

GÜNEYBATI TÜRKİYE'NİN DEPREM ETKİNLİĞİ VE DEPREM RİSKİ ANALİZİ

THE EARTHQUAKE ACTIVITY AND SEISMIC RISK ANALYSIS OF SOUTHWESTERN TURKEY

Fethi Ahmet YÜKSEL

I.Ü. Müh. Fak. Jeofizik Mühendisliği Bölümü

ÖZET: 1900-1985 zaman aralığında ve 34.00° - 38.00° N, ve 27.00° - 32.00° E koordinatları arasında kalan sahanın, magnitudü M 4.0 olan depremleri referansta verilen kataloglardan çıkartılarak, deprem etkinliği incelenmiştir.

Bölgeye ait deprem verilerinin Magnitud-Frekans ilişkileri En Küçük Kareler, Genelleştirilmiş En Küçük Kareler ve Poisson yöntemleri kullanılarak, "Ortalama Yıllık Sismik Aktivite İndeksi (a)" ve "Sismotektonik Parametre (b)" katsayıları bulunmuştur.

Bölgenin Deprem Riski, Gumbel Uç Değer Dağılım yöntemi (Tip I) uygulanarak hesaplanmıştır.

ABSTRACT: This study covers the southwestern area of Turkey. between the $\phi(34^{\circ}.00-38^{\circ}.00)N$ and $\lambda(27^{\circ}.00-32^{\circ}.00)E$ coordinates.

Studying the earthquake activity, earthquakes which have 4.0 or greater surface wave-magnitude range have been compiled for the considered interval between 1900-1985 years.

Parameters are computed as a and b in relation between magnitude and frequency of earthquakes by the use of least and weighted least squares method and poisson distribution law.

Moreover, the earthquake risk has been computed for this region with Gumbel extreme value method (Type I).

*I.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Böl. Araş. Gör.

GİRİŞ

İncelenen bölge $34^{\circ}.00-38^{\circ}.00$ N Enlemleri, $27^{\circ}.00-32^{\circ}.00$ E Boylamları arasında kalan alanı kapsar. Harita (1).

Etkilerini gözümüzle görüp kantitatif olarak değerlendirebildiğimiz depremler, yerkabuğunun gözlenebilen ve anında ölçülebilen tek hareketlerini oluşturduklarından, yerbilimciler için önemli bir iz, değerli bir araştırma konusu olup meydana geldikleri sahanın tektonik özelliklerinin anlaşılmasını kolaylaştırırlar. Çalışma bölgesi, bilindiği gibi, sismik yönden oldukça

aktif bir bölge olup (Harita 2) Avrasya, Afrika ve Arabistan gibi birkaç levhanın doğrudan dokanak halinde bulunduğu bindirme zonu içinde yer alır (Mc Kenzie, 1972).

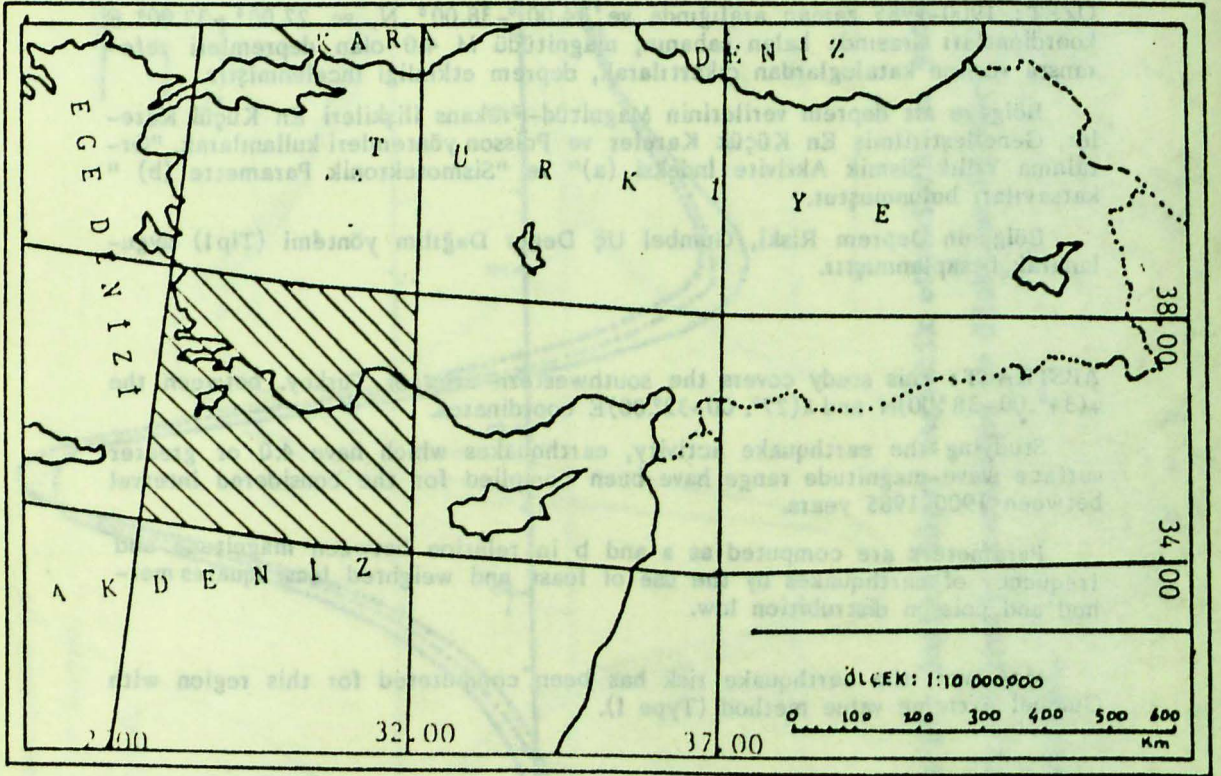
Bölge, Deprem Araştırma Enstitüsünün yayınlamış olduğu Türkiye'nin sismik zon haritasından da görüleceği gibi, Harita (3), 1., 2., 3. ve 4., derece deprem zonları içerisindedir. Antik devirlerden günümüze kadar meydana gelen depremlerle bölgedeki yerleşim alanları ağır hasarlara uğramıştır. Bölge içerisinde episanırların kümelendiği alanlar bulunmaktadır. Bu alanlar, geçmişte olduğu gibi günümüzde de

aktivitesini halen koruyan diri fayların üzerlerinde ve/veya yakın çevrelerinde bulunur, Harita (4).

