



T.C.  
BAYINDIRLIK ve İSKÂN BAKANLIĞI  
AFET İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ  
DEPREM ARAŞTIRMA DAİRESİ

# DEPREM ARAŞTIRMA BÜLTENİ

19



## Deprem Araştırma Bülteni (DAB)

*Bulletin of Earthquake Research  
( Bull. Earthq. Res. )*



Ekim [October] / 1977  
Cilt [Volume]: 5

# Sayı [Issue]: 19

# İÇİNDEKİLER [INDEX]

Sayfa [Page]

---

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Perde Duvarlı Alçak Yapılarda Yatay Yüklerin Analizi [Analysis of Horizontal Loads in Low Shear Wall Buildings]

R. Tuncer TOPRAKÇI ..... 1-16

## ARAŞTIRMA [RESEARCH]

Dönel İnce Kabuk-Sıvı Sistemlerinin Dinamik Hesabı [Dynamic Calculation of Rotational Thin Shell-Liquid Systems]

Halil KARADENİZ ..... 17-44

## DERLEME [REVIEW]

Batı Türkiye’de Deprem Etkinliği (Eylül-Aralık 1976) [Earthquake Activity in Western Turkey (September-December 1976)]

S. Balamir ÜÇER, Esen ALSAN, Niyazi ULUSAN, Ersin BAŞARIR, Erhan AYHAN, Levent TEZUÇAN, C. KAPTAN ..... 45-114

## DİĞER [OTHER]

Sismolojide Son 25 Yıl [Last 25 Years in Seismology]

Refan ATEŞ ..... 115-119

## DİĞER [OTHER]

Yeni Bir Deprem Monitör Sistemi [A New Earthquake Monitoring System]

Refan ATEŞ ..... 120-121

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**19**

**DEPREM  
ARAŞTIRMA  
ENSTİTÜSÜ  
BÜLTENİ**

**19**

**DEPREM ARAşTIRMA  
ENSTITÜSÜ BÜLTENİ**



Üç Ayda Bir Yayınlanır  
Bilim ve Meslek Dergisi



**Sahibi**

İmar ve İskan Bakanlığı adına  
Oktay Ergünay  
Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanı



**Yazı İşleri Müdürü**

Aysel Özlü  
Deprem Araştırma Enstitüsü  
Yayın ve Dökümantasyon Müdürü



**Yönetim Yeri ve Yazışma Adresi**

Deprem Araştırma Enstitüsü  
Başkanlığı, Yüksel Caddesi No. : 7/B  
Yenişehir/ANKARA



**Telefon : 18 66 29 — 17 69 55**



**Basıldığı Yer**

Baylan Matbaası 30 24 87 — 30 24 93



İlanlar pazarlığa tabidir.

## Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni

**YIL : 5**

**SAYI : 19**

**EKİM 1977**

### BU SAYIDA

Perde Duvarlı Alçak Yapılarda Yatay Yük- lerin Analizi .....	<b>R. T. TOPRAKÇI</b> .....
Dönel İnce Kabuk-Sıvı Sistemlerinin Di- namik Analizi .....	<b>H. KARADENİZ</b> .....
Batı Türkiye'de Deprem Etkinliği .....	<b>S.B. ÜÇER - E. ALSAN</b> .....
	<b>N. ULUSAN - E. BAŞARIR</b> ...
	<b>E. AYHAN - L. TEZUÇAN</b> ...
	<b>C. KAPTAN</b> .....
Sismolojide Son 25 Yıl .....	<b>O.W. NUTTLI</b> .....
Yeni Bir Deprem Monitör Sistemi .....	<b>R. ATEŞ</b> .....

# PERDE DUVARLI ALÇAK YAPILARDA YATAY YÜKLERİN ANALİZİ

R. Tuncer Toprakçı, (\*)

## SYNOPSIS

Lateral loads on the buildings are carried by different structural systems. In the small buildings the ones behaving as a box system, lateral loads are carried by the proportion to relative rigidities of the walls. In this paper a method which gives satisfactory results for the design purposes will be given to cover the box system action. Application of the method to a sample building will show the merits of the method.

## ÖNSÖZ

Yapılarda yatay yükler çeşitli yollarla yapı sistemince taşınır. Küçük yapılarda bilhassa kutu sistemi olarak davranış gösterenlerde yatay yükler duvarların relatif rijitliklerine bağlı olarak duvarlara dağıtılır ve oradan zemine aktarılır. Bu makalede bu tip yapılarda yüklerin dağıtımını gösteren ve yeterli sonuçlar veren bir metod ele alınacaktır. Örnek çözüm duvarlarının relatif rijitliklerinin bulunmasını, yatay burulma etkisini ve yüklerin duvarlara dağılımını içermektedir. Kaba bir teorik bilgi ile metodun esasları verilecektir.

## I. GİRİŞ :

Yönetmelikler çeşitli nedenlerle meydana gelen yatay yüklere karşı yapıların dizaynını belirlemiştir. Bu yönetmeliklerle önerilenler, yapılarda kullanılacak minimum analiz değerlerini kapsar ve bir rehberdir. Bu nedenle yatay yüklere karşı binanın analizini yapan mühendis her zaman tecrübesini ve iğdü-sünü kullanmalıdır.

Yapılar genellikle : 1) Taşıyıcı duvarlar, 2) Çerçeve sistemi ve 3) Çerçeve ve taşıyıcı duvarlar karışımı gibi bir sistemle düşey ve yatay yükleri taşırlar.

Taşıyıcı duvarlardan meydana gelen yapıda yatay yükler, yatay yükün etkide bulunduğu yöne paralel olan duvarlar tarafından taşınır ve duvarlar vasıtasıyla temele ve oradanda zemine aktarılır. Yatay yükün nereden, nasıl geldiği,

(\*) İnşaat Yüksek Mühendisi



yapının elemanlarına dağılışı ve her duvarın bu yükün ne miktarını taşıyacağı yapının dizaynında önemli faktörlerdir.

Çerçeve sistemi genellikle çok katlı yapılarda görülür. Bu tip yapılarda çerçeve önce meydana çıkartılır ve sonra diğer elemanlar (dolgu duvarları vs.) yapılır. Bu tip yapılarda yatay yük analizi yönünden ilginç noktalar vardır. Duvarların ağırlığı ivme kuvvetlerinin oluşumunda etkilidir veya rüzgara karşı bir alan meydana getirmektedir ve yatay yükün binayı etkilemesinde faktördür. Duvarlar taşıyıcı eleman olarak kullanıldığında çerçevelerin taşıyacağı yatay yüklerde azaltma yapar (yeni yapıyı tüm olarak daha rijit yapar). Neticede yapı daha fazla kesme kuvvetine karşı koyabilir. Bu yapının periyodunu etkileyecektir. Diğer bir durum ise duvarların taşıyıcı olmamasıdır. Bu durumda yatay yüklerin tamamı çerçeveler tarafından taşınır (yani yapının rijitliği çerçevelerce oluşturulur). Bahsedilen iki durumun iyi ve kötü tarafları vardır ve bu konuda çalışmalar yapılmıştır. Taşıyıcı olarak yapılmayan duvarların çerçeve sistemine tutturulması iyidir çünkü şiddetli yük altında duvarın parçalanıp parçaların dökülmesini önlemekle can kaybının önüne geçilebilir. Bunu yapınca yapıya rijitliği bir bakıma yine değişmektedir.

