

Bingöl İli Deprem Risk Analizi

Murat DOĞRUYOL* 

Siirt Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kezer Yerleşkesi, Siirt, Türkiye

Geliş / Received: 12/02/2020, Kabul / Accepted: 30/05/2020

Öz

Bingöl ili ve civarının depremselliğini ortaya çıkarmak için yapılan çalışmada, Bingöl ili merkezinden 150 km çapında kalan alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bingöl ili, Doğu Anadolu Fay Zonunun kısmen belirsizleştiği güzergâhı oluşturmaktadır ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF) ve Güneydoğu Anadolu Bindirmesi (GAB) olan diri fay hatlarının bulunduğu bölgede yer almaktadır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden (BDTİM) alınan deprem kataloğundan 1903-2019 yılları arasında oluşan deprem momenti (Mw) büyüklüğü kullanılarak $Mw \geq 4$ olan deprem verileri ile Magnitüd-Frekans dağılımı için en yaygın kullanılan eşitlik Gutenberg ve Richter bağıntısı kullanılarak bölgenin deprem riski istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Bingöl ve çevresinde 30 yıl içerisinde 6 büyüklüğündeki depremin oluşma riski %91 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bingöl, Depremsellik, Gutenberg-Richter Metodu, a ve b sabiti.

Bingöl Province Earthquake Risk Analysis

Abstract

In the study the earthquake hazard of the Bingöl province and the surrounding region is aimed to be presented. The determined study region which is 150 km diameter from the center of Bingöl is a seismically active region. Bingöl is the route where the Eastern Anatolian Fault Zone is partially obscured. Bingöl province and its surrounding area is located in the region where there are alive fault zones with North Anatolian Fault Zone and Southeastern Anatolia Thrust. The study has used the magnitude of earthquake moment (Mw) data from earthquake catalog taken from Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute. The earthquake risk of the region was statistically determined by using the earthquake data of $Mw \geq 4$ between 1903-2019 and the Gutenberg and Richter equation, which is the most widely known equation for the Magnitude-Frequency distribution. The risk of a 6- magnitude earthquake occurring within 30 years in Bingöl province and of its surrounding was calculated as 91%.

Keywords: Bingöl, Seismicity, Gutenberg-Richter Method, constant a and b.

1. Giriş

Günümüzde, depremsellik, jeolojik ve tektonik gözlemlerin yanı sıra istatistiksel yöntemlerle belirlenebilmektedir. İstatistiksel yöntemler, geçmişte oluşan depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğü ile gelecekte olması muhtemel depremlerin yeri, zamanı ve büyüklüğünü hesaplamak, depremlerin oluşturduğu tahribat, can ve mal kaybının önüne geçmek adına önemlidir.

Depremsellik kavramı depremlerin zaman ve uzaydaki dağılımı için kullanılmaktadır. Depremsellik ile ilgili ilk çalışmalar Olham ve Ballore tarafından 1911 yılında başladığı bilinmektedir (Purcaru,1975). Ancak Richter Magnitüd Ölçeğinin (Richter, 1958) ortaya çıkmasıyla birlikte depremsellik çalışmalarında büyük bir artış sağlamıştır.

Bingöl ili, Türkiye'nin Doğu Anadolu Bölgesi'nde 8277 km² yer almakta olup nüfusu 2019 yılı verisine göre 279.812 kişidir. Bingöl jeolojik yapısı ve morfo-tektonik özelliği itibariyle Asor adalarından Endonezya'ya kadar uzanan Alpin Kuşak'ta (Alp-Himalaya deprem kuşağı) yer almaktadır. Ayrıca Doğu Anadolu Fay Zonu (DAF) ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF)'ın gibi Anadolu'nun önemli iki fay hattının kesiştiği kavşağı oluşturmaktadır (Sezer, 2008). Bingöl ilinin bu iki diri fay zonunun kesiştiği bölgede yer alması ve geçmişte yaşanan depremler Bingöl ilinin deprem risk analizinin yapılması gereğini ortaya çıkarmıştır.

Bingöl ili merkezinden 150 km çapında 37°32'-40°12' kuzey enlemleri 38°45'-42°13' doğu boylamlarını kapsayan alan çalışma alanı olarak belirlenmiştir.

BDTİM 'den alınan çalışma bölgesine ait 1903-2019 yılları arasındaki deprem kataloğundan deprem momenti (M_w) değeri ile Gutenberg-Richter metodu uygulanarak çalışma bölgesinin deprem risk analizi

hesaplanarak bölgedeki deprem gerçeğini hatırlatmaktadır.

1.1.Bingöl ilinin Depremselliği

Bingöl şehir merkezi Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) tarafından oluşturulan Türkiye diri fay haritasına göre Doğu Anadolu Fay Zonu'nun (DAF) kısmen belirsizleştiği güzergâhını oluşturmaktadır. Bingöl'ün etrafı geçmişte önemli depremler meydana getirmiş Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAF), Güneydoğu Anadolu Bindirmesi (GAB) gibi önemli fay hatları ile Ilıpınar segmenti, Göynük segmenti, Karlıova segmenti, Palu segmenti, Elmalidere segmenti, Tanyeri-Yedisu segmenti ile çevrilmiştir (MTA, 2005).

