

**BATI ANADOLU İÇİN GELİŞTİRİLMİŞ
DEPREM BÜYÜKLÜĞÜ - ŞİDDET - UZAKLIK
İLİŞKİSİ**

Dr. D. Kolçak — S. Sipahioğlu (*)

ABSTRACT

The relation among the intensity-magnitude-distance were investigated with the well known statistical methods by utilizing the isoseismal maps of earthquakes occurred in the west part of Anatolia within the period of 1964-1970.

In the calculations, R (hypocentral distance) was used instead of Δ (epicentral distance, and the a, b, c, d coefficients in the equation of

$$I = a + bM + cR + dMR \quad (1)$$

were found from the data of above mentioned thirteen shallow focus (h = 30 km) earthquakes. Thus, following equation (2) was obtained :

$$I = 0.1506 + 1.2372 M - 0.0332 R + 0.00198 MR \quad (2)$$

Then, the intensity values were calculated from the equation of (2) and these were compared with the original isoseismals.

Meanwhile, for the relations between magnitude (M) — surface of I = VI and I = IV, following equations were obtained :

$$\log A_{VI} = -0.9076 + 0.8384 M \quad (3)$$

$$\log A_{IV} = 1.905 + 0.5042 M \quad (4)$$

ÖZET

Batı Anadolu'dan seçilen bir bölge için, 1964-1970 yılları arasında oluşmuş ve Eşşiddet Haritaları bulunan depremler yardımıyla

$$I = a + bM + c\Delta + dM\Delta \quad (\text{Milne, Devenport 1969})$$

(*) İstanbul Üniversitesi Yerbilimleri Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü

şeklinde verilen bağıntının katsayıları ve dolayısıyla, depremlerin şiddet-büyüklik-uzaklık ilişkileri; bilinen sayılama yöntemleriyle incelenmiştir. Şiddet-uzaklık ilişkilerinin saptanmasında, derinliğin de ne şekilde etkin olabileceğini öğrenmek amacıyla, işlemlerde Δ (dışmerkezden uzaklık) yerine R (içermezken uzaklık) kullanılmıştır.

Hepsi sığ derinlikli ($h \leq 30$ km) olan onüç depremin verilerinden yararlanarak, söz konusu bölge için a, b, c ve d katsayıları saptanmış ve sonuçta :

$$I = 0.1506 + 1.2372 M - 0.0332 R + 0.00198 MR$$

şeklinde bir bağıntı bulunmuştur. Daha sonra, bu bağıntıdan saptanan şiddet değerleri, gözlenen şiddet değerleriyle karşılaştırılarak farklılık nedenleri araştırılmıştır.

Ayrıca, bazı eşşiddet eğrilerinin sınırladığı alanlar ile deprem büyüklüğü arasında, ne şekilde bir bağıntı olabileceği araştırılmış (Muramatsu, 1969) ve sonuçta söz konusu bölge için, $I = VI$ eşşiddet eğrilerinin sınırladığı alanla, büyüklük (M) arasında :

$$\log A_{VI} = -0.9076 + 0.3384 M$$

ve duyulma alanıyla büyüklük arasında :

$$\log A_{IV} = 1.905 + 0.5042 M$$

şeklinde birer ilişki olduğu saptanmıştır.

GİRİŞ

Bilindiği gibi, depremlerin neden olduğu değer kayıpları, zaman zaman, çok büyük boyutlara ulaşmakta, gelişen ya da gelişmekte olan ülkeler için sorun, daha da büyük bir önem taşımaktadır.

Deprem zararlarını azaltma yönünde sürdürülen araştırmaları, depremi önceden kestirme (earthquake prediction) ve depreme dayanıklı yapıım teknikleri geliştirme çabaları olarak iki ana grupta toplamak olanaklıdır. Kanımızca, depreme dayanıklı yapıım tekniklerinin geliştirilmesi, tüm değerleri koruma açısından, ülkemiz ekonomisi için çok yararlı sonuçlar verebilecektir. Bu nedenle, yapı tasarımcılarına gerekli verileri sağlamak, yerbilimcilerine düşmektedir.

Bir deprem sırasında oluşabilecek en büyük şiddet ve ivme değerlerinin bilinmesi, depreme dayanıklı yapı sorununun çözümü için gereklidir. Ancak, ülkemizde, henüz yeterli bir ivme-çizer ağı oluşturulamadığından, daha önce oluşmuş depremlere ait, şiddet ile ilgili verileri, sayılama yöntemleriyle inceleyerek yararlı bazı sonuçlar elde etme olanağı vardır.

Bir bölgede, deprem riski saptanırken gerekli verilerden biri de siddetin uzaklıkla değişiminin bilinmesidir. Yeterli sayıda güvenilir veri bulunabildiğinde, sözü edilen ilişki saptanabilmektedir. Kuşkusuz, saptanacak bu ilişkinin, aletsel olanaklar gelişse bile, tarihsel depremlerin (1900 yılı öncesinde oluşmuş) değerlendirilmesindeki yararı büyük olacaktır.

Deprem etkinliğinin saptanmasında karşılaşılan bir sorun da aletsel verilerin, 1900'lerden sonraki zaman sürecini kapsamamasından dolayı, sadece bu verilerden yararlanılarak yapılacak çalışmaların yanıltıcı sonuçlar verebilme olasılığının bulunmasıdır. Bugün, tarihsel deprem verilerinden bilmekteyiz ki aletsel dönemde, deprem etkinliği olmayan ya da çok az olan bazı bölgelerde, daha önceleri büyük depremler olmuştur. Gerçekçi bir değerlendirme yapılmak istendiğinde, tarihsel depremlerle ilgili, sağlanabilen tüm niteliksel bilgileri de nicel büyüklüklere dönüştürmemiz gerekmektedir.

UYGULAMA YERİ, VERİLER

Sayılama (istatistik) yöntemleri kullanılarak yapılan araştırmalarda sonuçların geçerliliği, doğrudan doğruya, veri sayısının çokluğu ve güvenilirliği ile ilgilidir. Bu koşulu sağlayabilmek amacıyla, Türkiye'de oluşan depremler incelenmiş ve Batı Anadolu'nun, diğer bölgelere göre, verilerinin daha elverişli olduğu görülmüştür. Bu nedenle, uygulama yeri olarak Batı Anadolu'da, 37.°5 — 40.°5 N enlemleriyle, 27.°0 — 30.°0 E boylamlarının belirlediği bölge seçilmiştir.

Uygulamada kullanılan veriler, Balkan Bölgesi Sismisite Çalışmaları sırasında hazırlanan "Atlas of Izoseismal Maps, 1974" den alınmıştır. Adı geçen atlastaki eşsiddet (izoseist) haritaları, tüm veriler yeniden gözden geçirilerek çizildiğinden üniform bir veri kaynağı özelliğini taşımaktadır.