Genel olarak, Türkiye'nin % 92'si deprem tehlikesi ile karşı karşıya bulunan alanlardadır (Karaman, 1986). Bu alanlarda şimdiye kadar meydana gelmiş depremlerle elde edilen veriler, bu bölgelerin jeolojik durumu ve genç hareketlerinin oluşumunun açıklanmasına kaynak olurlar. Depremlerle birlikte meydana gelen jeolojik olayları inceleyerek tektonik ve jeodinamik sonuca varılabilir.

yotları T(M) ve bölgenin deprem riski (R (M)) bulundu. Çünkü günümüz deprem etkinliği, tektonik etkinliğiyle sıkı sıkıya ilişkilidir.

Bölgenin aktüel tektoniğinde, hakim hareketlerin sonucu oluşan depremlerden, mevcut ve yapılmakta olan veya yapılması planlanan çok katlı bina inşaatları, turizm yatırımları, enerji üretimine yönelik yapılar, endüstri ve sanayi tesisleri, demiryolu, karayolu, köprü gibi mühendislik yapıları doğrudan etkileneceklerdir. Bölgenin aktüel tektonik gelişiminin ve buna bağlı



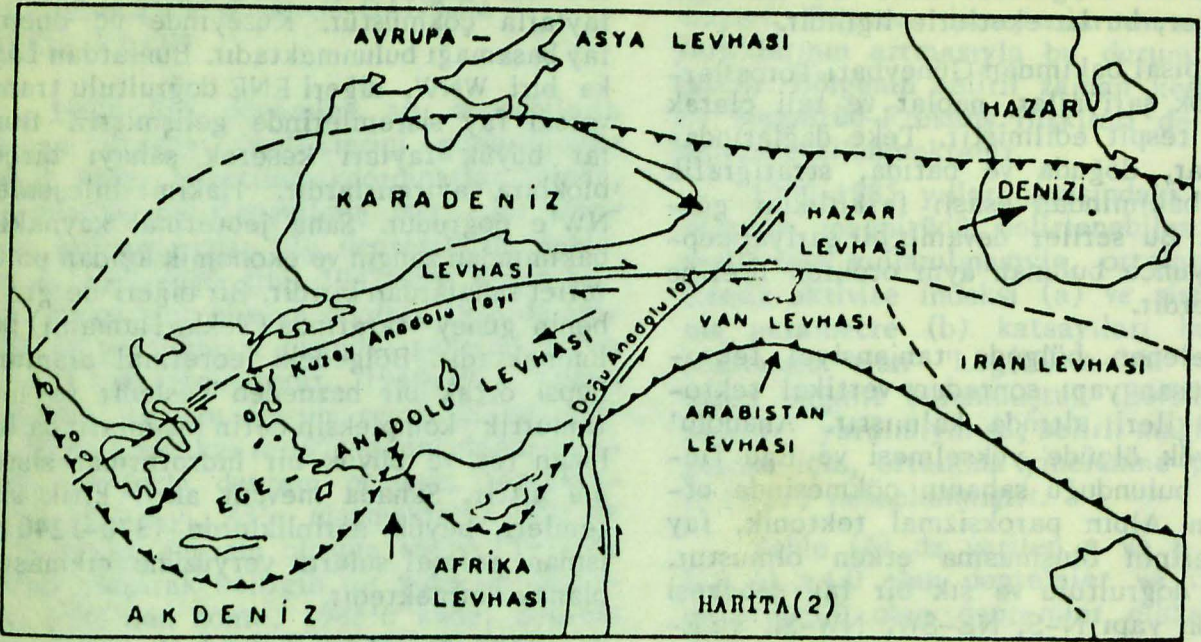
HARİTA:1 İnceleme bölgesinin lokasyon haritası

Son yıllarda deprem sismolojisi ve neotektonik çalışmalara büyük ağırlık verilmektedir. Bu disiplinlerden elde edilen önemli kaynak bilgiler sayesinde, bölgeye ait sismotektonik kriterler belirlenebilmektedir. Çalışmamızda 1900-1985 dönemi kapsayan deprem verileri kullanılarak (Yüksel, 1984), yukarıda belirlenen sınırların içerisinde kalan sahanın, magnitüdü $M \geq 5.0$ için son 85 yıllık episantır haritası hazırlandı. Bölgeye ait Magnitüd-Frekans ilişkileri, depremlerin zaman dağılımı, belirli magnitüdüler için depremlerin bir yıldaki beklenen sayısı N(M), bu magnitüdüler için ortalama geri dönüş (yenilenme) Per-

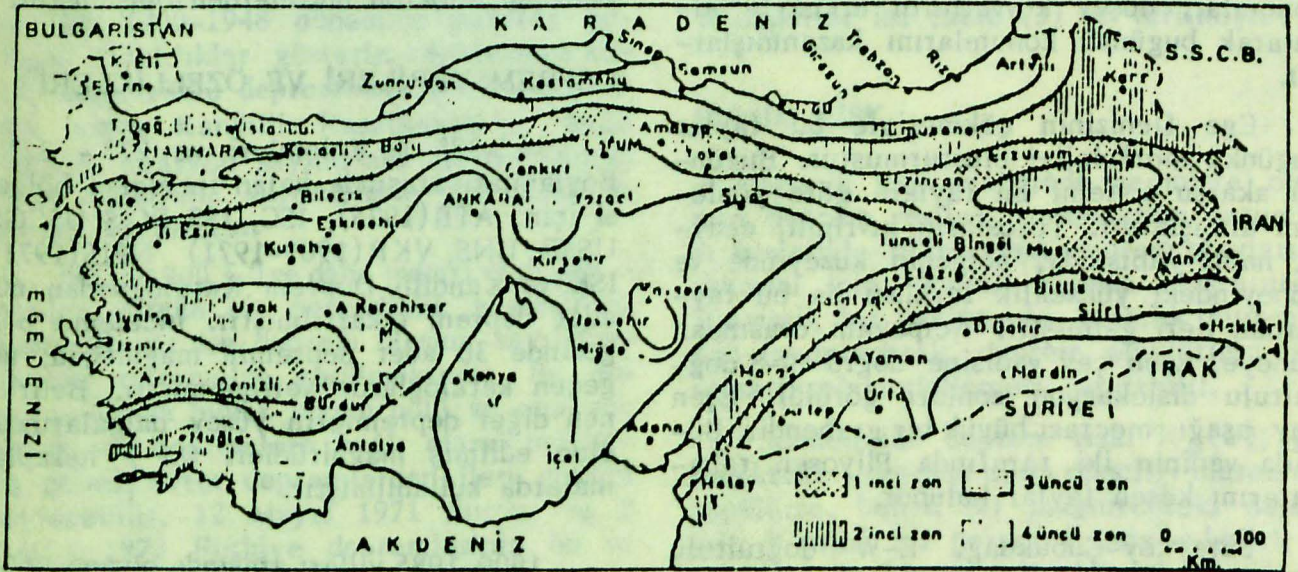
olarak sismisitesinin incelenmesiyle mühendislik üniteleri ve yerleşim yerleri için gerekli parametreler ve kriterler geliştirilebilir.