Bingöl ili, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından 2018 yılında yayımlanan deprem bölgeleri haritasında yer alan en büyük yer ivmeleri haritasına göre "yüksek tehlike bölgesinde" yer almıştır.

Çalışma alanında 1903-2019 yılları arasında 3,3- 7,7 Magnitüd (M), derinliği 1-172 km arasında değişen 623 adet deprem kaydı vardır. Bunların 214'ü M_≥5,0 'ten, 11'i M_≥6,0 'dan, 1'i de M_≥7,0 depremlerdir (BDTİM, 2020).

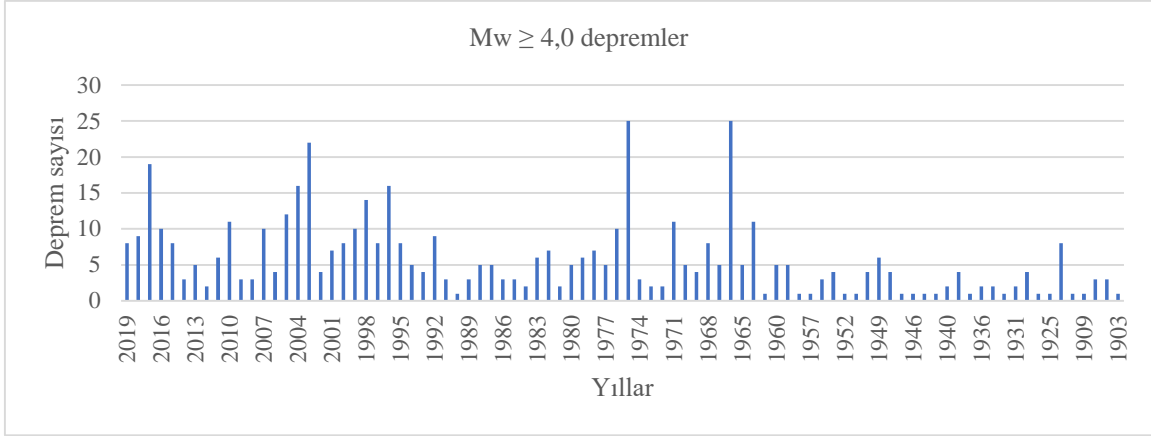
Çalışma bölgesinde 1903-2019 yılları arasında kaydedilen önemli depremlerin yıllara göre yoğunluğu ve magnitüdüleri Tablo 1'de verilmiştir (BDTİM, 2020).

Tablo 1. Çalışma bölgesinde 1903-2019 yılları arasında gerçekleşen önemli depremler

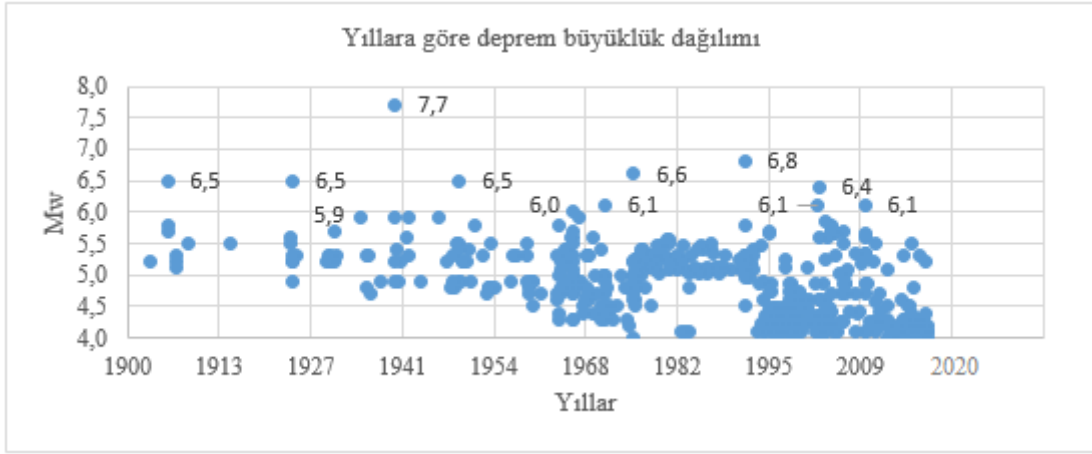
Tarih	Enlem	Boylam	Mw	Yer
4.4.2019	38°3603	39°1445	5,2	Uslu-Sivrice (Elazığ)
24.4.2018	37°5217	38°5032	5,3	Kırmacık-Samsat (Adıyaman)
2.3.2017	37°4860	38°5010	5,5	Kasımkuyu-(Şanlıurfa)
2.12.2015	39°2815	40°2353	5,3	Yazgunu-Kığı (Bingöl)
22.9.2011	39°7872	38°8510	5,5	Dogandere-Refahiye (Erzincan)
24.3.2010	38°7757	40°1092	5,3	Elazığ
8.3.2010	38°8300	40°1308	6,1	Isaagamezrası-Kovancılar
3.9.2008	37°5092	38°4985	5,3	Adıyaman
21.2.2007	38°3525	39°3070	5,7	Albayrak-Cüngüş (Diyarbakır)
26.11.2005	38°2897	38°8255	5,7	Malatya
6.6.2005	39°3623	40°9178	5,7	Ilıpınar-Karlıova (Bingöl)
23.3.2005	39°3888	40°8005	5,7	Sarıkuşak-Karlıova (Bingöl)
14.3.2005	39°3475	40°8847	5,8	Kazanlı-Karlıova (Bingöl)
12.3.2005	39°3883	40°8538	5,7	Kızılcubuk-Karlıova (Bingöl)
25.3.2004	39°9200	40°8200	5,9	Erzurum
1.5.2003	39°0100	40°4600	6,4	Kurtulus- (Bingöl)
27.1.2003	39°4800	39°7700	6,1	Sağlamtaş-Pülümür (Tunceli)
5.12.1995	39°4800	40°3200	5,7	Bingöl
13.3.1992	39°7200	39°6300	6,8	Erzincan
6.9.1975	38°5100	40°7700	6,6	Lice (Diyarbakır)
22.5.1971	38°8500	40°5200	6,1	Guveçli- (Bingöl)
20.8.1966	39°1600	40°7000	5,7	Kırkpınar-Adaklı (Bingöl)
19.8.1966	39°1700	41°5600	6,0	Çayıryolu-Varto (Muş)
17.8.1949	39°5700	40°6200	6,5	Yaylım-Tercan (Erzincan)
26.12.1939	39°8000	39°5100	7,7	Kurutilek- (Erzincan)
13.9.1924	39°9600	41°9400	6,5	Emre-Köprüköy (Erzurum)
4.12.1905	39°0000	39°0000	6,5	Payamduzu-Çemişgezek (Tunceli)