YÖNTEM, UYGULAMA

Çalışmanın ilk aşamasında, Atlas'taki haritalardan yararlanılarak, Batı Anadolu'da oluşan, sığ derinlikli, onüç depreme (Çizelge 1) ait eşsiddet eğrilerinin, uzun ve kısa eksenleri ile bunların ara eksenleri doğrultularında, dışocak (episantr) tan olan uzaklıkları (Δ) ölçüldü. Δ ve içocak (hiposantr) derinliklerinden (h) çok iyi bilinen

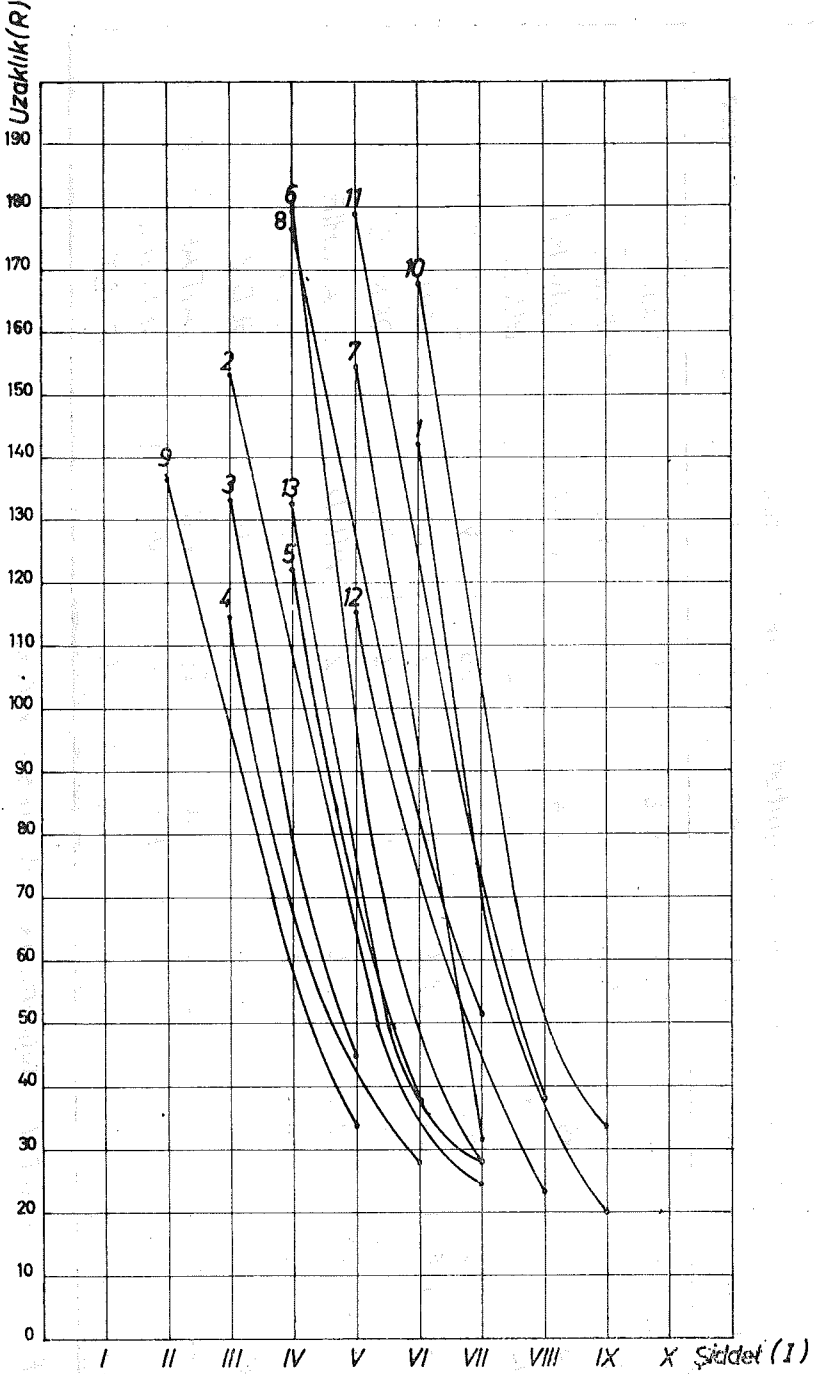
$$R = (\Delta^2 + h^2)^{1/2} \quad (1)$$

bağıntısı yardımıyla, eşsiddet eğrilerinin içocaktan olan uzaklıkları (R) saptanmıştır. Daha sonra, bulunan R değerlerinden yararlanarak, her deprem için, siddet (I) ve uzaklık (R) grafikleri çizildi (Şekil 1). Çizilen eğrilerin herbiri, değişik deprem büyüklüklerine (magnitüdüne = M) ait olduğundan, bu kez, R 'nin belirli değerleri ($R = 40, 50 \dots$) için her eğriden I değerleri okundu (Çizelge 2). Başka bir deyişle, her M için, seçilen R değerlerine bağlı olarak, I 'nin aldığı değerler belirlenmiştir (Şekil 2). Bu aşamada I ve M değerlerine, her bir R değeri için, en küçük kareler yöntemi uygulanarak en uygun $I-M$ doğrularının eğim ve kesme değerleri saptanarak Çizelge 3'de verilmiştir.

Son aşamada ise her R değeri için çizilen $I-M$ grafiklerinin eğim (E) ve kesme (K) değerlerini, $R-E$ ve $R-K$ grafikleri biçimine koyabilmek ama-

Sıra No.	Tarih	Enlem (N)	Boylam (E)	Magnitüd (M)	Derinlik (h) km	Şiddet I	Gözlemsel Dışmerkez
1	6.10.1964	40.1	28.0	6.8	15	IX	MANYAS
2	12. 6.1965	37.8	29.3	5.7	21	VII	HONAZ
3	9. 5.1967	39.2	27.2	4.4	30	V VI	EDREMIT
4	19. 7.1967	38.1	28.9	4.8	24	VI	BULDAN
5	3.11.1968	38.6	28.9	5.0	25	VI	SELENDİ
6	3. 3.1969	40.1	27.5	5.6	7	VIII	GÖNEN
7	23. 3.1969	39.2	28.5	5.9	14	VIII	DEMİRÇİ
8	28. 3.1969	38.3	28.6	6.5	12	VIII-IX	ALAŞEHİR
9	14. 8.1969	39.5	27.9	4.7	22	VI	BALIKESİR
10	28. 3.1970	39.1	29.4	7.2	23	IX	GEDİZ
11	19. 4.1970	39.0	29.8	5.8	24	VIII	ÇAVDARHISAR
12	23. 4.1970	39.2	28.8	5.6	16	VIII	DEMİRÇİ
13	20.12.1970	39.3	29.2	5.5	25	VII	EMET

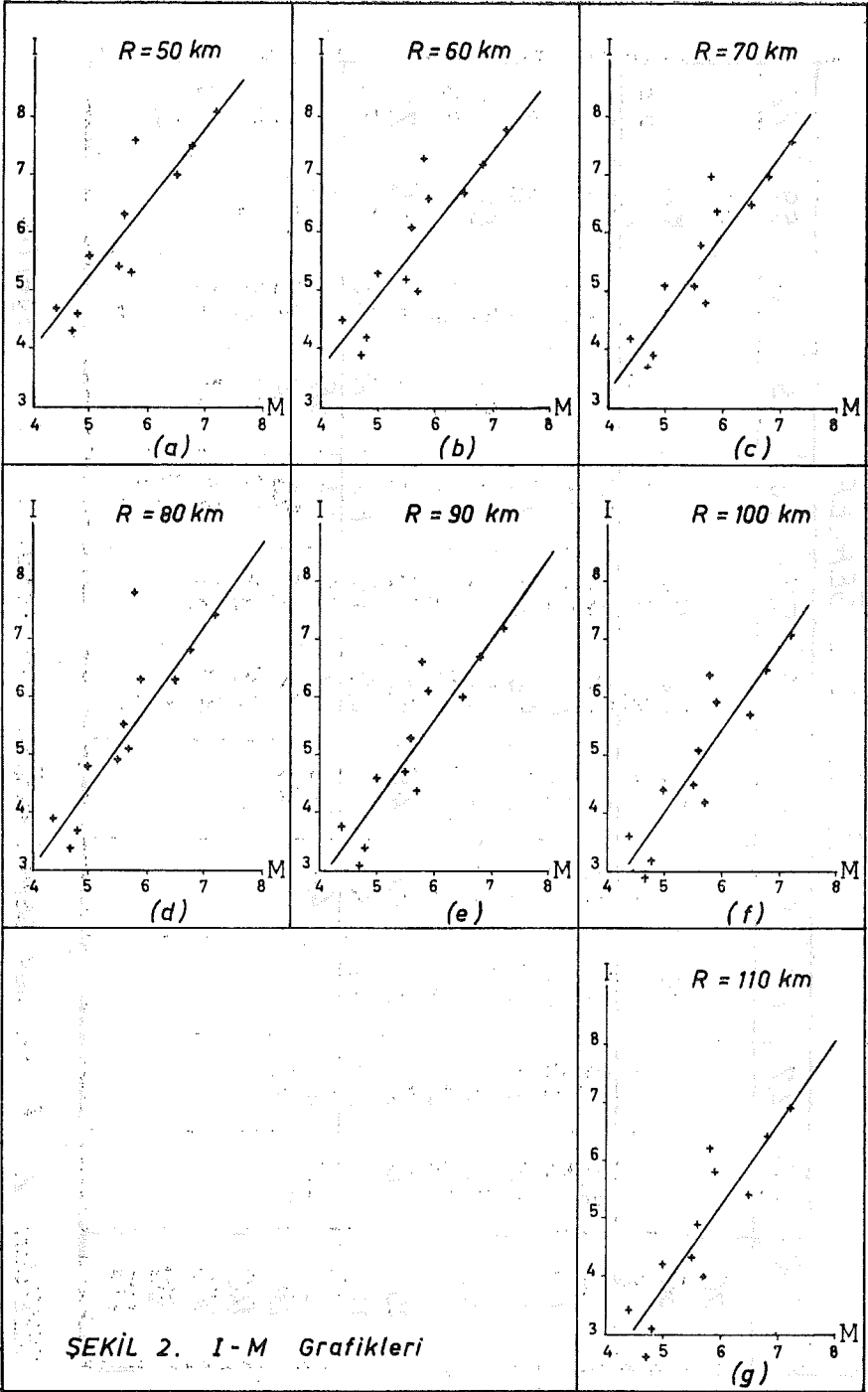
ÇİZELGE 1. İncelenen depremlere ait ilksel veriler