JEOLJİK VE TEKTONİK TARİHÇE

Türkiye, Karaliyen, Kaledoniyen, Heriniyen tektonik hareketlerine bağlı kalmıştır. Ülke, Alpin orojenezler esnasındaki kıvrımlarla güncel durumuna gelmiştir. Genel olarak Türkiye Alpin kıvrımlanma zonuunun bir parçası olan kuşakta bulunur.



Türkiye'nin levhacılığı (Mc KENZIE, 1972-ALPTEKİN, 1973-DEWEY ve diğerleri, 1973'den esinlenerek KETİN, 1977)



HARİTA: 3 TÜRKİYE'NİN SİSMİK ZON HARİTASI

İnceleme bölgesinde, Güney Menderes Masifi ve Güneybatı Toroslari (Teke Dağları) olmak üzere, iki büyük ünite bulunmaktadır.

Güney Menderes Masifi dom biçiminde bir yapıdır. Masifte çeşitli orojenez safhalarının izleri ve doğrultuları görülebilir. Alp paroksizması, masifi Toros yapılarına bir kalıp gibi uyan, büyük bir kubbe biçiminde yükselmiştir. (R.D. Schuling, 1962).

Güneybatı Toroslari teşkil eden strüktürel toplulukların bazıları otokton, bazıları da bunların üzerine bindirmiş naplar biçiminde birimlerdir. Toros Sıradağları genellikle güneye doğru verjanslıdır. Yalnız, Menderes kenarlarında kuzeye doğru yönelmiş itilmeler vardır, (R.Brinkmann, 1966).

Menderes masifinin yükselmesinin son zamanlarda da devam etmekte olduğu söylenebilir. Büyük Menderes grabeninin olu-

şumu ve bu bölgelerde halâ sık sık olan depremler, bu hareketlerle ilgilidir.

Yapısal bakımdan Güneybatı Toros'lar da birçok şariyajlar, naplar ve tali olarak ekaylar tespit edilmiştir. Teke dağlarındaki naplar, doğuda ve batıda, stratigrafik seriler bakımından esaslı farklılıklar gösterirler. Bu seriler devamlı bir şariyaj cephesi boyunca bulunan aynı otokton üzerine itilmişlerdir.

İncelenen bölgede tanjansiyel tektonikle oluşan yapı sonradan vertikal tektoniğin etkileri altında kalmıştır. Anadolu'nun büyük ölçüde yükselmesi ve Ege Denizi'nin bulunduğu sahanın çökmesinde etkin olan Alpin paroksizmal tektonik, fay sistemlerinin oluşmasına etken olmuştur. Değişik doğrultulu ve sık bir fay şebekesi ile bütün yapı N-S, NE-SW, NW-SE ve E-W yönlerinde yönelmiştir. Faylanma sonucunda yükselmiş veya alçalmış zonlar, otokton ve naplı sahalarda izlenmektedir. Yanal Kuvvetlerle oluşan yapısal yüksek konumlar, düşey kuvvetlerin etkisiyle alçalarak bugünkü konumlarını kazanmışlardır.

Ege Denizinin çökmesiyle bu faylar bugünkü morfolojiyi oluşturmuştur. Bugünkü akarsu sistemi bu faylara göre yönlerini almışlardır. Torosların kıvrımlı, ekaylı, naplı yapısında, bölgenin kuzeyinde ve güneyindeki yükseklik farkları da bu faylardan ileri gelmiştir. Acıpayam ovasından güneye, Eşen çay vadisine doğru N-S doğrultulu dislokasyon zonları görülür. Eşen çay aşağı mecrası büyük bir grabendir. Burada vadinin iki tarafında Pliyosen tabakalarını kesen faylar bulunur.

Sarayköy-Çubukdağ, E-W doğrultulu Büyük Menderes grabeninin bir kısmında bulunmaktadır. Bölgenin yapısı oldukça karmaşıktır. Rejyonel olarak havza WNW-ESE

tektonik doğrultuda ve merdiven şeklinde faylarla çökmüştür. Kuzeyinde üç önemli fay basamağı bulunmaktadır. Bunlardan başka biri WNW, diğeri ENE doğrultulu transversal fay sistemlerinde gelişmiştir. Bunlar büyük fayları keserek sahayı birçok bloklara ayırmışlardır. Hakim bileşenleri NW'e doğrudur. Saha jeotermal kaynaklar bakımından zengin ve ekonomik açıdan umut verici sahalardan biridir. Bir diğeri de grabenin güney tarafında (Tekke Hamamı) bulunmaktadır. Bölgedeki jeotermal alanların hepsi ortak bir haznedden beslenir ve metamorfik kompleksin derin kısımlarında bulunan tek ve büyük bir hidrotermal sisteme aittir. Sahada mevcut aktif kırık sistemleri, büyük derinliklerde (370-1240 m) ısınan, termal suların yeryüzüne çıkmasına olanak vermektedir.

Teke dağlarının bulunduğu kesim, yapısal bakımdan, Torosları SW'e doğru kesen kısmen otokton, kısmen de yanal kuvvetlerle bunların üzerine naplar şeklinde yerleşen allokton ünitelerden oluşmuştur.

DEPREM VERİLERİ VE ÖZELLİKLERİ

34°-38° N Enlemleri ve 27° - 32° E Boylamları arasında kalan inceleme bölgesi için, ATB(1975), ISC, ISS, BCIS, USCGS, USSR, UNS, VKR(1969-1971) NEIS(1971), ISK ve Kandilli Deprem Kataloğundan 603 adet deprem çıkartılmıştır. İnceleme bölgesinde 30 adet depremin magnitüdü, adı geçen kataloglarda verilmemiştir. Belirlenen diğer depremlerin yüzey dalgalarından elde edilmiş magnitüdüleri (M_s) hesaplamalarda kullanılmıştır.

1900-1985 yılları arasında oluşmuş 603 adet depremin magnitüd sınıflarına göre sayısal dağılımı, Tablo-1'de verilmiştir.

