo 5. Deprem tehlikesi parametreleri (Çalışma Alanı).....	<b>30</b>
Tablo 6. Çalışma alanı için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>31</b>
Tablo 7. Alan 1 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans, N; birikimli frekans).....	<b>34</b>
Tablo 8. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 1).....	<b>35</b>
Tablo 9. Alan 1 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>35</b>
Tablo 10. Alan 2 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans, N; birikimli frekans).....	<b>39</b>
Tablo 11. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 2).....	<b>40</b>
Tablo 12. Alan 2 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>40</b>
Tablo 13. Alan 3 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans, N; birikimli frekans).....	<b>43</b>
Tablo 14. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 3).....	<b>44</b>
Tablo 15. Alan 3 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>44</b>

Tablo 16. Alan 4 için 1903- 2006 yılları arasında oluşmuş depremlerin 0.1 birim magnitüd aralığı içeren sınıflara göre dağılımları ( $N_n$ ; normal frekans, $N$ ; birikimli frekans).....	<b>48</b>
Tablo 17. Deprem tehlikesi parametreleri (Alan 4).....	<b>49</b>
Tablo 18. Alan 4 için Poisson dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>49</b>
Tablo 19. Çalışma alanı için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri.....	<b>51</b>
Tablo 20. Çalışma alanı için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları.....	<b>52</b>
Tablo 21. Çalışma alanı için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları.....	<b>54</b>
Tablo 22. Çalışma alanı için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>54</b>
Tablo 23. Alan 1 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri.....	<b>56</b>
Tablo 24. Alan 1 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları.....	<b>57</b>
Tablo 25. Alan 1 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları.....	<b>58</b>
Tablo 26. Alan 1 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri.....	<b>59</b>
Tablo 27. Alan 2 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri .....	<b>61</b>
Tablo 28. Alan 2 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları .....	<b>62</b>
Tablo 29. Alan 2 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları .....	<b>63</b>
Tablo 30. Alan 2 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma periyodu ( $T_r$ ) değerleri .....	<b>64</b>
Tablo 31. Alan 3 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri .....	<b>66</b>
Tablo 32. Alan 3 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları .....	<b>66</b>
Tablo 33. Alan 3 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları .....	<b>68</b>

Tablo 34. Alan 3 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma peryodu ( $T_r$ ) değerleri .....	<b>69</b>
Tablo 35. Alan 4 için 1903- 2006 yılları arasında yıllık maksimum deprem büyüklükleri .....	<b>71</b>
Tablo 36. Alan 4 için 1903-2006 yılları arasındaki yıllık maksimum deprem büyüklükleri ve oluş sayıları .....	<b>71</b>
Tablo 37. Alan 4 için Gumbel uç değerler dağılımı sonuçları .....	<b>72</b>
Tablo 38. Alan 4 için Gumbel dağılımıyla elde edilen sismik risk ( $R_t$ ) ve tekrarlanma peryodu ( $T_r$ ) değerleri .....	<b>73</b>
Tablo 39. Çalışma Alanı için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi .....	<b>76</b>
Tablo 40. Alan 1 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi .....	<b>79</b>
Tablo 41. Alan 2 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi .....	<b>82</b>
Tablo 42. Alan 3 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi .....	<b>85</b>
Tablo 43. Alan 4 için derinlik ile b tektonik parametresinin değişimi .....	<b>88</b>