SEKİL 1. I - R Grafikleri (Grafiklerdeki sayılar, Çizelge 1' deki 13 depremin sıra numaralarını göstermektedir.)

		ÖLÇÜLEN I DEĞERLERİ																
		4.4	4.7	4.8	5.0	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	6.5	6.8	7.2					
R(km)	M																	
20																		
30				5.8		6.6	7.2	8.3									9.0	
40			4.7	5.1	5.9	5.8	6.7	5.7	7.9	6.9							7.8	8.6
50		4.8	4.3	4.6	5.6	5.4	6.3	5.3	7.6	6.7	7.0						7.5	8.1
60		4.5	3.9	4.2	5.3	5.2	6.1	5.0	7.3	6.6	6.7						7.2	7.8
70		4.2	3.7	3.9	5.1	5.1	5.8	4.8	7.0	6.4	6.5						7.0	7.6
80		3.9	3.4	3.7	4.8	4.9	5.5	4.6	6.8	6.3	6.3						6.8	7.4
90		3.8	3.1	3.4	4.6	4.7	5.3	4.4	6.6	6.1	6.0						6.7	7.2
100		3.6	2.9	3.2	4.4	4.5	5.1	4.2	6.4	5.9	5.7						6.5	7.1
110		3.4	2.6	3.1	4.2	4.3	4.9	4.0	6.2	5.8	5.4						6.4	6.9
120		3.2	2.4		4.1	4.2	4.7	3.8	6.1	5.6	5.2						6.3	6.8
130		3.1	2.2			4.1	4.6	3.5	5.9	5.4	4.9						6.2	6.6
140							4.5	3.3	5.7	5.3	4.7						6.1	6.5
150							4.3	3.1	5.5	5.1	4.5							6.3
160							4.2		5.3		4.3							6.1
170							4.1		5.1		4.2							

ÇİZELGE 2. R' nin her belirli değeri için ölçülen " I " değerleri.



ŞEKİL 2. I - M Grafikleri

R (km)	EĞİM	KESME
50	1. 3269	- 1. 4083
60	1. 3524	- 1. 8359
70	1. 3754	- 2. 1908
80	1. 4143	- 2. 6357
90	1. 4248	- 2. 9035
100	1. 4333	- 3. 1520
110	1. 4412	- 3. 3881

ÇİZELGE 3. I-M Grafiklerinin eğim ve kesme değerleri

cıyla, yine en küçük kareler yöntemi uygulanarak, bu değerlere en iyi uygunluk sağlayan doğru denklemlerinin (Şekil 3a, b) eğim ve kesme değerleri bulundu. Bu değerler;

$$R - E \text{ grafiği için } E_E = 0.00198 \text{ (Bağımsızlık katsa. = 0.97)}$$

$$K_E = 1.2372$$

$$R - K \text{ grafiği için } E_K = -0.0332$$

$$K_K = 0.1506 \text{ (} \gg \gg = 0.99)$$

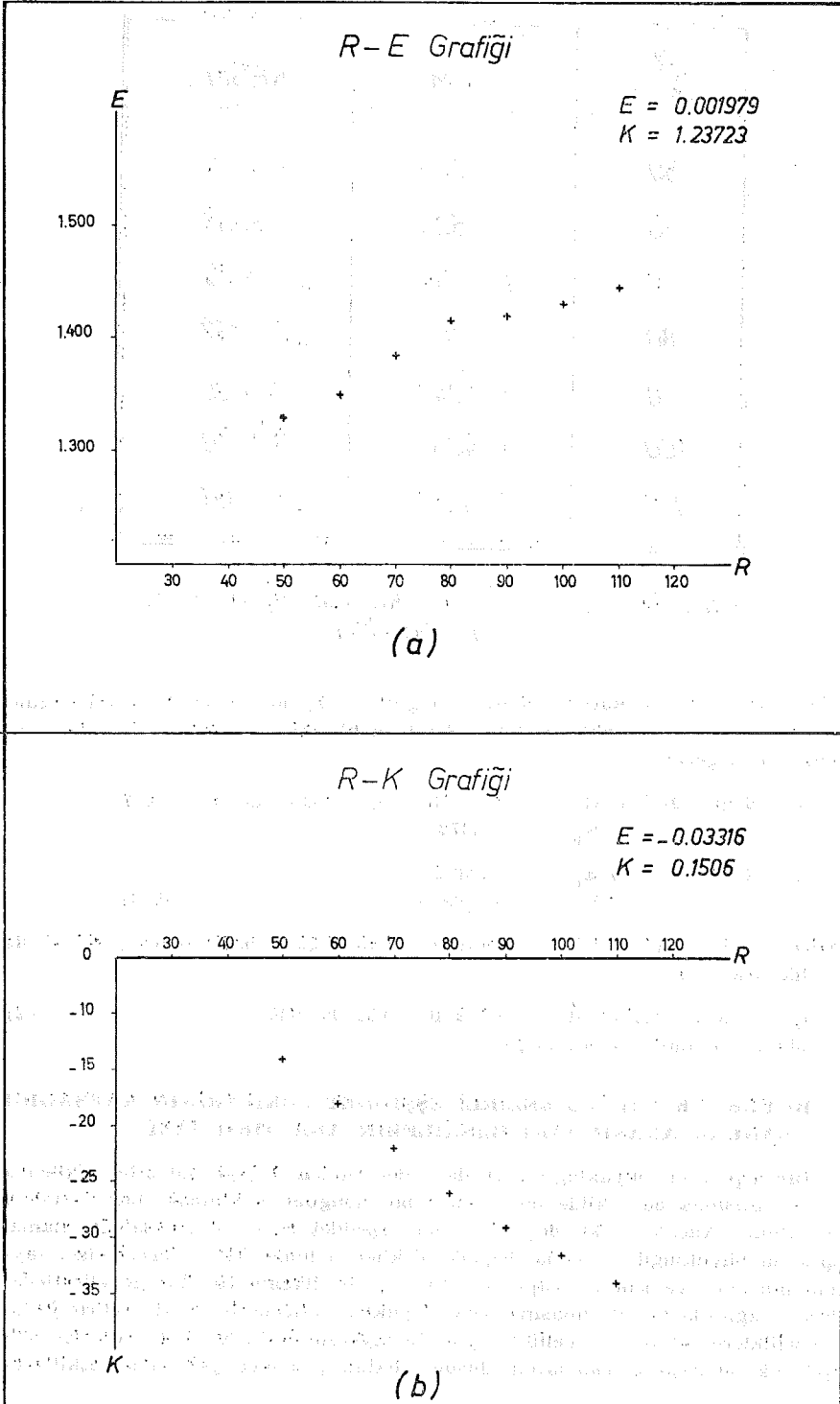
Böylece, Batı Anadolu için, depremlerin büyüklüğüne bağlı olarak, şiddet ile uzaklık arasında

$$I_R = 0.1506 + 1.2372 M - 0.0332 R + 0.00198 MR \quad (2)$$

ilişkisinin bulunduğu saptanmıştır.