Deprem veya rüzgarla meydana gelen yatay yüklerin yapılarda zemine aktarılışı üç yoldan olur.

- 1 — Kutu sistem davranışı : Çatı ve kat döşemelerinin diyafram olarak yükleri perde gibi düzey taşıyıcı elemanlara dağıtması
- 2 — Çerçeve sistem davranışı : Yatay yükleri çerçeve elemanları vasıtasıyla zemine aktarılması,
- 3 — Yukarıdaki iki sistemin beraber çalışması yolu ile.

Bir iki katlı yapıların çoğu kutu sistemi olarak çalışır. Dar uzun fabrika binaları, kolonlar, makaslar ile çok katlı yapılar gibi çerçeve sistemi olarak davranış gösterir. Genellikle bu iki sistemin karışımı yapılarda daha çok görülür. Dizaynı etkileyen nedenler, sistemlerin relatif rijitlikleri ve maliyet gibi, seçilecek sistemi belirler.

Yapıların dizaynında çalışan mühendis relatif rijitlik hakkında bilgi sahibi olmalıdır.

Eğer bir yapının çeşitli elemanları birbirine bir rijit eleman tarafından bağlanmış ise ve bu eleman bir yük tarafından deplasman yaptırılmışsa, buna bağlı elemanlarda eşit miktarda deplasman yapacaktır (sistemin herhangi bir kısmında kırılma olmadığı kabullenirse). Sistemdeki bir elemanın taşıyacağı yük bu elemanın rijitliğinin bütün elemanların rijitliklerinin toplamına orantılıdır, veya başka bir deyimle bu elemanın relatif rijitliğine orantılıdır.

Sistemdeki elemanların rijitliklerinin hesaplanmasında sınır şartları önemlidir. Elemanın bir düğüm noktasının ankastre, diğerinin mafsallı olması her iki düğüm noktası ankastre olan elemanın davranışından değişik bir davranışa sahip olmasına sebep olacaktır. Ankastrelik veya momente karşı koyma, perdelerin uçlarında bağlandıkları yatay elemanların yeterli kuvvete ve rijitliğe sahip olmasıyla sağlanabilir.

Yatay yüklerin kutu sistemlerde perdelerle relatif rijitliklere bağlı olarak dağılımı döşemelerin diyafram davranışı ile olur. Döşemenin diyafram olarak

alınabilmesi için bu elemanda meydana gelecek sehimin (yatay yük altında) perdelerce zarar vermeyecek bir düzeyde olması gereklidir. Dar uzun bir döşeme genellikle fleksibilitesi olan bir diyaframdır. Bu nedenle genellikle kaba olarak uzunluğun genişliğe oranının 2-5 veya daha az olması rijit diyafram meydana getirmeye yeterlidir.

Ayrıca yapılarda meydana gelebilecek yanal burulmada göz önüne alınmalıdır. Planda simetrik olmayan yapılarda burulma meydana gelecektir. Yatay yüklerin etkisindeki yapıda, kütle ve rijitlik merkezi (duvarlarda eşit deplasman meydana gelmesi için yükün yerleştirileceği nokta) çakışmıyorsa yanal burulma meydana gelir. Simetrik yapılarda bile yönetmelikler yatay yüke dik doğrultuda binanın maksimum boyutunun % 5 miktarı olan eksantriklikle bulunan burulmaya karşı minimum dizaynı şart koşulmaktadır.

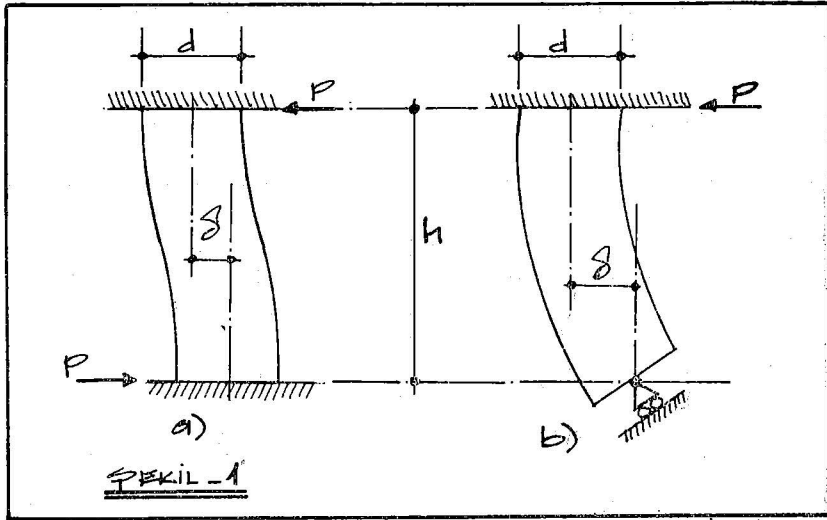
Yatay yüke karşı koyan duvarın yük altında ters dönmesinin (overturning) sağlanması şart görülmüştür. Bu konu tartışmaya açıktır, çünkü deprem kuvvetlerinin duvardaki etkisi çok kısa bir zaman için duvar üstündedir ve kısa zamanda yön değiştirmektedir. Bu zaman içinde duvarın kendi ağırlığının ters dönmeyle engel olması lazımdır. Tabiki bu bazı olağanüstü özelliklere sahip duvarlar için geçerli olmayabilir. Duvarın kararlılığı kendi ağırlığının bir kısmı ve bu duvara dik yöndeki duvarlar tarafından sağlanabilir.

İleriki kısımlarda kutu sistemi olarak çalışan yapılarda yatay kuvvetlerin duvarlara dağıtılışının bulunması için metod gösterilecektir.

## 2. YANAL DEPLASMAN :

### A) Tek perdenin deplasmanı :

Şekil 1 de gösterilen perdeler idealleştirilmiş mesnetlere sahiptir ve yatay P yükü altında deplasman yapmış bulunmaktadır. Genellikle betonarme perdeler ve duvarlar kısa, derin kiriş olarak davranış gösterdiğinden eğilme ve kes-



me kuvvetlerinin etkisini içeren deplasman göz önüne alınmalıdır. Bu deplasman formülleri şunlardır.

a) Eğer perdenin her iki ucu ankastre ise :

$$\delta = \delta_o + \delta_k = \frac{Ph^3}{12EI} + \frac{1.2 Ph}{GA} \quad (1.a)$$

b) Eğer bir uç ankastre diğeri mafsallı ise :

$$\delta = \delta_o + \delta_k = \frac{Ph^3}{3EI} + \frac{1.2 Ph}{GA} \quad (1.b)$$

Yukarıdaki denklemlerde :