1903-2019 yılları arasında çalışma bölgesindeki $M_w \geq 4,0$ 'dan büyük deprem sayısının yıllara göre dağılımı Şekil 1'de

magnitüd dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir (BDTİM, 2020).



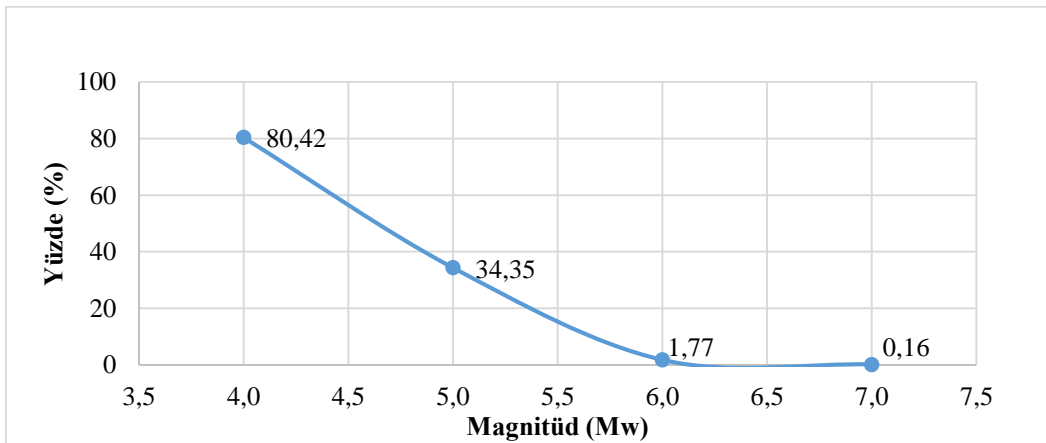
Şekil 1. 1903-2019 yılları arasında çalışma bölgesinde meydana gelmiş Mw ≥4 büyük deprem sayıları



Şekil 2. Çalışma bölgesinin 1903-2019 yılları arasında depremlerinin magnitüd dağılımı

Deprem sayılarını magnitüd değerlerine göre oranlandığında depremlerin %80'ini 4,0 M depremlerin oluşturduğu, % 34'ünü 5,0 M, % 1,77'sini 6,0 M, % 0,16'sını 7,0 M depremler oluşturmaktadır.

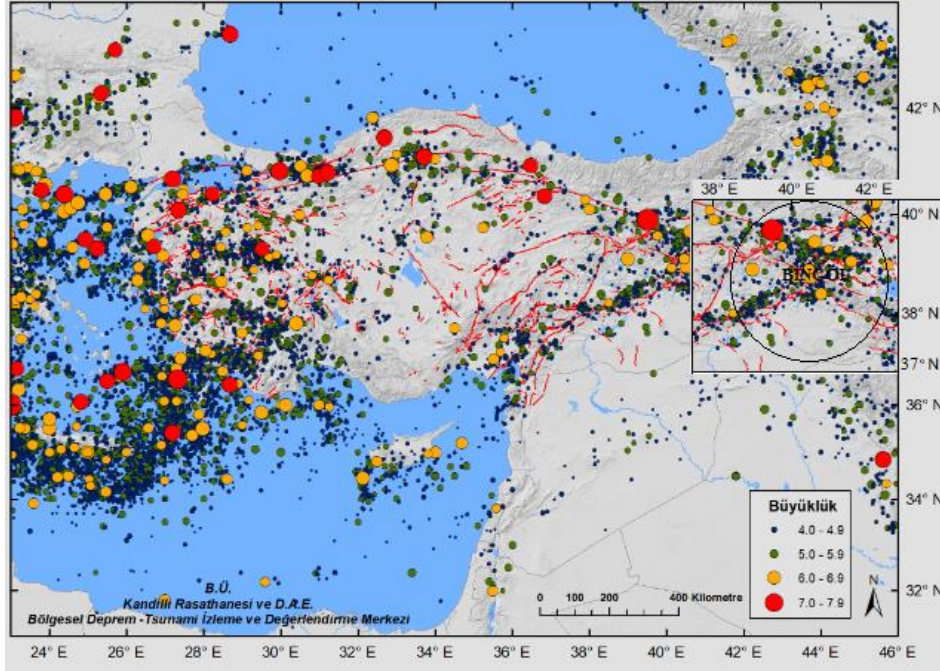
Magnitüd değerlerine göre oluşma yüzdeleri aşağıda Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3. Çalışma bölgesindeki depremlerin yüzde gerçekleşme miktarı