Magnitüd Sınıfları	$4 \leq M < 5$	$5 \leq M < 6$	$6 \leq M < 7$	$7 \leq M$
Oluşum Sayısı	390	161	20	2

Tablo.1 : Aletsel Dönem (1900-1985) depremlerinin magnitüd sınıflarına göre sayısal dağılımı

DEPREMLERİN ZAMAN DAĞILIM ÖZELLİKLERİ

1900-1985 dönemine ait depremlerin zaman dağılım özelliklerini görüntüleyen Şekil 1'de, belirtilen koordinatlar içinde, magnitüdü belirlenebilmiş 603 adet deprem kullanılmıştır. Bu depremlerin, şekilde de görüldüğü gibi, 1947'lere kadar yıllık maksimum oluşum sayıları, 1926'da aniden 20'ye çıkması dışında, genelde 10'un altında seyretmektedir. 1948-1971 yılları arasında deprem oluşum sayısı 20'ye doğru hızla artmakta ve 1971'de inceleme sahasının en fazla deprem oluşumu gerçekleşerek, bu sayı, 43'e ulaşmaktadır. 1972'de 11'e düşen deprem oluşum sayısı, 1977'de 24'e ulaşarak belirgin bir yükseliş gösterir. 1977'den sonra, 1985'e kadar deprem oluşum sayılarında giderek azalmalar görülür.

1948-1985 dönemindeki Magnitüdü 4.0 ve daha büyük olan depremlerin oluşum sayıları 1900-1948 dönemine nazaran belirgin farklılıklar gösterir. 4.0 ve daha küçük magnitüdü depremlerin 1970'li yıllardan sonra Kandilli Rasathanesi'ne bağlı deprem istasyon sayılarının arttırılmasıyla daha duyarlıkla kaydedilmesi bu farklılığı ortaya koymuştur.

Magnitüdü 5.0 ve daha yukarı olan depremler düzgün bir periyodiklik gösterirler. Bazı yıllarda ise deprem oluşum sayılarında ani sıçramalar görülmektedir. Bu ani sıçramaların büyük magnitüdü ve ana şok karakterli depremlere bağlı olarak meydana gelmiş artçı depremlerden ileri geldiği söylenebilir. 12 Mayıs 1971 Burdur ve 5 Aralık 1973 Fethiye depremlerinin ön ve artçı şokları buna örnek verilebilir.

İnceleme bölgesinde 7.0 ve daha büyük magnitüdü iki deprem, ele alınan süreç içerisinde oluşmuştur.

DEPREMLERİN MAGNİTÜD-FREKANS İLİŞKİLERİ

Seksenbeş yıllık gözlem süresi için, belirli zaman kesimlerine ait, depremlerinin sayısal dağılımları Tablo (2) de verilmektedir. Tablodan da görüleceği gibi, küçük magnitüdü depremlerin oluşum sayı-

larında 1950'den sonra büyük artışlar olmuştur. Deprem istasyonlarının sayısı ve duyarlıklarının artmasıyla bu durum açıklanabilir. Bölgenin belirli zaman kesimlerine ait Magnitüd-Frekans ilişkileri de bu sebepten etkilenmektedir.

1900-1985 yılları arasındaki dönemde oluşmuş magnitüdü belirlenebilen deprem verilerinin kullanılmasıyla, ortalama yıllık sismik aktivite indeksi (a) ve sismotektonik parametre (b) katsayıları bulunarak, sözkonusu olan " $\log(N)=a+bM$ " ilişkisini veren bağıntı bulunmuştur. Belirlenen bu bağıntı yardımıyla da, belirli magnitüd değerleri için, ortalama yinelenme periyodu (OYP) hesaplanmıştır.

Tablo (6) da verilen a ve b katsayıları $M \geq 4.0$ olan depremler ve OYP için de $M \geq 5.0$ olan depremler dikkate alınmıştır.

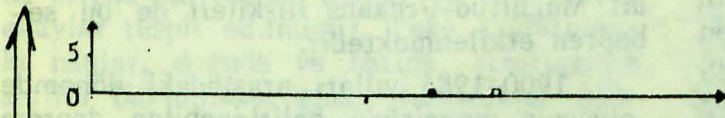
Bölgede çalışma yapan diğer araştırmacıların, farklı büyüklükteki sahalar ve değişik zaman aralıkları için, elde ettikleri değerler ise tablo (3) de verilmiştir.

SİSMİK RİSK

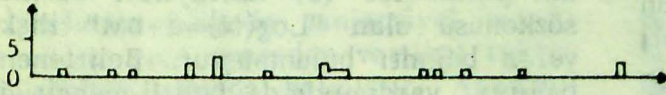
Sismik risk analizinde geçmişte oluşmuş deprem verileri, gelecekteki durumları kesinlikle bilinmeyen deprem olaylarının tahmini için, önemli kaynak oluştururlar. İstatistik bir yaklaşımla, olasılık kuramından faydalanarak, deprem olaylarının matematiksel modellemesi yapılabilir.

Sismolojide deprem riski $R_D(Y)$, gelecekteki deprem olma olasılığı olarak düşünülürse, belirli bir magnitüdteki depremin D yıllık bir periyot içinde ve belirli bir alanda gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanır.

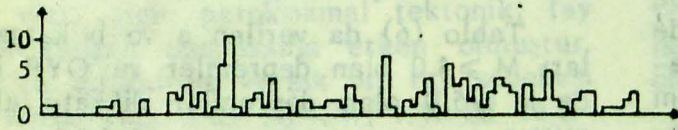
Deprem oluşumu raslantıya bağlı (stokastik) olaylardandır. Deprem olayının gelecekteki durumlarının olasılıkları, zamanın parametre olarak yer aldığı dağılım fonksiyonlarıyla hesaplanır. Herhangi bir bölgede, bir yılda kaç tane deprem olacağı belli bir olasılıkla hesaplanabilmektedir. Yıllık ortalama deprem sayısı α kadar ise, t yılda n tane deprem olma olasılığının bulunabilmesi için Poisson Dağılım Fonksiyonu kullanılır. Aşağıda verilen bağıntı ile fonksiyon tanımlanır.



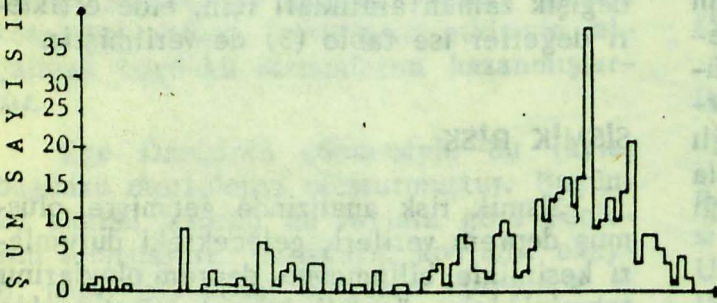
İnceleme bölgesinin, magnitüdüleri 7.0 ve daha büyük olan depremlerin Zaman Dağılımları.