$\delta$  = Toplam deplasman

$\delta_o$  = Eğilmeden dolayı deplasman

$\delta_k$  = Kesme kuvvetinden dolayı deplasman

P = Yatay yük

h = Elemanın yüksekliği

A = t x d = Kesit alanı

I = Eğilme yönünde kesitin atalet momenti

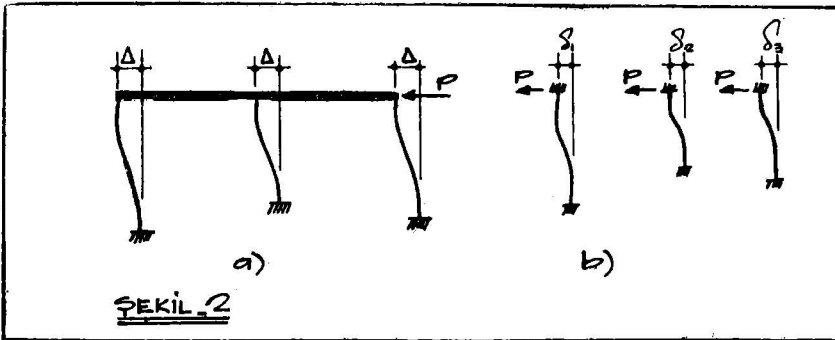
E = Beton elastikiyet modülü

G = Kayma modülü

B) Birden fazla elemandan oluşan duvarın deplasmanı :

Şekil 2 de gösterilen sistemde bir duvar tepe noktalarından rijit elemanla birbirine bağlanmış üç perdeden oluşmaktadır. Bu duvarın yatay yük P etkisinde deplasmanı  $\Delta = f(\delta_i)$  olarak yazılır. Burada  $\delta_i$  değerleri hep perdenin tek başına P yükü altında deplasmanıdır.  $P_i$  yükü altında  $\delta_i$  deplasmanına sahip bir perdenin rijitliği şöyle bulunur (Rijitlik = Birim deplasman yaratmak için gerekli kuvvet).

$$k_i = \frac{P_i}{\delta_i} \quad (2)$$



Bir çok perdeden oluşan bir duvarın deplasmanı şu bağıntı ile verilmiştir.

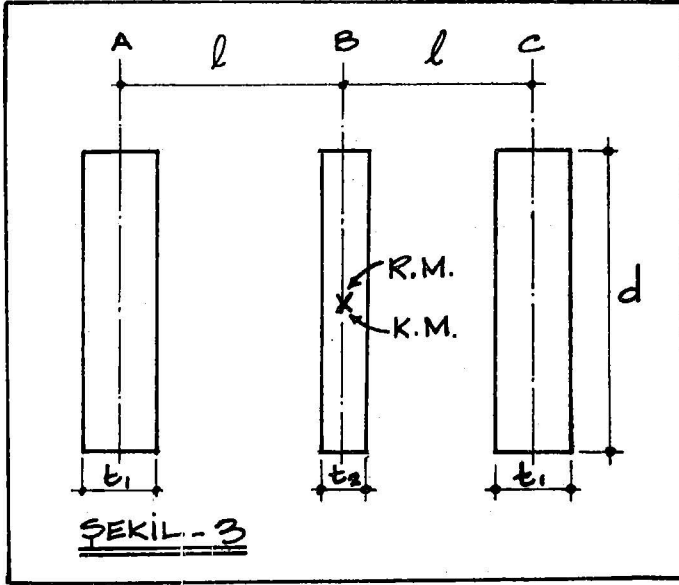
$$\Delta = \frac{P}{\sum_{i=1}^n k_i} = \frac{P}{k_1 + k_2 + k_3} \quad (3)$$

veya formül 2 yardımı ile

$$\Delta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\delta_i}} = \frac{1}{\frac{1}{\delta_1} + \frac{1}{\delta_2} + \frac{1}{\delta_3}} \quad (4)$$

### 3. BİRBİRİNE BAĞLI DUVARLARIN RELATİF RİJİTLİKLERİ

Şekil 3 de üstten rijit bir eleman tarafından birbirine bağlı üç duvarın plan görünüşü verilmiştir. Sistemde rijitlik ve kütle merkezleri çakıştığı için üç duvar eşit miktarda deplasman yapacaktır ve yatay yük P, üç duvara relatif rijitliklerine orantılı olarak dağılacaktır.



Her hangi bir duvar için relatif rijitlik şu bağlantı ile verilir.

$$R_r = \frac{k_i}{\sum_{j=1}^3 k_j} = \frac{k_i}{k_1 + k_2 + k_3} \quad (5)$$

veya

$$R_r = \frac{\frac{1}{\delta_i}}{\sum_{j=1}^3 \frac{1}{\delta_j}} = \frac{\frac{1}{\delta_i}}{\frac{1}{\delta_1} + \frac{1}{\delta_2} + \frac{1}{\delta_3}} \quad (6)$$

Bu tanımlardan faydalanılarak her duvarın taşıyacağı yük aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$V_i = \left[ \frac{k_i}{\sum_{j=1}^3 k_j} \right] P = \left[ \frac{1}{\frac{\sum_{j=1}^3 \delta_j}{3}} \right] \quad (7)$$

Formül 7 den anlaşılacağı gibi her perdenin taşıyacağı yük değeri birbirine bağlı elemanların mutlak rijitliğine değil, relatif rijitliklerine bağlıdır. Ayrıca perdenin taşıyacağı yükün dağılımının bulunması için hesaplanan relatif rijitlik değeri yanal yük P nin değerine bağlı değildir. Bu nedenle formül 1a ve 1b de E, P, G değerlerine doğru oranda herhangi bir değer verilerek rijitliklerin kolayca bulunabilmesi için bu formüller kısaltılabilir.

#### 4. KÜTLE VE RİJİTLİK MERKEZLERİ :

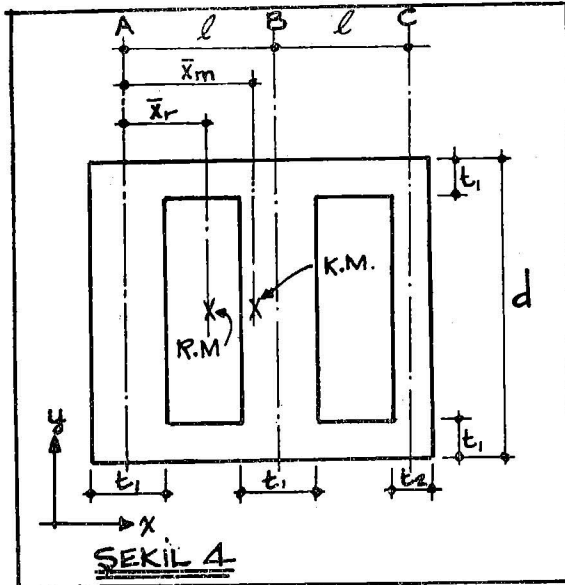
Şekil 4 de gösterilen üç duvarın kütle merkezi  $x_m$  statikten bilgilerle bulunur. Rijitlik merkezi ise A-aksına göre alınacak momentle bulunur.

$$\bar{X}_r = \frac{\sum k_y x}{\sum k_y} \quad (8)$$

$k_y$  = y-istikametindeki duvarın rijitliği

$x$  = A-aksından duvarların aksına uzaklık

Formül 8 de x-istikametindeki duvarların y-istikametinde rijitliğe katkısı olmadığı kabullenilmiştir.