1905-2018 yılları arasında Türkiye'deki önemli depremler, Bingöl ve çevresinde görülen önemli depremlerin yeri ve

magnitüdüleri Şekil 4'te gösterilmiştir (BDTİM, 2020).



Şekil 4. Türkiye ve Bingöl ili çevresinde oluşan deprem magnitüdülerinin lokasyonları

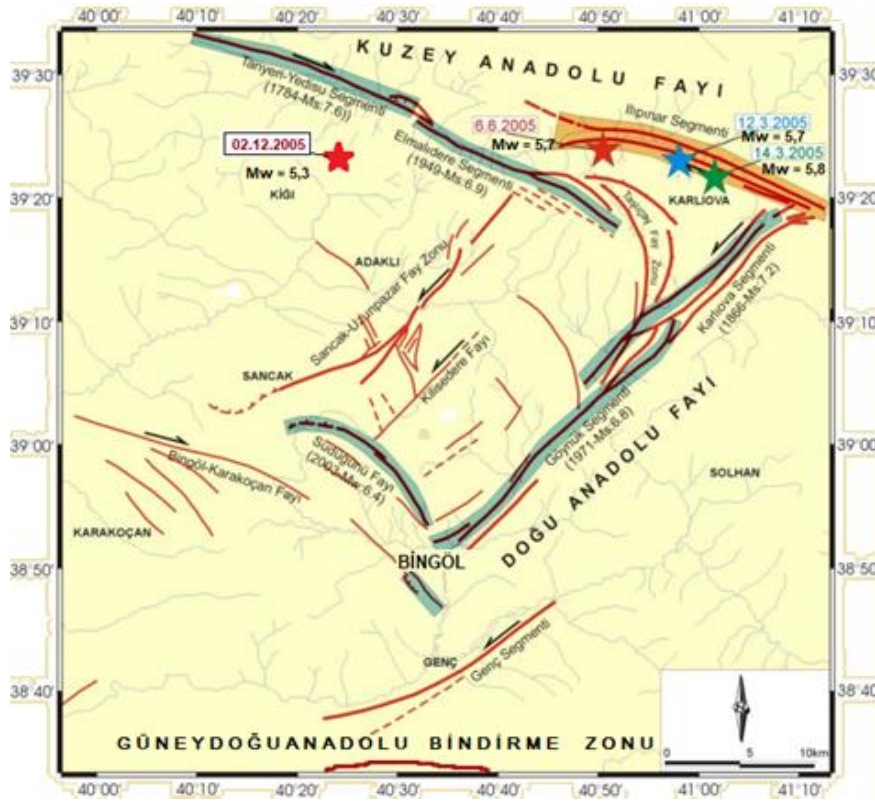
BDTİM 'den alınan deprem kayıtlarında KAF ve DAF'ta önemli depremlerin gerçekleştiği Bingöl'ün bu iki nemli Fay hattının kesiştiği bölgede 4,0- 6,9 M' te depremlerin olduğu kaydedilmiştir. Çalışma bölgesinde 20 yy öncesinde de

sismik hareketler yoğun olmuştur. 20. yy. öncesi kaydedilen önemli depremler Tablo 2' de gösterilmiştir (Guidoboni and Traina, 1995; Gündoğdu, 2009; İşçi, 2008, Sümer, 1986, ;Tan vd., 2008).

Tablo 2. Çalışma bölgesinde 20. yy. öncesi kaydedilen önemli depremler

Tarih	Enlem	Boylam	Yer	Magnitüd (M,I)
995	38.50	39.50	Palu, Sivrice	VI
1111	38.50	42.70	Ahlat-Van	IX
1246	38.90	42.90	Van Gölü	IX
1276	38.90	42.50	Bitlis-Eriş-Van	IX
1363	38.70	41.50	Muş ve çevresi	IX
1441	38.35	42.10	Nemrut	IX
1582	38.35	42.10	Bitlis	IX
1647	39.15	44.00	Van,Mus,Bitlis	IX
1670	38.00	42.00	Hizan-Siirt	6,6
1705	38.40	42.10	Bitlis	6,7
1789	38.70	39.90	Palu, Elazığ	VIII
1866	38.50	40.10	Kulp-Diyarbakır	6,8
1881	38.5	43.3	Van,Mus,Bitlis X	IX
1884	37.50	42.50	Siirt-Pervari	6,9
1895	38.40	38.30	Malatya yöresi	6,7

Bingöl çevresinde KAF ve DAF'a bağlı yıkıcı depremlerin kaynağı segmentler Şekil 5'te gösterilmiştir (MTA, 2005).