BÜYÜKLÜK (M) İLE BELİRLİ EŞŞİDDET EĞRİLERİNİN KAPSADIĞI ALANLAR ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN ARAŞTIRILMASI

Bir depremin büyüklüğü (M) ile o depremden değişik şiddette etkilenen alanlar arasında ne şekilde bir bağıntı bulunduğunu saptamak, her durumda olanaklıdır. Ancak, farklı değerlerdeki her eşşiddet eğrisinin kapsadığı alanla, depremin büyüklüğü arasında değişik ilişkiler bulunacaktır. Hernekadar, faylanmanın cinsi ve jeolojik yapı farklılıkları, bir ülkenin tümüne genelleştirilebilecek bağıntıların kurulmasına bazı güçlükler getirmekte ise de belirli jeolojik özelliklere sahip ve genellikle aynı tip faylanmaların olduğu bölgeler için yapılacak bu çeşit çalışmalarda düşülen hatalar, sonucu pek fazla etkileme-



ŞEKİL 3. Eğim (a) ve Kesme (b) değerleri grafikleri.

mektedir. Başka bir deyişle, bu şekilde bulunan bağıntıların, ülkemizin depremlerden etkilenen bölgelerin tümü için değil fakat bölgesel olarak, ayrı ayrı saptanması durumunda ve yalnız saptanan bölgeler için geçerli olması gerekeceği kanısındayız.

Yukarıda açıklanan nedenlerin ışığı altında, Batı Anadolu'da, 1964-1970 yılları arasında oluşmuş onüç depreme ait verilerden yararlanarak, önce, hemen her depremde çizilmesi olanaklı I = VI eğrisinin kapsadığı alanla büyüklük (M) arasında, nasıl bir ilişki olduğu araştırıldı. Bunun için, Çizelge 1'de verilen onüç depremin eşsiddet haritalarından, I = VI eğrilerinin kapsadığı alanlar saptanıp logaritmaları bulundu. Magnitüd ile doğrusal bir ilişkisinin var olup olmadığını saptamak için, bunlara en küçük kareler yöntemi uygulandı ve sonuçta :

$$\log A_{VI} = -0.9076 + 8384 M \quad (3)$$

şeklinde bir ilişkinin bulunduğu anlaşıldı.

Aynı işlemler, bir kere de, depremlerin I = IV eşsiddet eğrilerinin belirlendiği "Duyulma Alanları" için yinelendi ve sonuçta :

$$\log A_{IV} = 1.905 + 0.5042 M \quad (4)$$

ilişkisi saptandı. Saptanan bu ilişkiler A_{VI} için Şekil 4 ve A_{IV} için Şekil 5'de grafiklenmiştir.

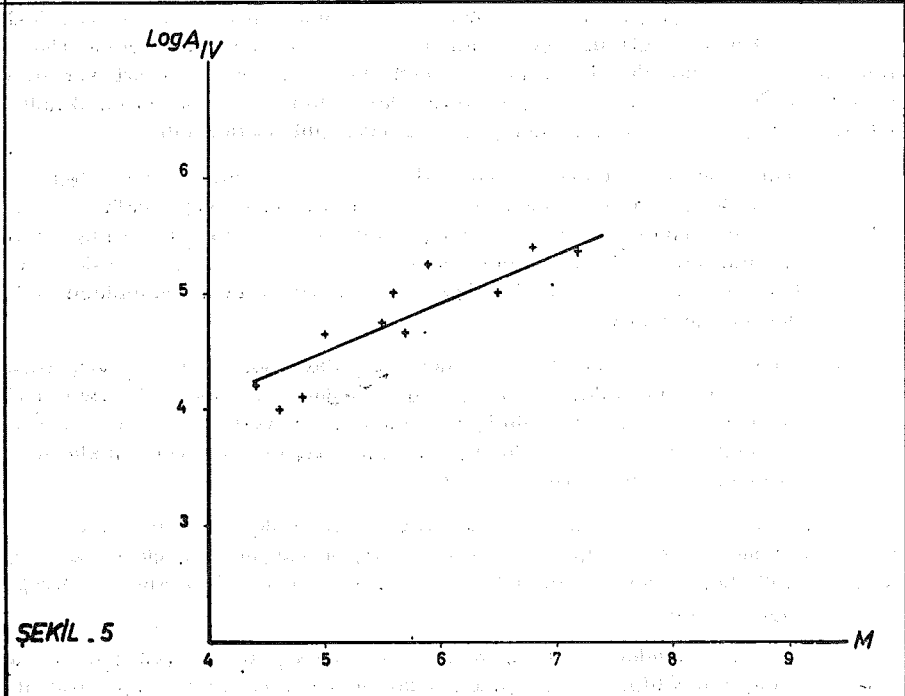
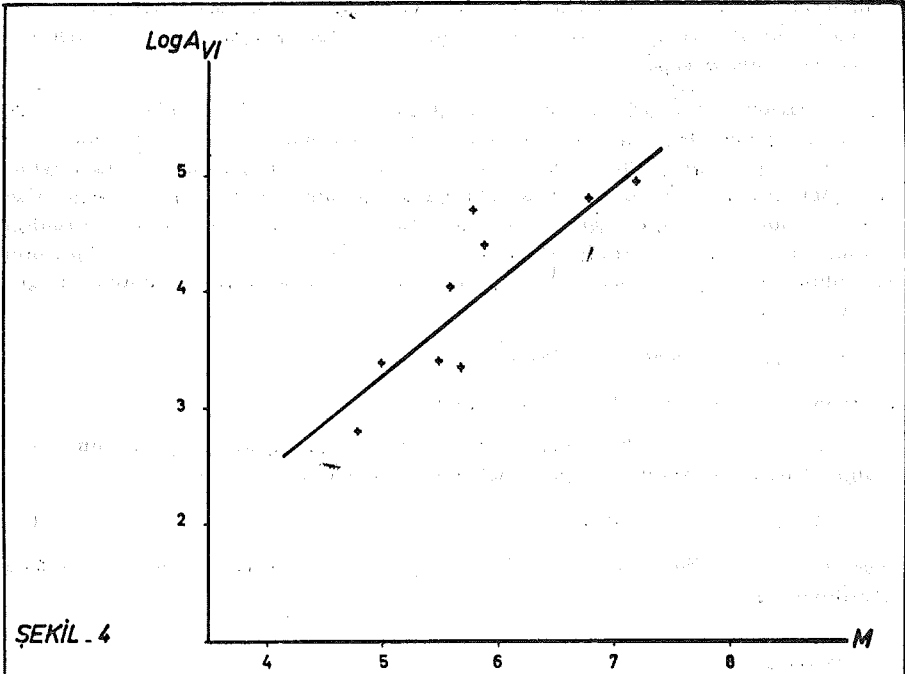
SONUÇ