Aynı yol takip edilerek y-koordinatı bulunur.

$$y_r = \frac{\Sigma k_x y}{\Sigma k_x} \quad (9)$$

Kütle merkezi ve rijitlik merkezinin çakışmadığı durumda yapıda burulma momenti mevcuttur. Bu durumda duvarlardaki yük şu bağıntılar yardımı ile hesaplanır.

$$V_x = \left( \frac{k_x}{\Sigma k_x} \right) P_x + \left( \frac{k_x y}{J_r} \right) P_x e \quad (10)$$

$$V_y = \left( \frac{k_y}{\Sigma k_y} \right) P_y + \left( \frac{k_y x}{J_r} \right) P_y e \quad (11)$$

Bu formüllerde :

$$e = \text{eksantriklik} = |\bar{X}_m - \bar{X}_r| \text{ veya } |\bar{y}_m - \bar{y}_r|$$

$$J_r = \text{polar atalet momenti (bütün duvarların)} \\ = k_x \bar{y}^2 + k_y \bar{x}^2$$

$\bar{X}$ ,  $\bar{y}$  = rijitlik merkezinden göz önüne alınan duvarın merkezine mesafe

$k_y$  = x ve y yönlerinde duvarların rijitlikleri

Maksimum etkinin elde edilebilmesi için formül 10 ve 11 de artı işareti kullanılmıştır. Buna sebep P yanal kuvvetinin her iki yönde etkide bulunabileceğindedir.

## 5. METODUN TATBİKATI

A — Örnek 1 :

### VERİLENLER :

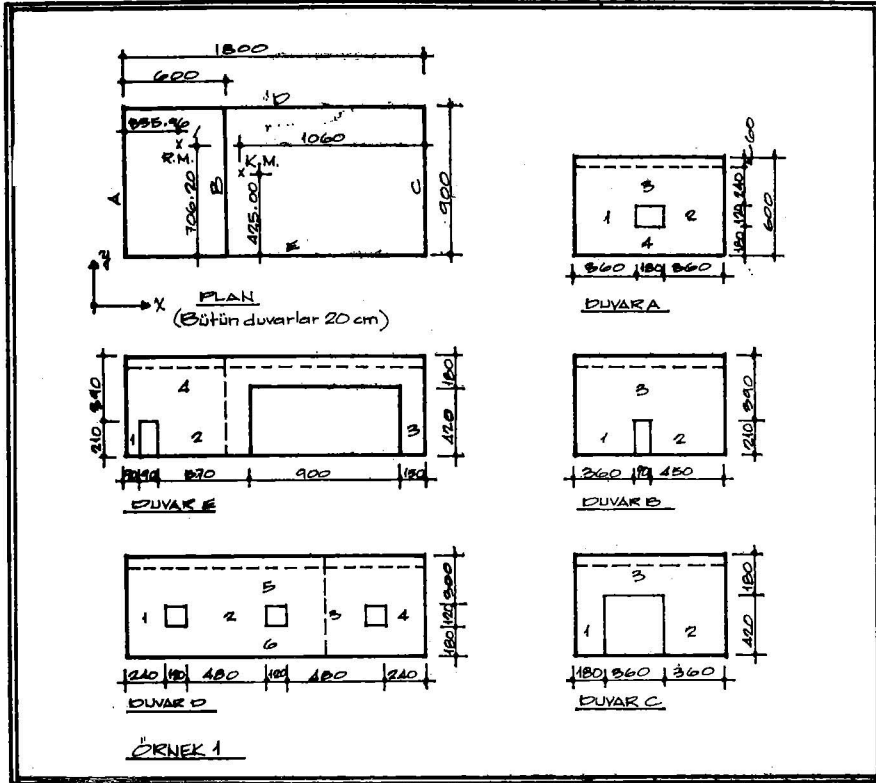
P = 23.8 ton (Deprem veya rüzgar yükü)

Yatay yükün dağılışı duvarların relatif rijitliklerine bağlı olduğundan  $E = 1.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$ ,  $G = 0.6 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$  ve  $P = 100 \text{ ton}$  alınarak formül 1.a, 1.b basitleştirilecektir.

$$\delta = \frac{h^3}{16.8 I} + \frac{2h}{A} \quad (12)$$

$$\delta = \frac{h^3}{4.2 I} + \frac{2h}{A} \quad (13)$$

a — Duvar rijitliklerinin bulunması (Formül 12 yardımı ile)



### DUVAR A

Perde no	h (cm)	d (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta_e$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	$1/\delta$	$\Sigma \frac{1}{\delta}$
1	120	360	7200	$7.776 \times 10^7$	0.0013	0.0334	0.0347	28.85	
1	120	360	7200	$7.776 \times 10^7$	0.0013	0.0334	0.0347	28.85	57.70

### DUVAR B

Perde no	h (cm)	d (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta_e$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	$1/\delta$	$\Sigma \frac{1}{\delta}$
1	210	360	7200	$7.776 \times 10^7$	0.0071	0.0583	0.0654	15.29	
2	210	450	9000	$1.519 \times 10^8$	0.0036	0.0467	0.0503	19.88	35.17

### DUVAR C

Perde no	h (cm)	d (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta_e$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	$1/\delta$	$\Sigma \frac{1}{\delta}$
1	420	180	3600	$9.72 \times 10^6$	0.4537	0.2333	0.6870	1.46	
2	420	360	7200	$7.776 \times 10^7$	0.0567	0.1167	0.1734	5.77	7.23

**DUVAR D**

Perde no	h (cm)	d (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta_e$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	1/ $\delta$	$\Sigma$ 1/ $\delta$
1	120	240	4800	2.304x10 <sup>7</sup>	0.0045	0.0500	0.0545	18.36	
2	120	480	9600	1.843x10 <sup>8</sup>	0.0006	0.0250	0.0256	39.13	
3	120	480	9600	1.843x10 <sup>8</sup>	0.0006	0.0250	0.0256	39.13	
4	120	240	4800	2.304x10 <sup>7</sup>	0.0045	0.0500	0.0545	18.36	114.98

**DUVAR E**

Perde no	h (cm)	d (cm)	Alan (cm <sup>2</sup> )	I (cm <sup>4</sup> )	$\delta_e$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\delta$ (cm)	1/ $\delta$	$\Sigma$ 1/ $\delta$
1	210	90	1800	1.215x10 <sup>6</sup>	0.4537	0.2333	0.6870	1.46	
2	210	570	11400	3.087x10 <sup>8</sup>	0.0018	0.0368	0.0386	25.89	
3	420	150	3000	5.625x10 <sup>6</sup>	0.7840	0.2800	1.0640	0.94	28.29

Formül 2 ve 4 yardımı ile rijitliklerin bulunması :

**DUVAR A**

$$\text{deplasman } \delta = \frac{1}{57.7} = 0.0173 \text{ cm.}$$

$$\text{rijitlik } k = \frac{P}{\delta} = \frac{100}{0.0173} = 5.77 \times 10^3 \text{ ton/cm}$$