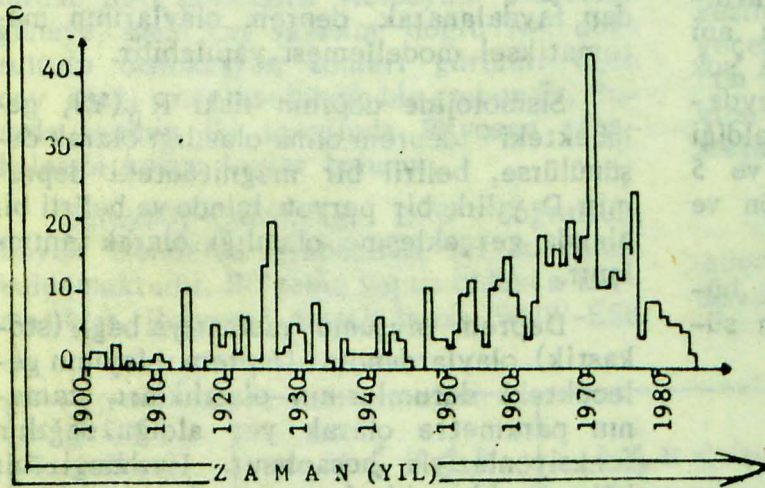
İnceleme bölgesinin, magnitüdüleri 6.0 ve daha büyük olan depremlerin Zaman Dağılımları.



İnceleme bölgesinin, magnitüdüleri 5.0 ve daha büyük olan depremlerin Zaman Dağılımları.



İnceleme bölgesinin, magnitüdüleri 4.0 ve daha büyük olan depremlerin Zaman Dağılımları.



İnceleme bölgesinin, magnitüdüleri belirlenmiş depremlerin Zaman Dağılımları.

ŞEKİL :1 Depremlerin Zaman-Oluşum Sayısı.

Tablo 2: Beşer yıllık kesitler için, depremlerin magnitüd sınıflarına göre sayısal dağılımları.

GÖZLEM SÜRECİ	MAGNİTÜD SINIFI				TOPLAM
	$4.0 \leq M < 5.0$	$5.0 \leq M < 6.0$	$6.0 \leq M < 7.0$	$7.0 \leq M$	
1900-1905	5	2	1	-	8
1906-1910	1	4	-	-	5
1911-1915	8	2	2	-	12
1916-1920	6	9	-	-	15
1921-1925	11	12	2	-	25
1926-1930	16	17	3	-	36
1931-1935	8	8	1	-	17
1936-1940	4	8	-	-	12
1941-1945	5	9	5	-	19
1946-1950	9	9	-	1	19
1951-1955	23	11	1	-	35
1956-1960	31	18	1	1	51
1961-1965	34	17	1	-	52
1966-1970	71	11	1	-	83
1971-1975	79	11	-	-	90
1976-1980	55	8	-	-	63
1981-1985	23	6	2	-	31
TOPLAM	389	162	20	2	573

Tablo 3: İnceleme bölgesine ait, farklı büyüklükteki sahalar ve değişik zaman aralıklarında, diğer araştırmacılar tarafından elde edilen (a) ve (b) değerleri.

ARAŞTIRMACILAR	ZAMAN ARALIĞI	BÖLGE	a	b
TABBAN-GENÇOĞLU(1975)	1900-1970	Batı Anadolu	4.98	0.62
		Göller Bölgesi	4.05	0.56
		Antalya ve Çevresi	2.26	0.32
ALPTEKİN(1978)	1900-1971	Ege Yay Kuşağı (E)	6.16	0.79
			5.42	0.64
		Batı Anadolu	5.90	0.76
			5.42	0.66
		Burdur Kavşağı	5.83	0.77
			5.36	0.67
NUMANOĞLU(1978)	1940-1970	Güney Batı Anadolu	2.69	0.50
BATH(1979)	1913-1970	27.00-29.00 E 37.00-39.00 N	3.38	0.43
		29.00-31.00 E 37.00-39.00 N	6.23	0.98
		31.00-33.00 E 37.00-39.00 N	7.36	1.28
		27.00-29.00 E 37.50-37.00 N	5.08	0.66
		29.00-31.00 E 35.50-37.00 N	2.68	0.36
		31.00-33.00 E 35.50-37.00 N	5.96	1.04

Tablo 4: 34°.00-38°.00 N Enlemleri ve 27°.00-32°.00 E Boylamları arasında kalan, Güney-Batı Türkiye'ye ait, bölgenin 1900-1985 yılları arasında oluşmuş depremlerin magnitüdüne göre dağılımları, Magnitüd adımlaması M = 0.1'dir.

MAGNİTÜD	OLUŞUM SAYISI
4.0	31
4.1	18
4.2	54
4.3	38
4.4	42
4.5	63
4.6	40
4.7	36
4.8	40
4.9	28
5.0	34
5.1	20
5.2	40
5.3	19
5.4	13
5.5	11
5.6	9
5.7	4
5.8	3
5.9	8
6.0	2
6.1	4
6.2	1
6.3	2
6.4	2
6.5	1
6.6	2
6.7	1
6.8	3
6.9	2
7.0	-
7.1	2
TOPLAM	573

Tablo 5: $34^{\circ}.00-38^{\circ}.00$ N Enlemleri ve $27^{\circ}.00-32^{\circ}.00$ E Boylamları arasında kalan, Güney-Batı Türkiye'ye ait, bölgenin 1900-1985 yılları arasında oluşmuş depremlerin magnitüdlere göre dağılımları. Magnitüd adımlaması $M=0.5$ 'tir.

MAGNİTÜD SINIFI	OLUŞUM SAYISI
4.0 - 4.4	184
4.5 - 4.9	207
5.0 - 5.4	126
5.5 - 5.9	35
6.0 - 6.4	11
6.5 - 6.9	9
7.0 - 7.4	2
TOPLAM	573

Tablo 6: $34^{\circ}.00-38^{\circ}.00$ N Enlemleri ve $27^{\circ}.00-32^{\circ}.00$ E Boylamları arasında kalan, Güneybatı Türkiye'ye ait, bölgenin 1900-1985 yılları arasında oluşmuş depremlerin a, b ve ortalama yinelenme periyodları.