Şekil 5. Bingöl ili etrafındaki fay hatları ve ürettikleri deprem magnitüdüleri

Şekil 5'te mavi bantla gösterilen yerler 1784 yılından günümüze yıkıcı deprem üretmiş fayları göstermektedir. Sarı ile bantlamış olanları ise Bingöl-Karlıova'da 2005 yılında olan depreme kaynaklık etmiş KAF'a bağlı Ilıpınar segmentini göstermektedir. Bingöl-Karlıova arası DAF'ın devamı olarak Karlıova ve Göynük olmak üzere iki diri segment bulunmaktadır. Karlıova segmenti 37 km uzunluğunda olup 1866 yılında yüzey faylanmasıyla $M_w=7.2$ deprem oluşturmuştur (MTA, 2005). Yaklaşık 40 km uzunluğundaki Göynük segmenti üzerinde ise 1971 yılında $M_s=6.8$ büyüklüğünde depremi oluşmuştur. Karlıova'nın kuzeyinde bulunan Ilıpınar segmenti KB-GD doğrultusunda yaklaşık 33 km uzanmaktadır ve 2005 yılındaki 5,7 M ve 5,8 M depremler oluşturmuştur. Özalp vd. (2005) çalışmasına göre Ilıpınar segmentinin 33 km'lik kısmının tek bir

depremden kırılması durumunda $M_w=6,5$ büyüklüğünde deprem oluşturması beklenmektedir.

Bingöl şehir merkezinin yaklaşık 60 km kuzeyinde yer alan Elmalıdere segmenti 29 km uzanmakta ve 1949 yılında $M_s=6,9$ deprem gerçekleştirmiştir.

Geçmişteki depremler Bingöl'de ağır hasarlar bırakmıştır. Ağustos 1949 yılında Bingöl-Karlıova'da 6,7 M'lük depremden 450 ölüm, Mayıs 1971'de 6.8 M'lük depremden 878 ölüm ve 5617 binanın da ağır hasar aldığı kayda düşmüştür. Özellikle alüvyon zeminde kurulu olan eski Bingöl (Çapakçur) en fazla hasarın aldığı bölge olmuştur. Bu depremden oluşan yüzey kırığı özellikle Göynük çayını takip ederek KD-GB doğrultulu Sarıçiçek ile Çeltiksuyu köyleri arasında geçip güneye uzanmaktadır. Deprem sırasında gelişmiş, Göynük çayı yakınlarında ve Çeltiksuyu köyünde çatlak izleri ve kum fişkirmalarına

rastlanmıştır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Sismoloji Servisi (KOERİ) tarafından hazırlanan, 1 Mayıs 2003 Bingöl depremi ön raporuna göre Bingöl merkezinin 15 km kuzeybatısında KB-GD doğrultulu 6,4 M'te olan depremde 176 ölüm olduğu 625 binanın da çöktüğü veya ağır hasar aldığı kaydedilmiştir. Hanoçayırı mezrasında zeminde sıvılaşma, oturma, çökme ve faylanma örnekleri bir arada görülmüştür. Deprem özellikle Göynük

çayının alüvyon şekilleri üzerinde kurulu bulunan binalarda ağır hasara, yıkıma ve ölüme neden olmuştur. Zeminin etkisinin yanında bu bölgede yapılan ve ağır hasar gören yapılarda yoğun olarak donatı-malzeme kusurları gözlenmiştir. Kullanılan demir, çimento ve betonun standartlara uygun olmadığı, kolon kiriş bağlantılarının yönetmeliklere uygun olarak yapılmadığı görülmüştür. Mayıs 2003 Bingöl depremi sonrası arazide oluşan değişimler Şekil 6'da gösterilmiştir (KOERİ, 2003).



Şekil 6. a) Çökmeler b) çamur akıntıları c) ve d) yüzey deformasyonları (kırılmalar)

2. Materyal ve Metot

1903-2019 yılları arasında Bingöl ili merkezinden 150 km çapında 37°32'-40°12' kuzey enlemleri 38°45'-42°13' doğu boylamlarını kapsayan alanda $M \geq 4,0$ olan deprem verileri Magnitüd-Frekans dağılımı için en yaygın olarak bilinen eşitlik Gutenberg ve Richter bağıntısı dikkate alınarak bölgenin deprem riski istatistiksel

olarak ortaya konulmuştur. Gutenberg ve Richter (1944) bağıntısına göre;

$$\log N = a - bM \quad (1)$$

(1) bağıntısı ile ifade edilmektedir. Burada N, verilen bir bölge ve periyot için magnitüdü M'e eşit veya daha büyük olan depremlerin sayısını, a ve b ise regresyon katsayılarını göstermektedir (Dowrick

2003). a parametresi inceleme alanına genişliğine ve deprem düzeyine bağlı iken b değeri ise bölgenin deprenselliğine bağlı değişen parametredir. b-değeri bölgeden bölgeye kabaca $\pm 0,3$ arasında değişim gösterir. b-değeri 1,0'e eşit olduğu ifade edilmiştir b değeri arttıkça bölgenin sismisitesinin yüksek olduğunu göstermektedir (Papazachos 1974, Hatzidimiriou et al. 1985, Kijko 1988, Frohlich and Davis 1993, Wiemer and Wyss 1997, Wiemer et al. 1998, Papazachos 1999). Gutenberg ve Richter (1954), dünya ölçüsünde istatistik sonuçlara dayanarak, sığ depremler için $b=0,9\pm 0,02$, orta ve derin depremler için $b=1,2\pm 0,2$ değerlerini bulmuşlardır. Türkiye için ise $b=0,9\pm 0,2$ değerini vermektedir.