**DUVAR B**

$$\delta = 0.0284$$

$$k = 3.517 \times 10^3$$

**DUVAR C**

$$\delta = 0.1383$$

$$k = 0.723 \times 10^3$$

**DUVAR D**

$$\delta = 0.0087$$

$$k = 11.498 \times 10^3$$

**DUVAR E**

$$\delta = 0.0353$$

$$k = 2.829 \times 10^3$$

Formül 5 veya 6 ile relatif rijitliklerin bulunması :

$$\text{DUVAR A : } R_r = 0.5764$$

$$\text{B : } R_r = 0.3513$$

$$\text{C : } R_r = 0.0723$$

$$\text{D : } R_r = 0.8025$$

$$\text{E : } R_r = 0.1975$$

y-istikameti

x-istikameti



b — Rijitlik merkezinin bulunması :

$$y_r = 0.1975 (0) + 0.8025 (880)/1.00 = 706.20 \text{ cm (E duvarından)}$$

$$x_r = 0.5764 (0) + 0.3513 (590) + 0.0723 (1780)/1.00 = 335.96 \text{ cm (A duvarından)}$$

## B — YÜKLERİN DUVARLARA DAĞITIMI

a — Deprem yükü x-yönünde etkide

$$V_n = \frac{k_n}{\sum k_n} P_n + \frac{k_n \bar{y}}{J_r} P_n e \quad \begin{array}{l} P_n e = 23.8 (281.2 + 0.05 \times 900) = 7764 \text{ t.m} \\ P_n = 23.8 \text{ ton} \end{array}$$

$$\begin{aligned} J_r = k_n \bar{y}^2 + k_v x^2 &= (5.77 \times 325.96^2 + 3.517 \times 264.04^2 + 0.723 \times 1454.04^2 \\ &\quad + 11.498 \times 183.8^2 + 2.829 \times 696.2^2) \times 10^3 \\ &= 4146478000 \text{ t.cm} \end{aligned}$$

Duvar D yükü

$$V_n = 0.8025 (23.8) + \frac{11.498 \times 183.8}{4146478} 7764 = 23.06 \text{ ton}$$

Duvar E yükü

$$V_n = 0.1975 (23.8) + \frac{2.829 \times 696.2}{4146478} 7764 = 8.39 \text{ t}$$

A, B, C duvarlarında  $P_n$  kuvveti nedeniyle yük olmayacaktır (bu yönde yük ke karşı koymadıkları için) fakat burulmadan dolayı bu duvarlara yük dağıtımı olacaktır.

Duvar A

$$V_y = \frac{5.77 \times 325.96}{4146478} 7764 = 3.52 \text{ t}$$

Duvar B

$$V_y = \frac{3.517 \times 264.04}{4146478} 7764 = 1.74 \text{ t}$$

Duvar C

$$V_y = \frac{0.723 \times 1454.04}{4146478} 7764 = 1.97$$

b — Deprem yükü y-yönünde etkide :

$$P_y = 23.8 \text{ t}$$

$$P_y e = 23.8 (404.04 + 0.05 \times 1800) = 11758 \text{ t.cm}$$

Çözüm tablo halinde verilecektir.

Duvar	$R_r$	$k_y (x10^3)$	x	$PxR_r$	$Pe (K_y x/J_r)$	Duvar yükü
A	0.5764	5.77	325.96	13.72	5.33	19.05
B	0.3513	3.517	264.04	8.36	2.63	10.99
C	0.0723	0.723	1454.04	1.72	2.98	4.70
D	—	11.498	183.80	—	5.99	5.99
E	—	2.829	696.20	—	5.59	5.59

### C — DAĞITILMIŞ YÜKLERİN ÖZETİ

Duvar	Maksimum yük
A	19.05 ton
B	10.99 »
C	4.70 »
D	23.06 »
E	8.39 »

Bu tatbikatta duvarlarda mevcut tekil perdeleri birbirine bağlayan elemanların duvar rijitliklerine olan etkisi göz önüne alınmamıştır. Bazı hallerde bu sonuçları önemli derecede etkilemez. Bazı hallerde ise bu elemanların etkilerinin göz önüne alınmaması büyük hatalar yaratır. Bu nedenle her analizde bu elemanların hesaba dahil edilmesi yararlıdır.

Bu farkı göstermek amacı ile aynı yapı bağlayıcı elemanların etkisi göz önüne alınarak tekrar çözülecektir. Aradaki hata oranının karşılaştırılmasından sonra yüklerin tekil perdelerine dağılışı ve tekil perdelerin analizi gösterilecektir.

Tekil perdelerden oluşan bir duvarda perdeleri birbirine bağlayan elemanların etkisi göz önüne alınır, duvarın deplasmanının hesaplandığı formül 4 şu şekli alır.

$$\Delta = \frac{1}{\sum_{i=1}^n k_i} + \sum_{j=1}^m \delta_{bi} = \frac{1}{\frac{1}{\delta_c} + \frac{1}{\delta_k} + \dots} + \delta_{b1} + \delta_{b2} + \dots \quad (14)$$

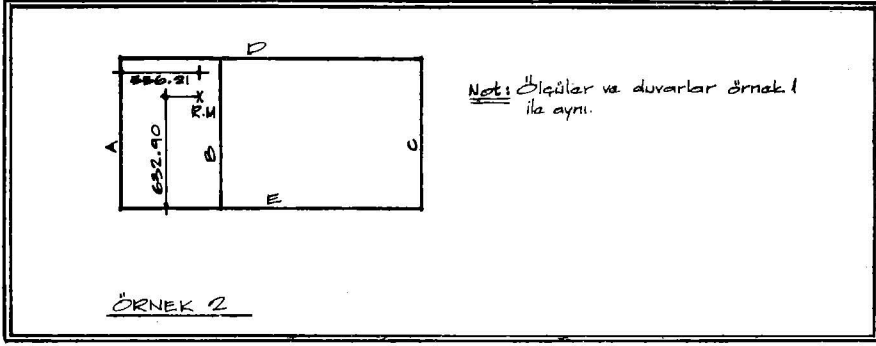
burada  $\delta_b$  = Göz önüne alınan bağlayıcı elemanın deplasmanı

### D — Örnek 2 :

a — Duvar rijitliklerinin bulunması

#### DUVAR A

Per.	h	d	Alan	$I \times 10^7$	$\delta_c$	$\delta_k$	$\delta_t$	$\frac{1}{\delta_c}$	$\frac{1}{\delta_k}$	$\Delta$
1	120	360	7200	7.776	0.0013	0.0334	0.0347	28.85		
2	120	360	7200	7.776	0.0013	0.0334	0.0347	28.85	57.7	0.0173
3	240	900	18000	121.5	0.0007	0.0267	0.0273			0.0273
4	180	900	18000	121.5	0.0003	0.0200	0.0203			0.0203
								duvar deplasmanı =		0.0649
								rijitlik =		= 15.41



### DUVAR B

Per.	h	d	Alan	$I \times 10^7$	$\delta_e$	$\delta_k$	$\delta_t$	$\frac{1}{\delta_s}$	$\frac{1}{\Sigma \delta_s}$	$\Delta$	
1	210	360	7200	7.776	0.0071	0.0583	0.0654	15.29			
2	210	450	9000	15.19	0.0036	0.0467	0.0503	19.88	35.17	0.0284	
3	330	900	18000	121.5	0.0018	0.0367	0.0384	—	—	0.0384	
									$\delta = 0.0668$		
									$k = 14.96$		