UYGULANAN YÖNTEM	ÇÖZLEM SÜRECİ	SAPTANAN		ORTALAMA YİNELENME PERİYODU (YIL)		
		a değeri	b değeri	$M \geq 5.0$	$M \geq 6.0$	$M \geq 7.0$
E.K.K.Y.	1900-1985	5.99	0.71	0.52	2.74	14.28
G.E.K.K.Y.	1900-1985	5.48	0.65	0.84	3.82	17.42

$$P(n; \alpha) = \frac{e^{-\alpha t} (\alpha t)^n}{n!} \quad (1)$$

Deprem oluşumlarının Poisson dağılımına uyabilmesi için belirli koşulların gerçekleşmesi gerekmektedir. Zaman içerisinde algılanan depremler nokta olaylar olarak ele alınırlar. Poisson olasılık dağılımı, nokta olayların değerlendirilmesinde kullanılan temel fonksiyondur. Poisson dağılımının; a) olaylar tamamen raslantı sonucu gerçekleşirler (bağımsızlık), b) olaylar tek tek oluşurlar (düzenlilik) ve c) zaman eksenini boyunca herhangi bir elementer aralık için, bir oluşumun gerçekleşme olasılığı tamamen aynıdır (Kararlılık) olmak üzere üç temel özelliği vardır.

Büyük deprem olayları dizisi için gerçekleştirilmek istenen istatistiksel bir modelin kurulmasında iki varsayımın yapılması gerekmektedir. Bu varsayımlar sırasıyla, bir yıldaki depremlerin sayısı, ortalama α olan, bir poisson raslantı değişkenidir ve kümülatif dağılım fonksiyonuyla dağılmış olan deprem magnitüdü M bir raslantı değişkenidir. M 'in kümülatif dağılımı,

$$F(M) = 1 - e^{-\beta M}, \quad (M \geq 0) \quad (2)$$

şeklindedir.

Büyük deprem modeli olarak tanımlanan bu bağıntıya uç değer (extreme value) yöntemi uygulanarak yeni bir $G(y)$ kümülatif dağılım fonksiyonu elde edilir.

M maksimum yıllık deprem magnitüdü ise; $G(m)$, M 'nin kümülatif dağılım fonksiyonu olarak gösterilebilir.

$$G(M) = \exp(\alpha e^{-\beta M}). \quad (3)$$

Bu dağılım fonksiyonuna En Büyük Değerlerin "Tip I" dağılımı veya birinci dağılım denir, (Gumbel, 1958).

Burada, regrasyon katsayıları, M deprem magnitüdü, $G(m)$ ise ele alınan sürede magnitüdü M 'den büyük depremlerin aşılması olasılığıdır.

α ve β parametrelerini belirleyebilmek için ilk adımda

$$G(M_j) = \frac{J}{n+1} \quad (4)$$

bağıntısı kullanılır. Bu bağıntıda ise $G(m_j)$ dağılım fonksiyonunu, j n'lerin kümülatif sayısını n ise gözlem süresini vermektedir. İkinci olarakta E.K.K.Y. ile α ve β parametreleri bulunur. Bunun için,

$$\ln(-\ln G(M)) = \ln \alpha - \beta M \quad (5)$$

bağıntısı kullanılır. Elde edilen bu parametrelerden α , magnitüdü sıfırdan büyük depremlerin bir yıldaki ortalama sayısı β ise, magnitüdü sıfırdan büyük depremlerin ortalama magnitüdünün tersidir.

Gutenberg ve Richter tarafından bulunan Magnitüd-Frekans bağıntısından da sismik risk tahminleri yapılabilir. Magnitüd-Frekans ilişkisi normal frekans kullanılması halinde,

$$\log N(M) = a - bM \quad (6)$$

ile ve kümülatif frekanslar kullanılması halinde ise,

$$\log \bar{N}(M) = a' - bM \quad (7)$$

ile verilir. Normal frekans $N(M)$ ile, kümülatif frekans $\bar{N}(M)$ arasındaki integral bağıntısından

$$a' = a - \log(b \ln 10) \quad (8)$$

geliştirilir. (6) ve (7) bağıntılarından, verilen bir zaman döneminde, magnitüdü verilen bir M_1 değerinden büyük veya ona eşit olan depremlerin yıllık ortalama sayısı $n(M \geq M_1)$ hesaplanabilir (Tuksal, 1976).

(6) denklemden

$$N(M) = 10^{a-bM} \quad (9)$$

yazılabilir. Bunun belirli bir zaman dönemine bölünmesi ve her iki tarafın logaritmasının alınması ile,

$$n(M \geq M_1) = 10^{a-bM_1 - \log T_1} \quad (10)$$

elde edilir. Bu bağıntıdan,

$$a_1 = a - \log T_1 \quad (11)$$

$$a'_1 = a' - \log T_1 \quad (12)$$

eşitlikleri ve bunların geliştirilmesiyle,

$$n(M) = 10^{a'_1 - bM} \quad (13)$$

elde edilir.

Üç değer yöntemiyle bulunan α ve β parametreleri ile Gutenberg-Richter bağıntısındaki a ve b parametreleri arasında,

$$a = \text{Ln } \alpha / \text{Ln } 10 \quad (14)$$

$$b = \beta / \text{Ln } 10 \quad (15)$$

ilişkileri bulunur.

Magnitüdü verilen bir değerden büyük depremlerin bir yıldaki beklenen sayısı, Üç değer (Gumbel) yöntemine göre

$$N(M) = \alpha e^{-\beta M} \quad (16)$$

şeklinde, Gutenberg-Richter bağıntısıyla ise,

$$n(M) = 10^{a_1 - bM} \quad (17)$$

ile verilmektedir.

Ortalama geri dönüş periyodu ise, her iki yöntem için sırayla,

$$T(M) = \frac{1}{N(M)}, \quad (18)$$

$$t(M) = \frac{1}{n(M)} \quad (19)$$

dir.

Verilen bir zaman aralığında, magnitüdü belirlenen bir değerden büyük veya ona eşit olan depremlerin "yıllık ortalama oluş sayıları" bağıntısıyla Sismik Risk değerleri

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

(20), (21)

şeklinde geliştirilen denklemden hesaplanabilir (Gençoğlu, 1972; Tabban ve Gençoğlu, 1975; Tuksal, 1976; Alptekin, 1978; Numanoglu, 1978).

Belirlenen koordinatlar arasında kalan güney-batı Türkiye'ye ait sismik risk değerlerinin hesaplanmasıyla Tablo(7) ve Tablo(8) oluşturulmuştur.