Gutenberg-Richter metodunda öncü ve artçı depremler ayıklanmadan BDTİM 'den alınmış deprem verileri kullanılmıştır. Deprem kayıtlarında, moment magnitüdü (M_w), yerel magnitüdü (M_L), süre magnitüdü (M_d), yüzey dalga magnitüdü (M_s), cisim dalga magnitüdü (M_b) gibi 5 farklı magnitüdü

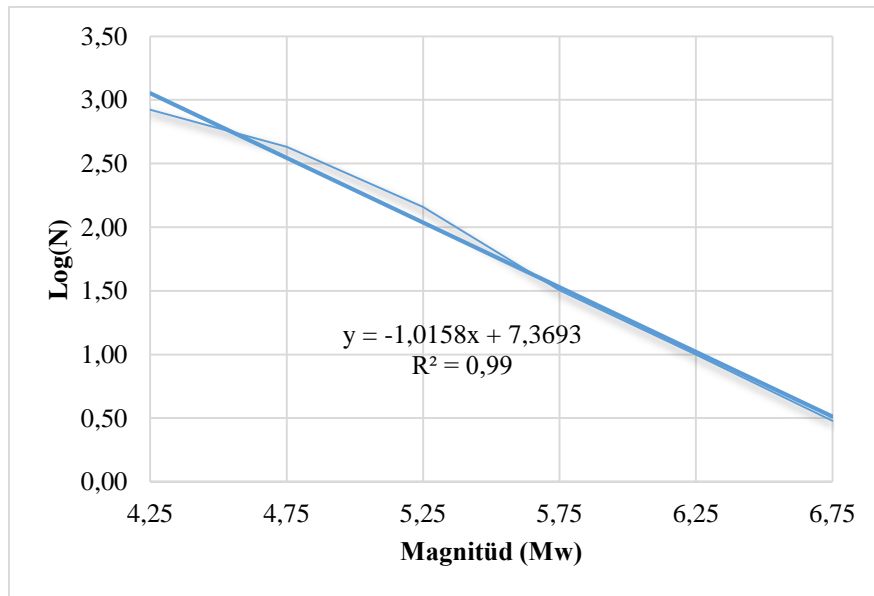
büyüklüğü yer almaktadır. Katalogda yer alan magnitüdü verileri tek bir magnitüdü ölçüğüne çevrilmesi önemlidir. İstatistiksel analiz için kullanılan Gutenberg-Richter metodu için deprem katalogundan M_w verileri kullanılması uygun olacaktır. M_w verilerinin kayıt edilmediği verilerde diğer magnitüdü verilerinin aşağıdaki dönüşüm metodları uygulanarak çevrilmiştir (Boore and Joyner, 1982; Ulusay, vd., 2004).

$$M_w = 2,25 * M_b - 6,14 \quad M_w = 1,57 * M_L - 2,66$$

$$M_w = 1,27 * M_d - 1,12 \quad M_w = 0,54 * M_s + 2,81$$

3. Bulgular

M_w deprem verileri magnitüdü sayılarına göre frekansları belirlenmiştir. Daha sonra yığınsal frekanslar hesaplanarak Log N değerleri hesaplanmıştır. Doğrusal regresyon ile magnitüdü- Log N ilişkisinin en küçük kareler yöntemi ile a ve b parametreleri hesaplanmıştır. Doğrusal regresyon ile daha emniyetli değerler elde edilmiştir.



Şekil 7. Deprensellik parametrelerinin belirlenmesi

Şekil 7' de Gutenberg- Richter bağıntısında a ve b parametrelerinin bulunması için en küçük kareler metodu uygulanarak $R^2 = 0,99$ düzeyinde korelasyon katsayısı ile değişkenler arasındaki kuvvetli ilişki belirlenmiştir. Gütenberg-Richter bağıntısı,

$$\text{Log}N = 7,3693 - 1,0158M \quad (2)$$

olarak bulunmuştur. Denklem (2)'ye göre Regrasyon analizinde a parametresi 7,3693, b parametresi 1,0158 olarak hesaplanmıştır. a ve b parametreleri kullanılarak incelenen bölgenin depremselliğini belirten parametreler şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$a' = a - \log(\text{bln}10) \quad (3)$$

$$a_1 = a - \log T \quad (4)$$

$$a'_1 = a' - \log T \quad (5)$$

Bulunan katsayıları,

$$n(M) = 10^{(a_1' - bM)} \quad (6)$$

denkleminde kullanarak depremlerin yıllık oluş sayıları hesaplanmaktadır. Belirli bir Magnitüd değerinin T yıl içinde oluşma riski ;

$$R(M) = 1 - e^{-n(M)T} \quad (7)$$

Oluşan depremin tekrarlanma periyodu ise;