### DUVAR C

Per.	h	d	Alan	$I \times 10^7$	$\delta_e$	$\delta_k$	$\delta_t$	$\frac{1}{\delta_s}$	$\frac{1}{\Sigma \delta_s}$	$\Delta$	
1	420	180	3600	0.972	0.4537	0.2333	0.6870	1.46			
2	420	360	7200	7.776	0.0567	0.1167	0.1734	5.77	7.23	0.1383	
3	120	900	18000	121.5	0.0001	0.0133	0.0134	—	—	0.0134	
									$\delta = 0.1517$		
									$k = 6.59$		

### DUVAR D

Per.	h	d	Alan	$I \times 10^7$	$\delta_e$	$\delta_k$	$\delta_t$	$\frac{1}{\delta_s}$	$\frac{1}{\Sigma \delta_s}$	$\Delta$	
1	120	240	4800	2.304	0.0045	0.0500	0.0545	18.36			
2	120	480	9600	18.43	0.0006	0.0250	0.0256	39.13			
3	120	480	9600	18.43	0.0006	0.0250	0.0256	39.13			
4	120	240	4800	2.304	0.0045	0.0500	0.0545	18.36	114.98	0.0087	
5	240	1800	36000	97.20	0.0001	0.0133	0.0134	—	—	0.0134	
6	180	1800	36000	97.20	0.0000	0.0100	0.0100	—	—	0.0100	
									$\delta = 0.0321$		
									$k = 31.12$		

### DUVAR E

Per.	h	d	Alan	$I \times 10^7$	$\delta_e$	$\delta_k$	$\delta_t$	$\frac{1}{\delta_s}$	$\frac{1}{\Sigma \delta_s}$	$\Delta$	
1	210	90	1800	0.122	0.4537	0.2333	0.6870	1.46			
2	210	570	11400	30.87	0.0018	0.0368	0.0386	25.89			
3	420	150	3000	0.563	0.7840	0.2800	1.0640	0.94	28.29	0.0352	
4	330	750	15000	70.30	0.0030	0.0440	0.0470	—	—	0.0470	
									$\delta = 0.0823$		
									$k = 12.15$		

Formül 5 veya 6 ile relatif rijitlikler

DUVAR A : $R_r = 0.4169$	
B : $R_r = 0.4048$	y-istikametinde
C : $R_r = 0.1783$	
-----	
D : $R_r = 0.7192$	
E : $R_r = 0.2808$	x-istikametinde

b — Rijitlik merkezinin bulunması

$$y_r = 0.2808 (0) + 0.7192 (880) / 1.00 = 632.90 \text{ cm (E duvarından)}$$

$$x_r = 0.4169 (0) + 0.4048 (590) + 0.1783 (1780) / 1.00 = 556.21 \text{ cm}$$

(A duvarından)

E — YÜKLERİN DUVARLARA DAĞITIMI

a — Deprem yükü x-yönünde etkide

$$P_x = 23.8 \text{ t}$$

$$P_{x'e} = 23.8 (207.90 + 0.05 \times 900) = 6019 \text{ t. cm}$$

$$J_r = (15.41 \times 546.21^2 + 14.96 \times 43.79^2 + 6.59 \times 1233.79^2$$

$$+ 31.12 \times 257.1^2 + 12.15 \times 622.9^2) \times 10^3$$

$$= 21429034000$$

Duvar	$R_r$	$k_x (\times 10^3)$	x	$PR_r$	$Pe (k_x y / J_r)$	Duvar yükü
D	0.7192	31.12	257.1	17.12	2.25	19.37
E	0.2808	12.15	622.9	6.68	2.13	8.81
A	-----	15.41	546.21	-----	2.36	2.36
B	-----	14.96	49.79	-----	0.21	0.21
C	-----	6.59	1233.79	-----	2.28	2.28

b — Deprem yükü y-yönünde etkide

$$P_y = 23.8 \text{ t}$$

$$P_{y'e} = 23.8 (183.79 + 0.05 \times 1800) = 6517 \text{ t. cm}$$

Duvar	$R_r$	k ( $\times 10^3$ )	y	$PR_r$	$Pe (k y / J_r)$	Duvar yükü
A	0.4169	15.41	546.21	9.92	2.56	12.48
B	0.4048	14.96	43.79	9.63	0.20	9.83
C	0.1783	6.59	1233.79	4.24	2.47	6.72
D	-----	11.498	183.80	-----	0.64	0.64
E	-----	2.829	696.20	-----	0.60	0.60

F — DAĞITILMIŞ YÜKLERİN ÖZETİ VE ÖRNEK 1 İLE KARŞILAŞTIRMA

Duvar	Maksimum Yük		Hata (%)
	Örnek 1	Örnek 2	
A	19.05	12.48	52.64
B	10.99	9.83	11.80
C	4.70	6.72	30.06
D	23.06	19.36	19.11
E	8.39	8.91	4.77

Tabloda görüldüğü gibi, eğer bağlayıcı elemanların etkisi göz önüne alınmadan analiz yapılırsa duvar C - % 30 oranında bir hataya sahip olacaktır. Bu

nedenle yeterince donatı bu duvarda kullanılmayacak ve duvar hasara uğrayacaktır.

#### G — DUVAR YÜKLERİNİN PERDELERE DAĞILIMI

a — Duvar D'yi göz önüne alırsak, bu duvarın 19.36 tonluk yükü taşıması gerekmektedir. Bu yükün perdelerle dağılımı şöyle bulunur.

Perde	Rijitlik $1/\delta$	$R_r$	Perdeye gelen yük
1	18.36	0.160	3.10 t
2	39.13	0.340	6.58 t
3	39.13	0.340	6.58 t
4	18.36	0.160	3.10 t

b — Duvar D de perdelerin taşıyacağı düşey ve moment kuvvetlerinin bulunması.

Perdeler her iki uçta ankastre kabul edildiğinden, bu perdelerde moment şu bağıntı ile bulunur.

$$M_p = \frac{P h}{2} \quad (15)$$

Perdelerin taşıdığı düşey yükler kolaylıkla bulunabilir. Yapının ağırlığından oluşan bu düşey kuvvetlerin yanısıra duvardaki yatay yük nedeniyle meydana gelen moment perdede düşey yük oluşturacaktır. Bu düşey yükler duvarın atalet momentine bağlı olarak bulunur.

Bu yükü meydana getiren momentin maksimum değeri yatay yükün duvarın alanının minimum olduğu düzleme olan uzaklığı ile çarpımından elde edilir ve mevcutsa bu değere üst kattan gelen moment eklenir. Bu moment nedeniyle perdede meydana gelen eksenel yük şu bağıntı ile hesaplanır.

$$P_{ov} = \frac{M_{ov} (l) A}{I_{dn}} \quad (16)$$

Burada :

$P_{ov}$  = Momentten dolayı eksenel yük

$M_{ov}$  = Duvarı kaldırmaya çalışan moment

$l$  = Duvarın net alanının tarafsız ekseninden göz önüne alınan perdenin merkezine uzaklık

$I_{dn}$  = Duvar net alanının atalet momentini

$A$  = Göz önüne alınan perdenin alanı

Tablo halinde duvar D de mevcut perdelerde yükler bulunacaktır.