## ŞEKİLLER

## Sayfa No

Şekil 1. Marmara Denizi çevresinde Kuzey Anadolu Fayı'nın başlıca kolları ve bu kollar üzerinde gerçekleşmiş tarihi depremler (Barka, 1997) .....	2
Şekil 2. Çalışma alanının haritası .....	4
Şekil 3. Çanakkale deprem bölgesi haritası (Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, <a href="http://www.deprem.gov.tr/linkhart/htm">http://www.deprem.gov.tr/linkhart/htm</a> ) .....	5
Şekil 4. Türkiye'nin başlıca neotektonik unsurları (Okay ve diğ., 1999) .....	6
Şekil 5. Kuzeybatı Anadolu' nun diri fay haritası (Şaroğlu ve diğ., 1992) .....	8
Şekil 6. Batı Marmara Bölgesinde 1990-2006.02 arası $M \geq 3.0$ olan depremlerin episantr dağılımları (Kandilli Rasathanesi ve Deprem Arş. Enstitüsü, UDİM deprem kataloğu) .....	10
Şekil 7. MS. 32- 1983 yılları arasındaki $M \geq 6.0$ deprem aktivitesi (Ambraseys ve Finkel, 1991' e göre Selim ve diğ., 2005 ) .....	13
Şekil 8. MS. 1509-1999 yılları arasında, $M \geq 6.0$ deprem aktivitesi (Kalkan ve diğ.,2008) .....	14
Şekil 9. Çalışma alanında meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremlerin uzaysal dağılımları ve sismik alt bölgeler .....	26
Şekil 10. Çalışma Alanı' nda 1903- 2006 yılları arasında meydana gelen büyüklüğü $M \geq 3$ olan depremler için deprem sayısı- yıl histogramı .....	27
Şekil 11. Çalışma alanı için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı .....	28
Şekil 12. Büyüklük- frekans ilişkisi (Çalışma Alanı) .....	30
Şekil 13. Çalışma Alanı için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği ....	32
Şekil 14. Çalışma Alanı için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği .....	32
Şekil 15. Alan 1 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı .....	33
Şekil 16. Büyüklük - frekans ilişkisi (Alan 1) .....	34
Şekil 17. Alan 1 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği .....	36
Şekil 18. Alan 1 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği.....	37
Şekil 19. Alan 2 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı .....	38
Şekil 20. Büyüklük - frekans ilişkisi (Alan 2) .....	39

Şekil 21. Alan 2 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği .....	41
Şekil 22. Alan 2 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği .....	41
Şekil 23. Alan 3 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı .....	42
Şekil 24. Büyüklük - frekans ilişkisi (Alan 3) .....	44
Şekil 25. Alan 3 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği .....	46
Şekil 26. Alan 3 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği .....	46
Şekil 27. Alan 4 için büyüklük (M)- deprem sayısı (N) histogramı .....	47
Şekil 28. Büyüklük - frekans ilişkisi (Alan 4) .....	48
Şekil 29. Alan 4 için Poisson dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği .....	50
Şekil 30. Alan 4 için Poisson dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği .....	50
Şekil 31. Çalışma alanı için yıllık maksimum depremlerin büyüklük- frekans ilişkisi .....	53
Şekil 32. Çalışma alanı için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk grafiği .....	55
Şekil 33. Çalışma alanı için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodu grafiği .....	56
Şekil 34. Alan 1 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük - frekans ilişkisi.....	58
Şekil 35. Alan 1 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk .....	60
Şekil 36. Alan 1 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları .....	60
Şekil 37. Alan 2 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük - frekans ilişkisi .....	63
Şekil 38. Alan 2 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk .....	65
Şekil 39. Alan 2 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları .....	65
Şekil 40. Alan 3 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük - frekans ilişkisi .....	67
Şekil 41. Alan 3 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk .....	69
Şekil 42. Alan 3 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları .....	70
Şekil 43. Alan 4 için yıllık maksimum depremlerin büyüklük - frekans ilişkisi .....	72
Şekil 44. Alan 4 için Gumbel dağılımı ile elde edilen sismik risk .....	73
Şekil 45. Alan 4 için Gumbel dağılımı ile elde edilen tekrarlanma periyodları .....	74
Şekil 46. Çalışma alanı için deprem sayısı - derinlik histogramı .....	75
Şekil 47. Çalışma alanı için b değerinin derinlikle değişimi .....	77



Şekil 48. Alan 1 için deprem sayısı - derinlik histogramı .....	78
Şekil 49. Alan 1 için b değerinin derinlikle değişimi .....	80
Şekil 50. Alan 2 için deprem sayısı - derinlik histogramı .....	81
Şekil 51. Alan 2 için b değerinin derinlikle değişimi .....	83
Şekil 52. Alan 3 için deprem sayısı - derinlik histogramı .....	84
Şekil 53. Alan 3 için b değerinin derinlikle değişimi .....	86
Şekil 54. Alan 4 için deprem sayısı - derinlik histogramı .....	87
Şekil 55. Alan 4 için b değerinin derinlikle değişimi .....	89
Şekil 56. 1903-2006 yılları arasında inceleme bölgesinde meydana gelen depremlerin oluşturduğu sismisite haritası .....	90
Şekil 57. b tektonik parametresinin dağılım haritası .....	91
Şekil 58. a değerinin dağılım haritası .....	92
Şekil 59. a/b değerinin dağılım haritası .....	95

## YAŞAM ÖYKÜSÜ

1978 yılında İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 1995 yılında girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında Jeofizik Mühendisi ünvanıyla mezun oldu. 2005 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Yüksek Lisans eğitimine başladı.