Yukarıda, bu çalışmaya konu olduğu belirtilen depremlere ait Eşsiddet Haritaları (Harita 1-13) üzerine, saptanan sayısal değerler çizildiğinde (haritalarda şeklinde gösterilmiştir. bunlarla gözlemsel değerleri yansıtan eşsiddet eğrileri arasında birtakım farklılıklar bulunduğu göze çarpmaktadır. Bu farklılıkların nedenleri, kanımızca, aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- i. Daha önce söz konusu edilen Atlas'dan, olduğu gibi alınan Eşsiddet Haritaları, depremlerden sonra, depremi hisseden bölge halkına gönderilen anketlerin, yine bu bölge halkı tarafından doldurulup geri çevrilmesinden sonra çizilmiş bulunmaktadır. Bu tür işlemlerde, aynı lokasyon için bile değişik kişisel değerlendirmelerin bulunduğu bilinen bir gerçektir.
- ii. Bu çalışmaya konu olan Eşsiddet Haritaları, söz konusu anketlerden yararlanılarak fakat yerel jeolojik koşullarla, tektonik özellikleri gözönüne alınmadan çizilmiş bulunmaktadır. Ayrıca, Eşsiddet haritalarındaki, alınan anket lokasyonlarının dağılımı da çoğunlukla üniform bir görüntü vermemektedir.

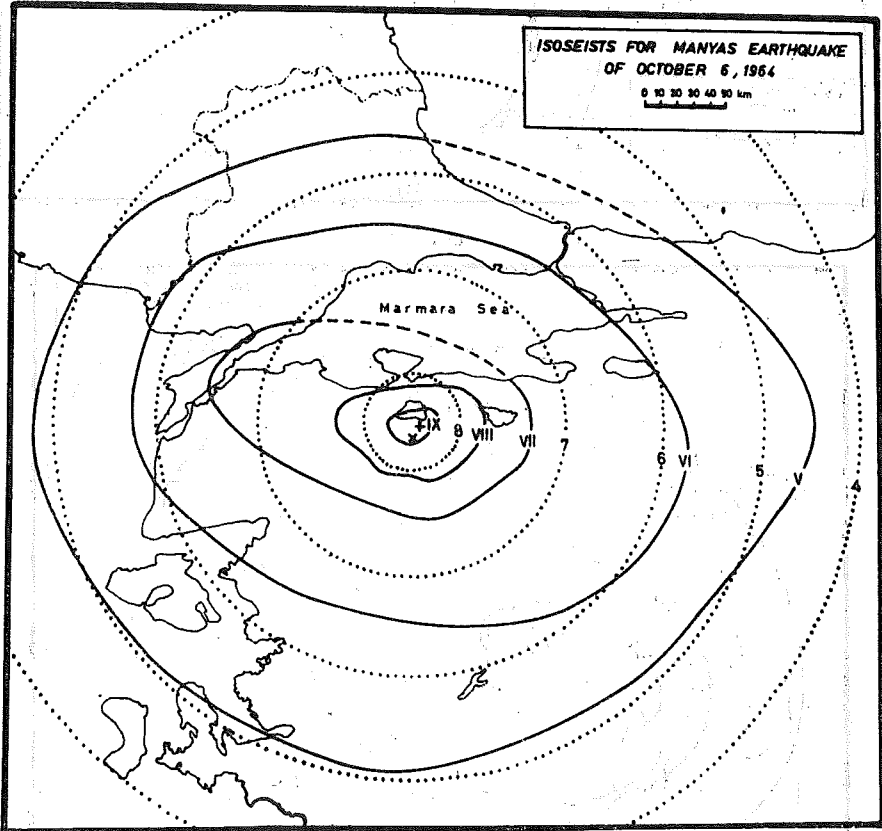
Çalışmamıza kaynak olan Eşsiddet Haritalarının derlenme özellikleri yukarıda özetlendiği gibi olduğu için, tarafımızdan, bu çalışma sonuçları üzerinde, yerel jeolojik koşulların ve tektonik özelliklerin, ne derecede etkin olabileceği ayrıca araştırılmamıştır.

Yararlanılan Eşsiddet Haritalarındaki eğrilerle saptanan eğriler arasında beliren biçimsel farklılık, bu çalışmada ortamın, homojen ve izotrop varsayıl-

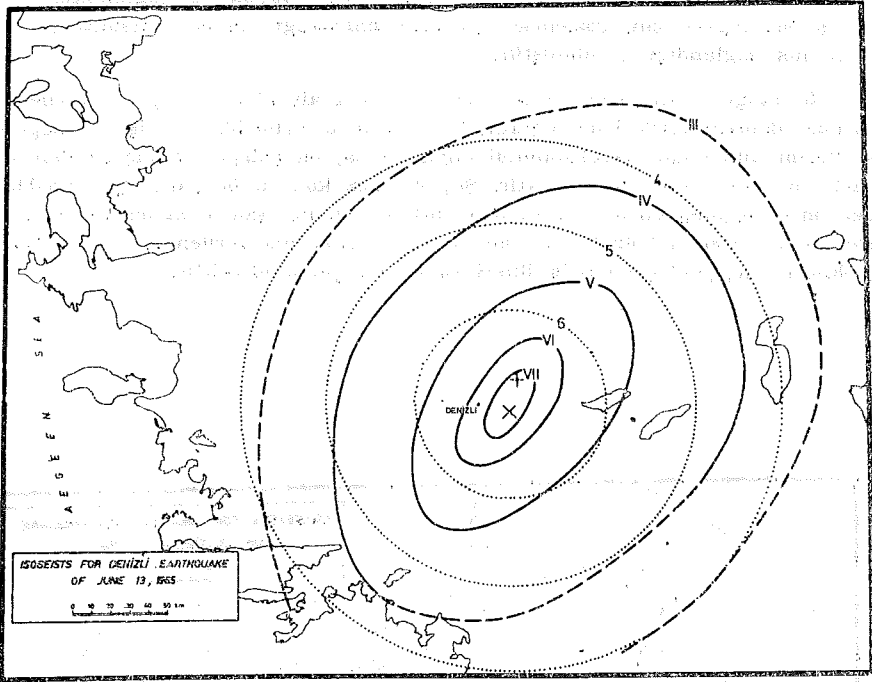


masından ileri gelmektedir. Ancak, çok azı hariç, büyük bir çoğunlukla, aynı bir şiddet değeri için, gözlemsel eğrilerin sınırladığı alanlar arasında iyi bir uygunluk sağlandığı görülmüştür.