D duvarında minimum alan düzlemi boşlukların alt kenarının hemen üstündedir. Demekki,

$$M_{ov} = 19.36 \times 3.60 = 69.70 \text{ t.m}$$

Duvar net alanının tarafsız ekseninin bulunması,

Perde	Alan	Sol uçtan uzaklık x	Ax
1	4800	120	576000
2	9600	600	5760000
3	9600	1200	11520000
4	4800	1680	8064000
Toplam	28800		25920000

$$X = \frac{25920000}{28800} = 900 \text{ cm.}$$

Duvarın simetrik oluşu nedeniyle bu değer hesap yapmaksızın elde edilebilirdi.

D duvarının atalet momenti :

Perde	Alan	Tarafsız eksene uzaklık x	Ax <sup>2</sup>	I <sub>o</sub>	I <sub>o</sub> + Ax <sup>2</sup>
1	4800	780	2920320000	23040000	2943360000
2	9600	300	864000000	184320000	1048320000
3	9600	300	864000000	184320000	1048320000
4	4800	780	2920320000	23040000	2943360000
				Toplam	7983360000

c — Perdelerde diğey ve moment kuvvetlerinin bulunuşu

Duvar D yı etkileyen yapı ölü yükünün 2.0 t/m olduğunu kabullenirsek, Perde 1 deki yükler şunlardır.

$$P_o = 3.00 \times 2.00 = 6.0 \text{ t}$$

$$P_{ov} = \frac{6970 (780) 4800}{7983360000} = 3.27 \text{ t}$$

$$M_p = 3.1 \times \frac{1.20}{2} = 1.86 \text{ t}$$

Diğey perdelerde kuvvetler aşağıda verilmiştir.

Perde	Ölü yükün duvarı etkilediğı uzunluk	P <sub>o</sub> (t)	P <sub>ov</sub> (t)	M <sub>p</sub> (t.m)
1	3.00 m	6.0	3.27	1.86
2	6.00	12.0	2.51	3.95
3	6.00	12.0	2.51	3.95
4	3.00	6.0	3.27	1.86

Bu işlemden sonra analiz tamamlanmış olur ve elemanların donatı hesabına geçilir.

**REFERANSLAR :**

- 1 — "Seminar on the Design of Small Concrete Buildings for Lateral Loads" — Notlar. Los Angeles, California
- 2 — Briggs, L. A ve Bloch, O. M. "Lateral Design of Smaal Buildings" Glendale, California
- 3 — ACI publication, "Lateral Design of Small Reinforced Concrete Buildings"
- 4 — Plummer, H. C, ve Blume, J. A. "Reinforced Brick Masonry and Lateral Force Design", Structural Clay Products Institute Washington D. C. 1953.
- 5 — Amrhein, J. E. "Reinforced Masonry Engineering Handbook", Masonry Institute of America, 1973
- 6 — "Building Code-Requirements for Reinforced Concrete (ACI318-71)
- 7 — Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik", İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü, Ankara, 1975
- 8 — "Recommended Lateral Force Requirements and Commentary", Seismology Committee, Structural Engineers Association of California. 1973, 1974, 1975.

## DÖNEL İNCE KABUK-SIVI SİSTEMLERİNİN DİNAMİK HESABI

D. Halil KARADENİZ (\*)

### SUMMARY

In this paper, the dynamic behaviour of axi-symmetrical thin shell structures, either surrounded by water or containing fluid, is studied. The finite element method is used in the analysis since it is general and success fully applicable to the fluid dynamics. A quadrilateral subparametric fluid element with changeable meridional curves (which differs from the conventional elements) being functions of parametric variables controlled by data input is presented. The inertia vector of fluid elements due to an earthquake excitation and the coupled problem of the structure-fluid system are formulated. The algorithm of a technique which uses minimum computer storage is presented for the solution of the coupled eigenvalue problem. The accuracy of solutions is demonstrated by numerical examples.

### ÖZET

Bu makalede, su ile kuşatılan veya sıvı ihtiva eden eksenel simetrik ince kabukların dinamik davranışı incelenmiştir. Hesaplama, genel olması ve sıvı dinamiğine başarı ile tatbik edilebilmesi dolayısıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Meridyen eğrileri, giriş bilgileri ile kontrol edilen parametrik değişkenlerin fonksiyonu olarak tariflenen sabparametrik bir dörtgen sıvı elemanı (alışılan elemanlardan farklı) takdim edilmiştir. Depremden dolayı meydana gelen hareket vektörü ve yapı-sıvı sisteminin müşterek problemi formüle edilmiştir. Yapı-sıvı sisteminin öz değer problemini çözmek için, en az bilgisayar belleği kullanan, bir hesap tekniğinin algoritması verilerek çözümlerin doğruluğu sayısal örneklerle gösterilmiştir.

(\*) İnşaat Mühendisliği Bölümü, K.T.Ü. - TRABZON



## 1. GİRİŞ :

Son yıllarda açık deniz petrol arama ve işletmelerinde kullanılan yapılar oldukça büyük olup, bunların su altı zeminine bağlantıları genellikle kabuk tipi ayaklarla mümkün olmaktadır. Bu ayaklar çeşitli etkenler dolayısıyla daima dinamik tesirlere maruz kalırlar. Dolayısıyla bu tip yapıların boyutlandırılmasında dinamik hesap yöntemleri esas alınmalıdır. Aynı sınıfa denizlerde inşa edilen petrol depoları ve petrol yan ürünlerini kara parçalarına nakletmek için kullanılan deniz içi boru hatları da girmektedir.

Deprem bölgesi kara parçalarında inşa edilen su, petrol veya herhangi bir sıvı deposunun boyutlandırılmasında yine dinamik hesap yöntemleri kullanılmalıdır.

Her hangi bir sıvı ile temasta olan yapıların dinamik hesabı diğer yapıların dinamik hesabından farklı olarak, sıvının titreşime katkısı da dikkate alınarak yapılır. Sıvı, yapıya hidrodinamik kuvvet etkiterak titreşime katılır. Bu hidrodinamik kuvvet yapının sıvı ile temas yüzeyi boyunca yayılıdır. Yapıya ilave kütlelerin gelmesine sebep olan yayılı hidrodinamik kuvvet, yapı titreşiminin bir fonksiyonudur. Yapının titreşimi ise yayılı hidrodinamik kuvvetin gekli ve büyüklüğü ile değişmektedir. Dolayısıyla problem, ne yapı ve nede sıvının direkt olarak kendileriyle ilgili olmayıp her ikisininide içeren bir ilişkidenden ibarettir.

Su yapılarına etkiyen hidrodinamik kuvvet üstündeki yoğun araştırmalar Westergaard'ın dolgu barajlara ait [1] bir çalışmasından sonra başlamıştır. Westergaard bu çalışmasında barajın rijit ve sonsuza uzandığını, suyun sıkışmaz ve sürtünmesiz olduğunu kabul etmişti. Daha sonra Jacobsen [2], sürtünmesiz ve sıkışamayan bir su ortamında rijit silindirik yapılara etkiyen hidrodinamik kuvvetleri tetkik etti. Barajlarla ilgili son araştırmaların ışığında [3-6], eğilebilen bir yapı ile su arasındaki dinamik ilişkilerin yapının davranışına geniş ölçüde tesir ettikleri anlaşıldı. Bu araştırmalarda suyun sıkışabilme özelliğinin de ayrıca önemli bir etken olduğu görüldü. Liaw ve Chopra tarafından yapılan diğer bir çalışmada [7] ise dönel simetrik kule tipi yapıların dinamik hesabında, suyun sıkışabilme özelliğinin ihmal edilebileceği gösterildi. Chandrasekaran ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada [8], genel olarak yapının eğilebilme özelliğinin neticeye büyük ölçüde tesir ettiğini ve suyun sıkışabilme özelliğinin ise hidrodinamik kuvvetin hesabında ihmal edilebileceğini gösterdiler.