$$Q = \frac{1}{n(M)} \quad (8)$$

Bağıntıları kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre deprem tehlikesini belirlemede kullanılan parametre değerleri Tablo 3. 'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Deprem tehlikesini belirlemede kullanılan parametreler

a	b	a₁	a'	a'₁
7,3693	1,0158	5,3736	7	5

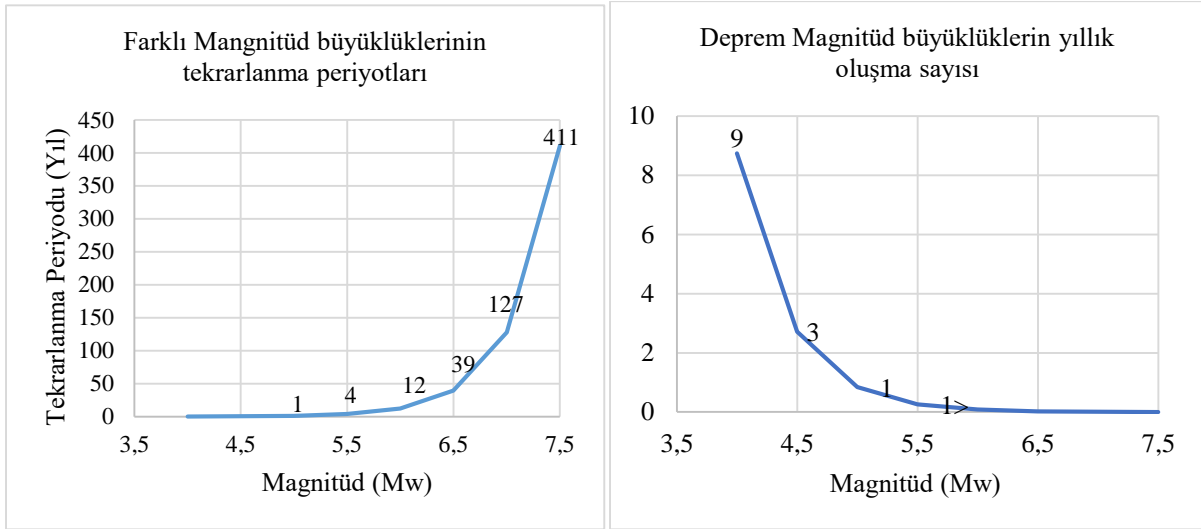
Tablo 3'te elde edilen parametreler Tablo 4'te çalışma bölgesinin sismik risk analizi için kullanılmıştır.

Tablo 4. Bingöl ili deprem risk analizi

M	n(M)	SİSMİK RİSK										Q	
		YILLAR											
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
4,0	8,738581	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0,1
4,5	2,713569	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0,4
5,0	0,842638	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1,2
5,5	0,261662	93	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	3,8
6,0	0,081253	55,6	80,3	91,3	96,1	98,3	99,2	99,7	99,8	99,9	100,0	100,0	12,3
6,5	0,025231	22,3	39,6	53,1	63,6	71,7	78,0	82,9	86,7	89,7	92,0	92,0	39,6
7,0	0,007835	7,5	14,5	20,9	26,9	32,4	37,5	42,2	46,6	50,6	54,3	54,3	127,6
7,5	0,002433	2,4	4,7	7,0	9,3	11,5	13,6	15,7	17,7	19,7	21,6	21,6	411,0

Tablo 4'te magnitüd değerlerine göre deprem riski on yıllara göre hesaplanmıştır

tekrarlanma periyotları (Q) belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Magnitüdlerin periyotları ve yıllık oluşma sayıları

4. Sonuç ve Öneri

Bingöl ilinin Gutenberg-Richter metodu ile istatistiksel analizi için BDTİM 'den Bingöl ili merkezinden 150 km çapında 37°32-40°12 kuzey enlemleri 38°45-42°13 doğu boylamlarını kapsayan bölgede 1903-2019 yılları arasında oluşan deprem kataloğundan moment magnitüd verisi olan Mw değeri alınmıştır. Buna göre korelasyon $R^2 = 0,99$, a parametresi 7,3693, b parametresi 1,0158 olarak hesaplanmıştır. $b > 1$ hesaplandığından çalışma bölgesinin depremselliğinin fazla olduğu söylenebilir. Geçmiş depremler Bingöl'ün Karlıova ilçesinin depremselliğinin en yüksek bölge olduğunu göstermektedir. Analize göre önümüzdeki 30 yıl içerisinde Bingöl'ü etkisi altına alacak bölgede 5,5 M'e sahip depremin gerçekleşme olasılığı % 100, 6 M'ün %91, 6,5 M'ün % 53, 7 M'ün % 21 ve 7,5 M depremin ise % 7 olarak hesaplanmıştır. Tekrarlanma periyotları ise 5,5 M depremin tekrarlanması 4 yıl, 6,0 M depremin 12 yıl, 6,5 M depremin 39 yıl, 7,0 M depremin ise 127 yıl olarak hesaplanmıştır.

20. yy. öncesi depremler incelendiğinde her yüzyılda 7,0 M'e yakın depremlerin 1 ya da 2 kez tekrarlandığı kaydedilmiştir. Ancak 19. yy. da 4 kez tekrarlanmıştır.