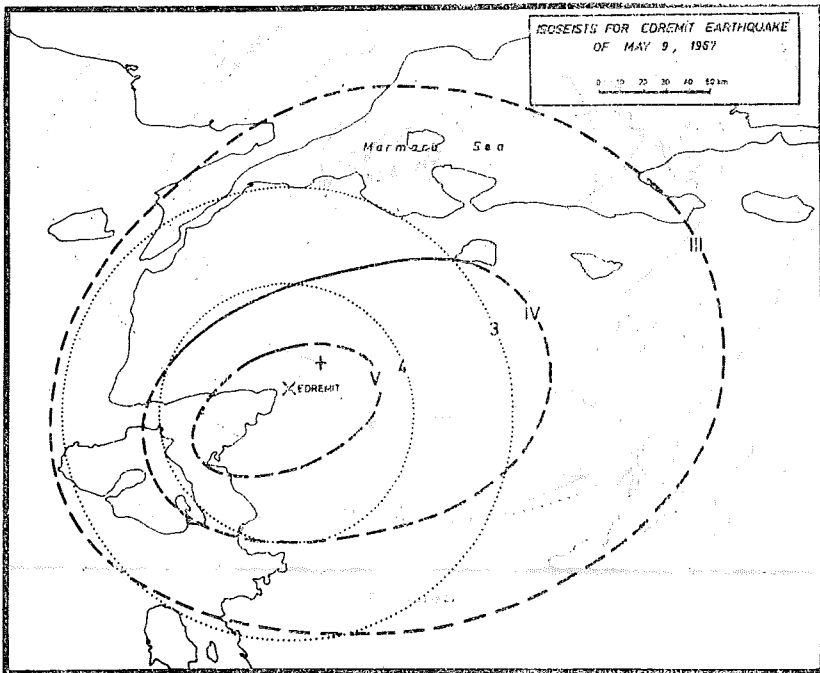
Herhangibir araştırmacı, 1900'lerden sonraya ait aletsel deprem verilerini, tarihsel deprem verileri ile çoğaltmak ya da daha uzun bir geçmişe ait deprem verilerini kullanmak gereksinimini duyduğunda, bu çalışma sonuçlarından yararlanma olanağını bulabilecektir. Şöyleki, söz konusu bölgede, eğer 1900'lerden önce oluşmuş tarihsel depremlere ait maksimum şiddet ya da VI veya IV şiddetinde sarsılan bölgeler saptanabiliyorsa, yukarıda verilen 2, 3 ve 4 No.lu ilişkilerle, depremlerin büyüklükleri (M'leri) saptanabilecektir.