Güney-batı Türkiye'nin farklı bölgelerinde, değişik zaman aralıklarında ve farklı yöntemlerle, magnitüd-frekans ilişkisin-

den elde edilen, a ve b parametreleri çözümlü araştırmacılar tarafından bulunmuştur. Bu çalışmada ele alınan saha ve zaman aralığı, daha öncekilerden, saha itibarıyla çok daha geniş ve gözlenen zaman aralığı ise çok daha uzundur. a ve b parametreleri kullanılan veri gruplarına, hesaplam yöntemlerine, bölgeye ve zamana göre değişimler göstermektedir. b-parametresi deprem oluşumunun fiziğiyle ilgili olup bölgeye ve zamana göre değişiklik gösterir. Bunun için aynı bölgeye ait farklı yöntemlerle ve verilerle, farklı büyüklükteki alan ve zaman aralıklarında hesaplanmış b- değerleri karşılaştırılmazlar (Alptekin, 1978).

Deprem riskinin belirlenmesinde b-değeri kullanıldığından sismik risk tahminlerinde, daha önceki çalışmalardan elde edilen değerlerden, farklılık gösterir. Mümkün olduğu kadar uzun zaman aralıkları kullanılarak tahminler yapılmalıdır.

SONUÇ

İncelenen bölgede deprem episantırlarında homojen bir dağılım görülmemektedir. Bölgede aktivitesi devam eden kırık sistemleri üzerlerinde ve yakın çevrelerinde de episantırların kümелendikleri gözlenmiştir.

Bu çalışmada 1900-1985 yılları arasında oluşan magnitüdü 5.0 ve daha büyük depremlerin magnitüdü 4.0 ve daha küçük olan depremlerden oldukça az meydana geldiği gözlenmiştir. Magnitüdü 6.0'dan daha küçük depremlerin sürekli ve fazlaca oluşması bölgenin yaygın depremselliğini ifade eder.

Bulunan a ve b katsayıları zaman aralığı ve bölgenin alanına bağlı olduğunda daha önce araştırmacılar tarafından bulunan değerlerle karşılaştırılmazlar.

Güneybatı Anadolu'da sismik risk tahminlerine göre 80 yıl içerisinde magnitüdü M=7.0 olan bir depremin meydana gelmesi olasılığı yüzde 94.9, aynı magnitüdüdeki depremin tekrarlaması için geçmesi gereken zamanın ise 25 yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Sismik risk tahminleri, daha duyarlı sonuçlar için, mümkün olduğu kadar uzun zaman aralıkları kullanılarak yapılmalıdır.

Tablo 7: $34^{\circ}.00-38^{\circ}.00$ N ve $27^{\circ}.00-32^{\circ}.00$ E koordinatları arasında kalan, Güneybatı Türkiye'ye ait, bölgenin 1900-1985 yılları arasında oluşmuş depremlerden hesaplanan Sismik Risk değerleri. Hesaplamalarda Gumbel Uç Değer yöntemi kullanılmıştır.

M	N(M)	T(M)	DEPREM RISKİ (%)				
			5	10	25	50	75 (YIL)
4.0	4.11	0.24	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
4.5	1.90	0.52	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0
5.0	0.87	1.13	98.7	99.9	100.0	100.0	100.0
5.5	0.40	2.46	86.8	98.2	99.9	100.0	100.0
6.0	0.18	5.34	60.7	84.5	99.0	99.9	100.0
6.5	0.08	11.58	35.0	57.8	88.4	98.6	99.8
7.0	0.03	25.09	18.0	32.8	63.0	86.3	94.9
7.5	0.01	54.36	8.7	16.8	36.8	60.1	74.8

Tablo 8: $34^{\circ}.00-38^{\circ}.00$ N ve $27^{\circ}.00-32^{\circ}.00$ E koordinatları arasında kalan, Güneybatı Türkiye'ye ait bölgenin 1900-1985 yılları arasında oluşmuş depremlerden hesaplanan Sismik Risk değerleri. Hesaplamalarda En Küçük Kareler yöntemi kullanılmıştır.

M	N(M)	T(M)	DEPREM RISKİ (%)							
			10	20	30	40	50	60	70	80 (YIL)
5.0	1.89	0.52	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
6.0	0.36	2.74	97.4	99.9	99.9	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
7.0	0.07	14.28	50.3	75.3	87.7	93.9	96.9	98.5	99.2	99.6



$M \geq 5.0$ OLAN DEPREMLERİN DIŞ MERKEZ HARİTASI

○ $5 \leq M < 6$

○ $6 \leq M < 7$

○ $7 \leq M$

—•— doğru atımlı fay

—•— eğim atımlı fay

ÖLÇEK: 1:100.000

HARİTA: 4

KAYNAÇLAR :

ALSAN, E., TEZUÇAN, L. And BATIL M., (1975). An Earthquake Catalogue for Turkey for the Interval (1913-1970) Kandilli Obs. İstanbul and Seismol. Inst., Uppsala, Rep. No: 7-75, 166 pp.

AYHAN, E., ÜÇER S.B., ALSAN, E., SANCAKLI, N., Kandilli Deprem Kataloğu (1900-1975), Yayınlanma safhasında, Kandilli Rasathane Sismoloji Bölümü, İstanbul.

Bulletins of International Seismological Centre (1964-1980).

Bulletins of Seismological Institute National Observatory of Athens (1950-1980).

Bulletins of International Seismological Summary (1918-1963).

Catalogue of earthquakes (1974), UNDP/ UNESCO survey of the seismicity of the Balkan Region.

Determination Preliminaire, Bureau Centrale International de Seismologie (1930-1970).

ERGİN, K., BÜYÜKAŞIKOĞLU, S., (1978), Akkuyu Nükleer Güç Santrali Yeri ve Çevresinin Depremselliği (Sismisitesi), Proje No: 77-02, Kesin Rapor, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeofizik Bölümü.

ERGİN, K., Güçlü, U., AKSOY, G., (1971), Türkiye ve Dolaylarının Deprem Kataloğu, (1965-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enst. No: 28.

ERGİN, K., GÜÇLÜ, U., UZ, Z. (1967), Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu, Milattan Sonra 11 yılından 1964 sonuna kadar, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Arz Fiziği Enst., No: 24.

KARNIK, V., Seismicity of the European area Part 1-2 Academia Praha, (1968-1971).

PAZACHIOS, B.C. and CAMMINAKIS, P.C. (1982), A catalogue of earthquakes in Greece and Surrounding area for the period (1901-1980). University of Thessaloniki, Geophys. lab. No: 5

13. Preliminary Determination of Epicenters, U.S. Coast and Geodetic Survey (1965-1970).

14. Russian Earthquake Catalogue (1977), USSR Academy of Sciences, (New Catalogue of Strong Earthquakes an USSR Territory from Ancient Times Until 1975).