AFAD yer ivmeleri haritasında yüksek tehlike bölgesinde olan Bingöl ilinin özellikle Hanoçayırı mezrası, Karlıova bölgesinde zeminin deprem anında zemin sıvılaşması ve çökmeler yaşanabileceğinden bölgenin arsa tahsisinde ve yapılaşmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bölgede mevcut yapı stoğunun gözden geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle 2003 yılındaki deprem, yapılarda düz donatı ve zayıf beton kullanımını, kolon-kiriş birleşme hataları vb. hayati kusurları barındırdığını göstermiştir. Kapsamlı deprem yönetmeliklerinin çıkarıldığı 2007 yılı öncesi inşa edilen yapıların risk altında olduğu bu yapıların performans analizlerinin yapılması ve zayıf olanlarının kentsel dönüşüm kapsamına alınması gerekmektedir.

Bingöl ilini etkileyen çalışma bölgesinde 2020 yılında Elazığ ili Sivrice ilçesinde 6,8 M' de deprem yaşanmıştır. Bu deprem sonucu oluşan kırılma komşu diri fayları harekete geçirebileceği ve çalışma alanını etkileyebileceği unutulmamalıdır.

5. Kaynaklar

BDTİM 2020. "Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami

İzleme ve Değerlendirme Merkezi", <http://udim.koeri.boun.edu.tr/zeqmap/gmapt.asp>, Son erişim tarihi: 01.02.2020.

Boore, D.M. and Joyner, W.B. 1982. The Empirical Prediction Of Ground Motion, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 72, No. 6, pp. s43-s60.

Dowrick, D. J., (2003), Earthquake risk reduction. John Wiley & Sons.

Frohlich C., Davis S., 1993 Teleseismic b-Values: or, Much About 1.0, J. Geophys.Res., **98**, 631- 644.

Guidoboni, E., Traina, G., 1995. "A New Catalogue of Earthquakes In the Historical Armenian Area from Antiquity to the 12th Century", *Anali Di Geofisica* Vol. XXXVIII, N.1, p.85-111.

Gutenberg, B. and Richter, C.F., 1954. "Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration", *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. (63), 501-516.

Gündoğdu, O., (2009), *Van ve Çevresinin Deprem Tehlikesi. Van Kent Sempozyumu*. TMMOB Van İl Koordinasyon Kurulu, Van, s.97-116.

Hazidimitriou, P.M., Papadimitriou, E.E., Mountrakis, D.M., 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.

İşçi, Ç. 2008. "Deprem Nedir ve Nasıl Korunuruz?", *Journal of Yasar University*, 3(9), s.959-983.

KOERİ 2003. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Sismoloji Servisi. 2003."1 Mayıs 2003 Bingöl Depremi Ön Raporu", s.1-10.

Kijko, A. 1988. "Maximum Likelihood Estimation of Gutenberg-Richter B Parameter For Uncertain Magnitudes

Values, *Pure Appl. Geophys.*, (127), 573-579.

MTA 2005. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi. "6 Haziran 2005 Karlıova Depremi'nin Değerlendirilmesi", 2005.

MTA 2019. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü. "Türkiye Diri Fay Haritası 2019".

Özalp, S., Doğan, A., Emre, Ö. (2005), "6 Haziran 2005. Karlıova Depremi'nin Değerlendirilmesi", *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi Yer Dinamikleri Araştırma ve Değerlendirme Koordinatörlüğü Aktif Tektonik Araştırmaları Birimi*, s.1- 6.

Papazachos, B.C., 1974. Dependence of the Seismic Parameter B on the Magnitude Range, *Pure Appl. Geophys.*, (112), 1059-1065.

Papazachos, B.C., 1999. An Alternative Method for A Reliable Estimation of Seismicity with an Application in Greece and the Surrounding Area, *Bull. Seismo. Soc.*, (89), 111- 119.

Purcaru, 1975. A new quantitative measure of seismicity and some related problems, *Veröff. Zentralinst. Physikd. Erde* Nr. 31. Teil. 1, 185 -204.

Richter, C.F., (1958), *Elementary seismology*. W, H, Freeman and Co., San Francisco.

Sezer, L.İ. 2008. "Karlıova (Bingöl) Yöresinin Depremelliği", *İzmir Aegean Geographical Journal*, 17/1-2 (2008), 35-50.

Sümer, F., 1986. *Ahlat Şehri ve Ahlatşahlar*. Belleten, Türk Tarih Kurumu, Cilt 2, Sayı (197), Ankara.

Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A., 2008. *The Earthquake Catalogues For*

Turkey. Turkish Journal of Earth Sciences, Vol.(17), p.405-418.

Ulusay, R., Tuncay, E., Sonmez, H. and Gokceoglu, C. 2004. An Attenuation relationship based on Turkish strong motion data and iso-acceleration map of Turkey. Engineering Geology, (74), 265-291.

Wiemer,S., and Wyss,M. ,1997. Mapping The Frequency-Magnitude Distributions in Asperities: An Improved Technique to Calculate Recurrence Times, J. Geophys. Res., (102), 15115-15128.

Wiemer,S., Mcnutt,S.R., Wyss,M., 1998. Temporal and Three-Dimensional Spatial Analysis of the Frequency-Magnitude Distributions Near Long Valley Caldera, California, Geophys. J. Int., (134), 409-421.