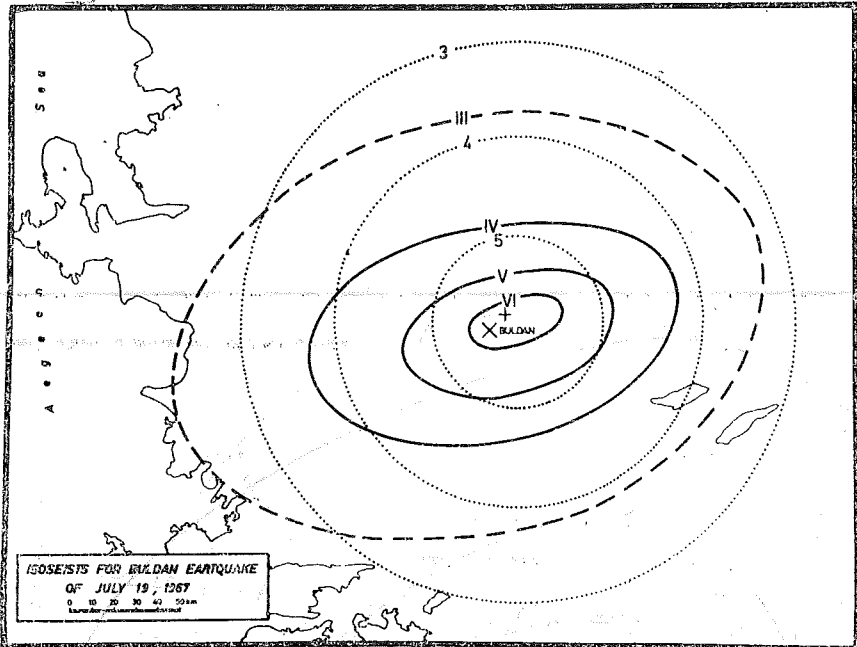
Harita - 1



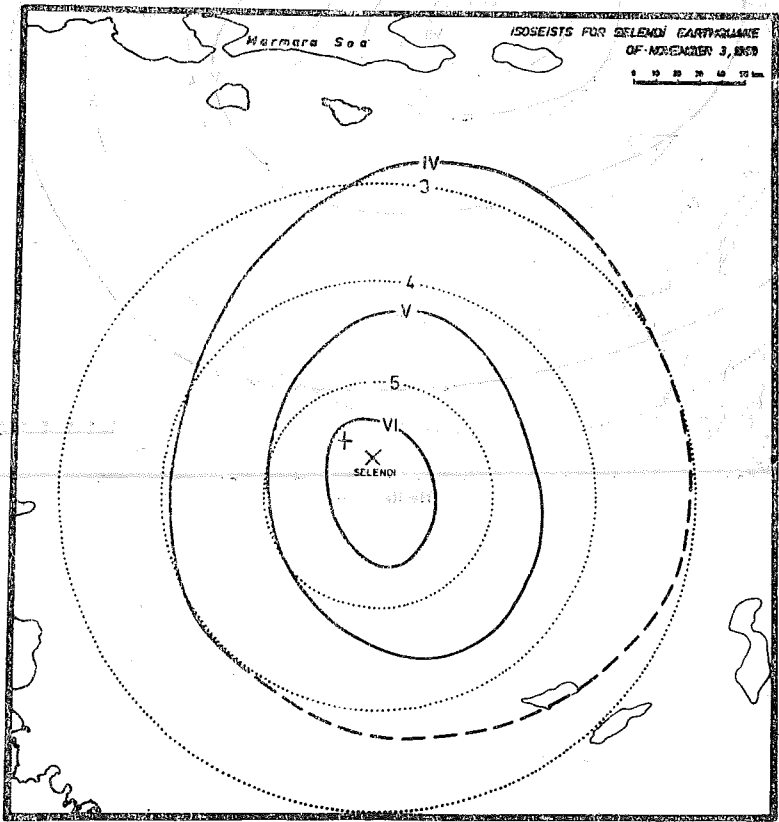
Harita - 2



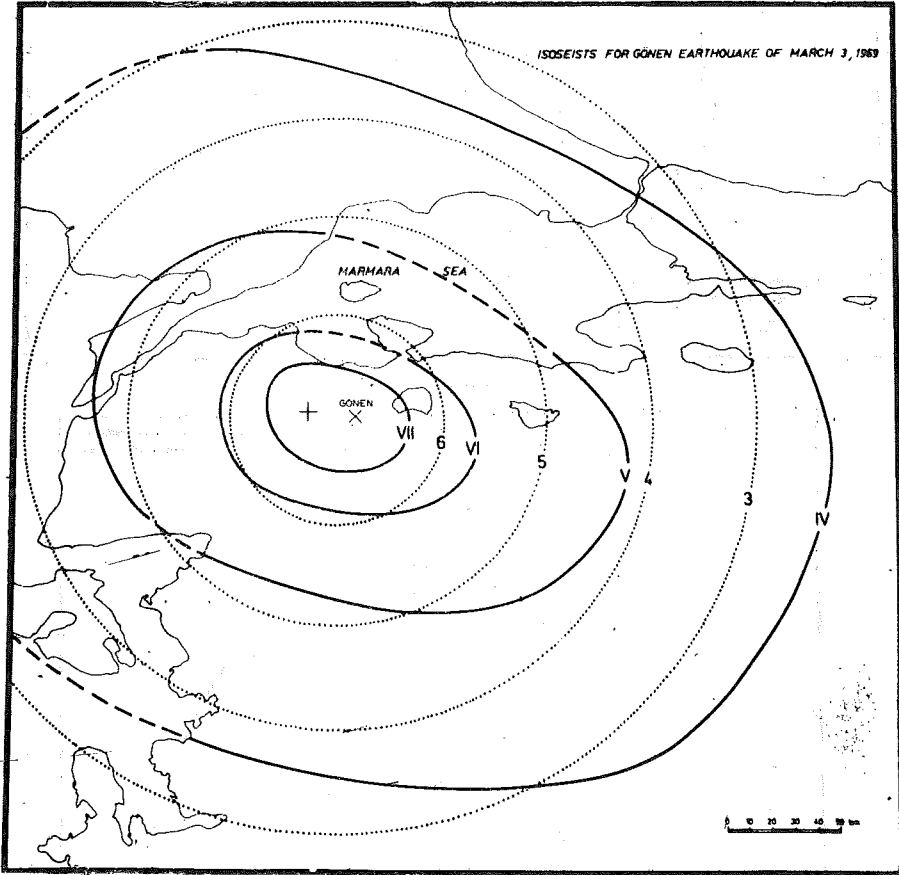
Harita - 3



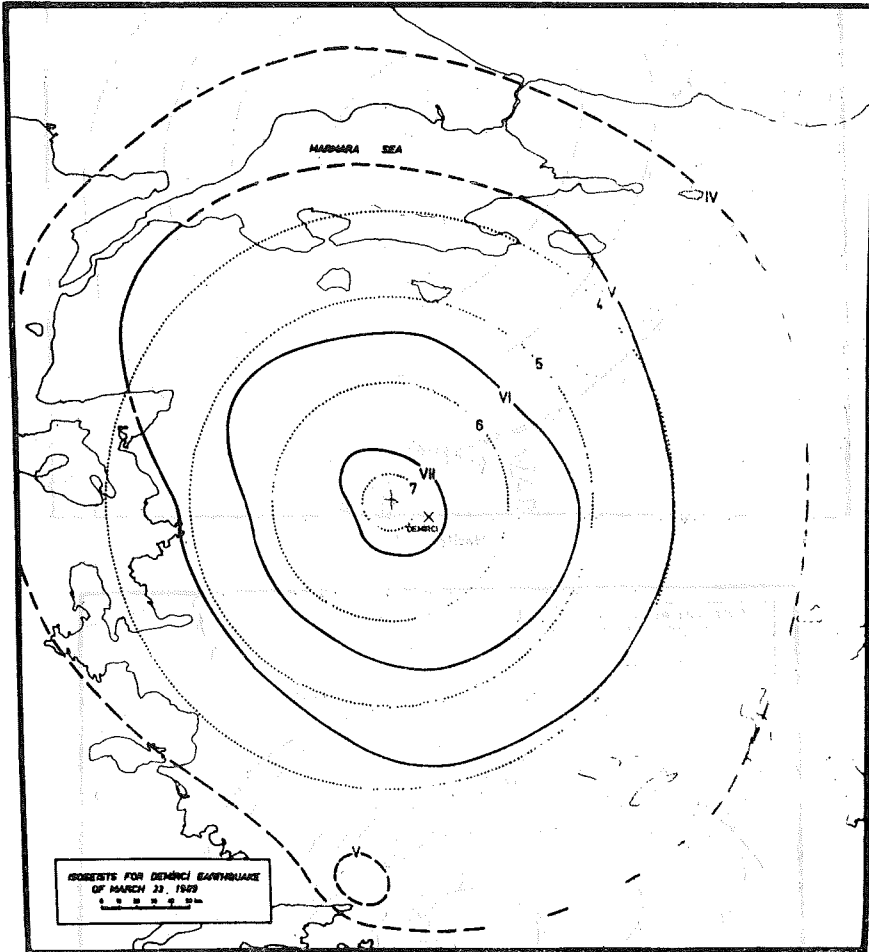
Harita - 4



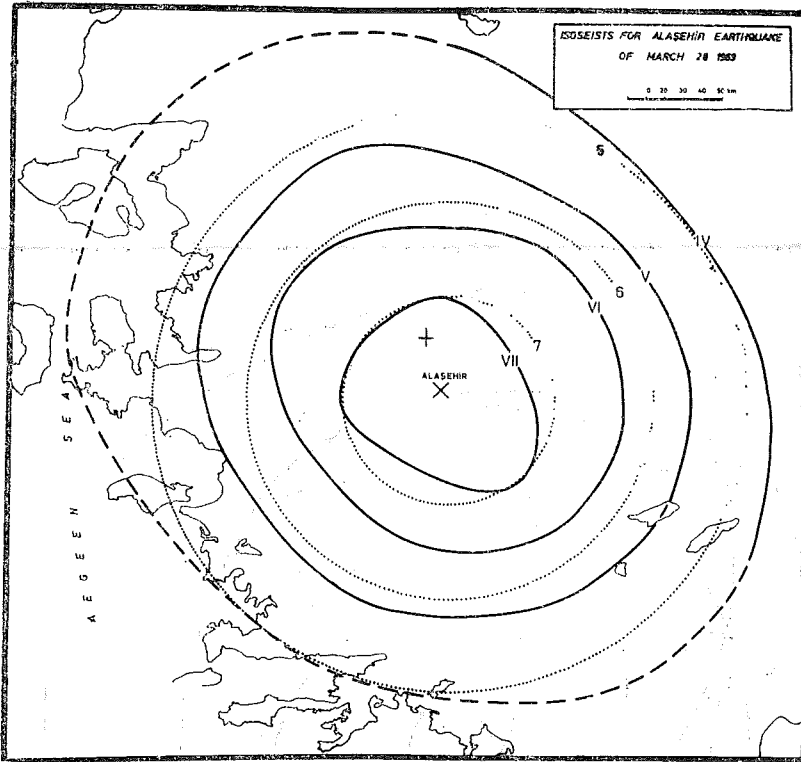
Harita - 5



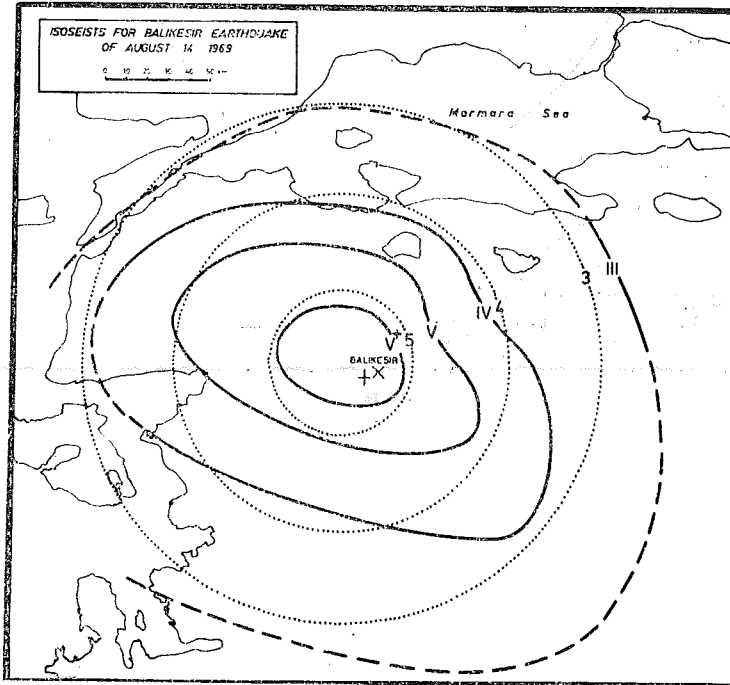
Harita - 6



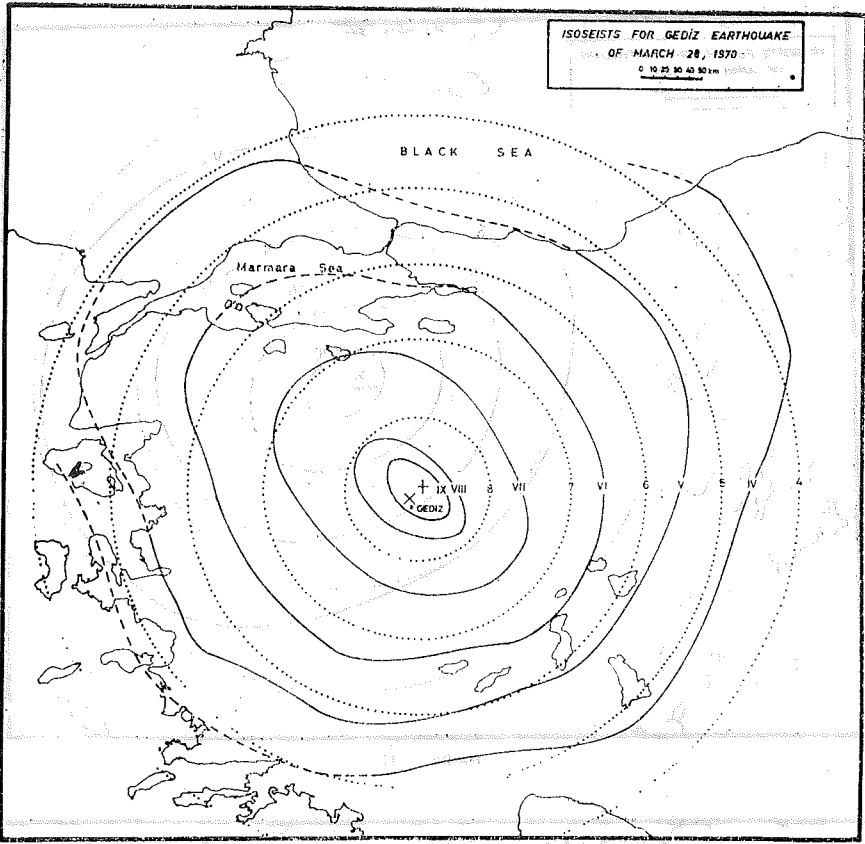
Harita - 7



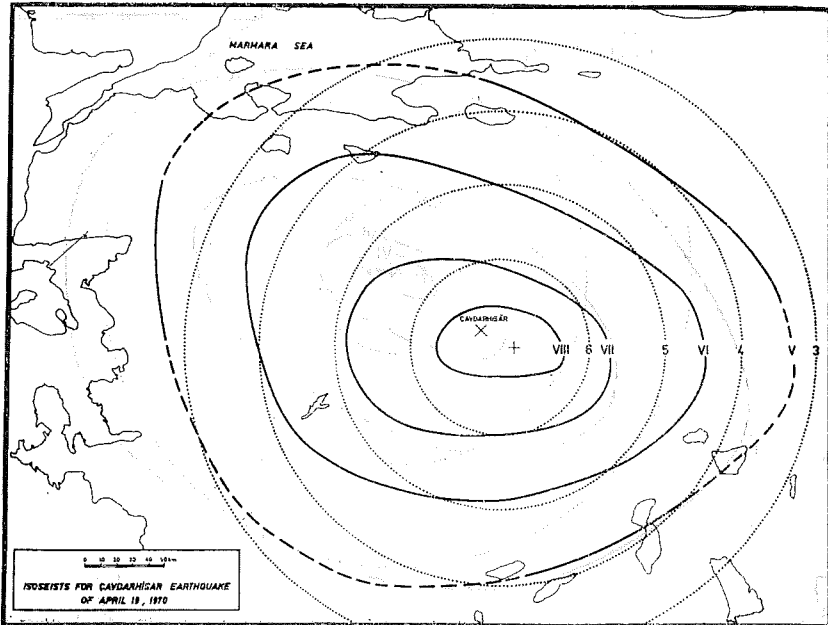
Harita - 8



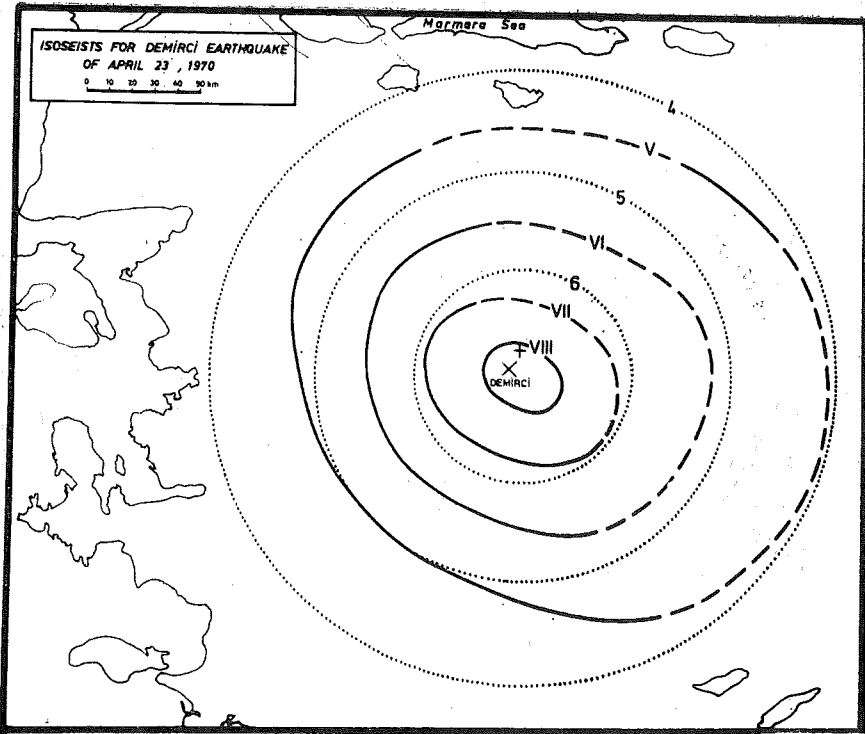
Harita - 9