YARARLANILAN KAYNAKLAR

ADATEPE, F.M., YÜKSEL, F.A., 1985; 34°00'-38° 00' N paralelleri, 27° 00'-37° 00'. Meridyenleri arasında kalan bölgenin sismotektonik özelliklerine bir yaklaşım. BÜLTEN, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü dergisi; Cil: 2, Sayı: 2, İSTANBUL

ALPTEKİN, Ö., 1978; Türkiye ve Çevresindeki Depremlerde Manyitud Frekans Bağıntıları ve Deformasyon Boşalımı. (Doç. Tez.) Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yerbilimleri Fakültesi. TRABZON.

ALPTEKİN, Ö., 1978; Batı Anadolu Depremlerinin Odak Mekanizmaları ve Bunların Aktif Tektonik İle İlişkileri. Jeofizik, Türkiye Jeofizikçiler Derneği Yayını, Cilt: VII, Sayı: 3 ANKARA.

BATH, M., 1979; Sismik Risk In Turkey - a preliminary Approach. Tectonophysics, vol. 54, T9-T16.

BRINKMAN, R., 1966; Geotektonische Gliederung Von West-Anatolien N. Jb.

GENÇOĞLU, S., 1973; Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismisitesi ve Bu Zon Üzerinde Sismik Risk Çalışmaları. Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Sempozyumu 29-30-31 Mart 1972. M.T.A Enst. Yay., ANKARA.

GUMBEL, E., J., 1958; Statistics of Extremes, Columbia Univ. Press, NEW YORK

KARAMAN, M.E., 1976; Burdur İli Çevresindeki Yerleşim Alanlarının Depremselliği. Müh. Jeol. Türk Milli Kom. Bülteni Sayı: 8, İSTANBUL

KENZIE, Mc., 1972; Active tectonics of the Mediterranean Region, Geophys. J. astr. Soc: 30, 104-185.

KETİN, İ., 1983; Türkiye Jeolojisine Genel Bir Bakış. İ.T.Ü.Yay. İSTANBUL

NUMANOĞLU, A.B., 1978; Batı Anadolu Deprem Riski Analizi. Dep. Araş. Enst. Bülteni, No: 21, ANKARA

PAMİR, H.N., 1964; 1/500 000 ölçekli Türkiye jeoloji haritası Denizli paftası ve izahnamesi, M.T.A. yay. ANKARA.

SCHULİNG, R., 1962; Türkiye'nin güney batısındaki Menderes Migmatit Kompleksinin Petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında M.T.A. Dergisi, No: 58, ANKARA.

SCHULİNG, R., 1962; Türkiye'nin güney batısındaki Menderes Migmatit Komp-

leksinin Petrolojisi, yaşı ve yapısı hakkında M.T.A. Dergisi, No: 58 ANKARA.

TABBAN, A., GENÇOĞLU, S., 1975; Deprem ve Parametreleri. Dep. Araş. Enst.

TUKSAL, İ., 1976; Seismicity of the North Anatolian Fault System in the Domain space, Time and Magnitude, M. thesis, saint louis University, Saint Louis, Missouri.

YÜKSEL, F.A., 1984; 34°-38° N Paralelleri, 27°-32° E Meridyenleri Arasında Kalan Bölgenin (Doğu Akdenizin Kuzey-Batısının) Sismo-Tektonik Değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi). İst. Üniv. Deniz Bil. ve Coğ. Enst. İSTANBUL

ALPTEKİN, O., 1978; Türkiye'nin Güneybatısındaki Depremlerde Mikroye Değerlendirme (Dok. Tez.) Karaman Teknik Üniv. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisadi İstatistik Bölümü, Ankara.

ALPTEKİN, O., 1978; Batı Anadolu Depremlerinin Oluşum Mekanizmaları ve Bölgenin Aktif Tektonik İlişkileri. Jeolojik ve Jeofizik Araştırmalar Dergisi, Cilt: VII, Sayı: 3, ANKARA.

BATIL, M., 1979; Sismik Risk in Turkey - a preliminary Approach. Technology, s. 24, 19-21.

BRINKMAN, R., 1966; Geotectonische Entwicklung Von West-Anatolien N. Jb. Geol. Anst. Wien, 116, 1-10.

GENÇOĞLU, S., 1973; Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismik Riski. Coğrafya, Konya, 1973, 1-10.

GENÇOĞLU, S., 1973; Kuzey Anadolu Fay Hattının Sismik Riski. Coğrafya, Konya, 1973, 1-10.

KARAMAN, M.E., 1976; Batı Anadolu Depremlerinin Sismik Riski. Jeolojik ve Jeofizik Araştırmalar Dergisi, Cilt: VII, Sayı: 3, ANKARA.

KENZIE, M.C., 1977; Active tectonics of the Mediterranean Region. Geology, 5, 1-4.

KENZIE, M.C., 1977; Active tectonics of the Mediterranean Region. Geology, 5, 1-4.



Journal of the International Geophysical and Earthquake Observatory of Athens (1970-1980)

Bulletin of International Seismological Catalogue of earthquakes (1974) UNDP

UNESCO survey of the seismicity of the Balkan Region.

Determination of tectonic boundaries in the Balkan Region.

Journal International de Seismologie (1970-1979)

ERGIN, K., BOYUKAŞIKOĞLU, S., (1978), Akdeniz Bölgesi Güneşli (Sisli) ve Çevresinin Depremselliği (Sismikite), Proje No: 77-02, Kocaeli Ra- hıyatı, İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Jeolojik Bölüm.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

ERGIN, K., GÜÇLÜ, U., AKSOY, G., (1977) Türkiye ve Bölgesinin Depremlerine Katkıları (1962-1970), İ.T.Ü. Maden Fakültesi, Araştırma Enstitüsü, No: 1977-02.

KARLIK, V., Seismicity of the Euro-Asian Plate Part 1 - 2. Tectonics, 1971, 1-10.

PAZAOĞLU, B.C. and GAVRILAKIS, P.C. (1982), A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding areas for the period (1901-1980). University of Thessaloniki, Geophys. Lab. No: 1982-01.

PAZAOĞLU, B.C. and GAVRILAKIS, P.C. (1982), A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding areas for the period (1901-1980). University of Thessaloniki, Geophys. Lab. No: 1982-01.

PAZAOĞLU, B.C. and GAVRILAKIS, P.C. (1982), A catalogue of earthquakes in Greece and surrounding areas for the period (1901-1980). University of Thessaloniki, Geophys. Lab. No: 1982-01.