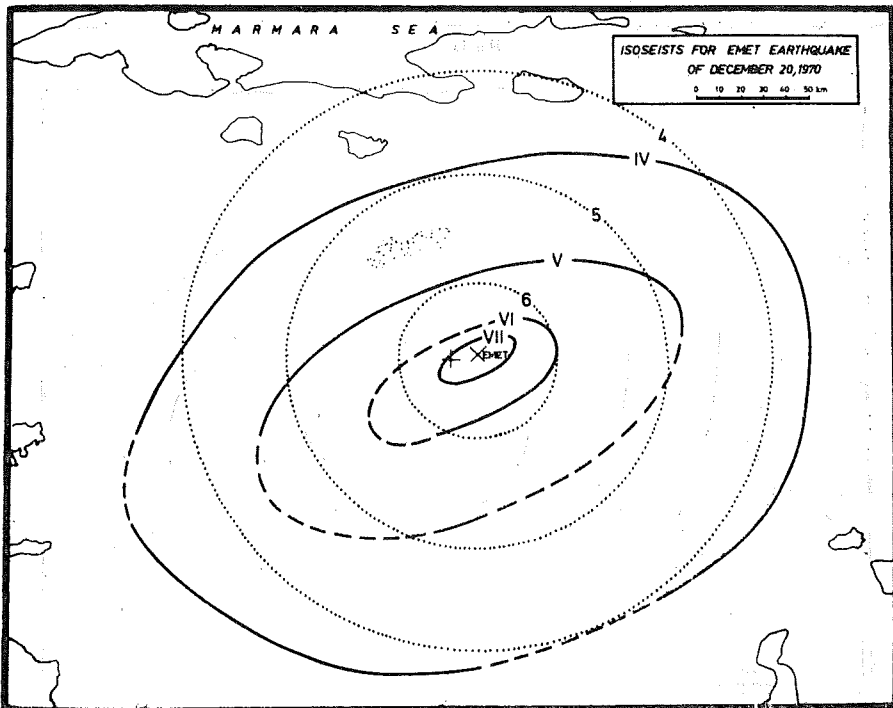
Harita - 10



Harita - 11



Harita - 12



Harita - 13

KAYNAKLAR

Atlas of Isoseismal Maps

— UNDP-UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region UNESCO, Skopje, 1974

W.G. Milne, A.G. Davenport (1969)

— **Distribution of Earthquake Risk in Canada**
BSSA, Vol. 59, No. 2, pp 729-754

I. Muramatsu (1969)

— **Relation between the distribution of seismic intensity and the earthquake magnitude.**

Sci. Rep. Fac. Educ., Gifu Univ. 4, pp. 168-176.