Selby ve Severn [9] yaptıkları deneylerde, su içinde titreşen plakalara tesir eden hidrodinamik kuvvetlere suyun sıkışabilme özelliğinin etkisi olmadığını gördüler. Bu araştırmacılar, iki ve üç boyutlu Laplace denklemlerini sonlu elemanlar yöntemi ile çözerek neticeleri, Chopra'nın iki boyutlu çözümünü [3] ile ve deneylerden elde ettikleri değerlerle karşılaştırdılar. Bu karşılaştırmaya göre :

- a) İki boyutlu sonlu elemanlar ve Chopra'nın çözümleri,  
 b) Üç boyutlu sonlu elemanlardan bulunan çözüm ve deney sonuçları arasında iyi neticeler elde edildi. Bu karşılaştırmaya göre varılan karar işe problemin üç boyutlu olarak çözülmesi idi.

Hidrodinamik kuvvetlerin hesabı için Chopra'nın verdiği analitik çözüm, sıvı içinde titreşen düşey duvarlara tatbik edilebildiğinden genel değildir. Hidrodinamik kuvvetlerin hesabında daha genel bir yöntem olarak sonlu elemanlar kullanılmaktadır. Bu yöntemle Zienkiewicz ve arkadaşları [10], ideal bir sıvı içinde titreşen yapıların öz frekanslarını hesapladılar ve daha sonra Zienkiewicz ve Newton [11] sıkışabilen bir sıvı ile yapı arasındaki titreşim problemlerini ele aldılar. En genel hali ile Nath [12], aynı problem üstünde yapının liner olmayan deformasyonlarını da göz önünde tutarak bir çalışma yaptı. Bu çalışmanın neticesinde, oldukça ince kemer barajların deprem hesabında liner olmayan deformasyonların büyük rol oynadıkları ortaya çıktı. Bir çok araştırmacılar [5, 9, 13, 14] ise sonlu elemanlar yöntemi ile bulunan hidrodinamik kuvvetleri, bilinen analitik değerlerle mukayese ederek sonlu elemanların bu maksat için iyi neticeler verdiğini gösterdiler.

Bu makalede hidrodinamik kuvvet formülleri genel olarak gözden geçirildikten sonra dönel simetriye haiz ince kabukların sıvılarla olan ilişki problemi incelenmiştir. Genel olması ve iyi neticeler vermesi dolayısıyla sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çözüm esas anlatılmıştır.

## 2. SIVININ TİTREŞİM SÖNÜMÜ ÜSTÜNDEKİ ETKİSİ

Yapı titreşiminde sönümün gerçek mekanizması tam olarak bilinmediği için sönüm kat sayısı analitik olarak bulunamaz, ancak deneysel olarak tayin edilebilir. Titreşim sönüm kat sayısı, yapının havada ve suda olması hallerinde birbirinden farklıdır [15]. Yapının hava ve sudaki titreşim modlarının aynı olduğu kabul edilirse, sönüm kat sayısı ve öz frekanslardaki değişme oranı,

$$\frac{\omega_f}{\omega} = \frac{\xi_f}{\xi} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{m_f}{m}}} \quad (1)$$

şeklinde ifade edilebilir [7]. Burada  $\omega_f$ ,  $\xi_f$  su içindeki öz frekans ve sönüm kat sayısını,  $\omega$  ve  $\xi$  hava içindeki öz frekans ve sönüm kat sayısını,  $m_f$  sıvının titreşime katılan kütesini ve  $m$  de yapının kendi kütesini göstermektedir. Bu teorik görüşe rağmen bazı deneysel değerler [15, 16], su içindeki sönüm kat sayısında artmalar olduğunu göstermişlerdir. Bunun sebebi olarak, yapının su içindeki ve dışındaki titreşim modlarının farklı olması, hidrodinamik kuvvet formüllerinde hıza bağlı terimlerin ihmal edilmesi ve ayrıca sönüm kat sayısının yapı altındaki zeminin özelliklerine de bağlı olması söylenebilir.

## 3. HİDRODİNAMİK KUVVET FORMÜLLERİ VE YAPILAN KABULLER

Bir sıvı cismin dinamik karakteristikleri Navier-Stokes denklemleri ile tayin edilir [17]. Bu denklemler çok karışık olup, konvektif ivme terimlerinin

mevcudiyetinden dolayı kapalı bir çözüm bulmak oldukça zordur. İlk adımda konvektif ivme terimlerinin ikinci dereceden oldukları kabul edilerek ihmal edileceklerdir. Neticelerin geçerliliği bu ihmalden dolayı meydana gelen hataya maruzdur [18].

Basitleştirilmiş Navier-Stokes denklemleri dik koordinatlar sisteminde aşağıda yazılan ifadelerle verilmiştir [17].

$$\begin{aligned}\ddot{u}_y &= -\frac{1}{\rho_f} \cdot \frac{\partial p}{\partial y} + \mu_f \cdot \left( \nabla^2 \dot{u}_y + \frac{1}{3} \cdot \frac{\partial \theta_f}{\partial y} \right) \\ \ddot{u}_x &= -\frac{1}{\rho_f} \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + \mu_f \cdot \left( \nabla^2 \dot{u}_x + \frac{1}{3} \cdot \frac{\partial \theta_f}{\partial x} \right) \\ \ddot{u}_z &= -\frac{1}{\rho_f} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} + \mu_f \cdot \left( \nabla^2 \dot{u}_z + \frac{1}{3} \cdot \frac{\partial \theta_f}{\partial z} \right)\end{aligned}\quad (2)$$

Bu ifadelerde  $u_x$ ,  $u_y$  ve  $u_z$  sırasıyla  $x$ ,  $y$  ve  $z$  koordinatları boyunca deplasman bileşenlerini, nokta (.) zamana göre türevi,  $p$  hidrodinamik basıncı,  $\rho_f$  sıvının yoğunluğunu ve  $\mu_f$  ise sıvının sürtünme kat sayısını (viskozite) göstermektedirler.  $\nabla^2$  Laplace operatörü ve  $\theta_f$  ise dilatasyondur. Dilatasyonun açık ifadesi,

$$\theta_f = \frac{\partial \dot{u}_x}{\partial x} + \frac{\partial \dot{u}_y}{\partial y} + \frac{\partial \dot{u}_z}{\partial z}\quad (3)$$

ile, hidrodinamik basınç ve sıvının balk modülü cinsinden ise

$$\theta_f = \frac{\dot{p}}{K_f}\quad (4)$$

ifadesiyle verilmiştir [17]. Burada  $K_f$  sıvının balk modülünü gösteriyor. Denklem (2), (3) ve (4) vasıtaları ile hidrodinamik basıncın diferansiyel denklemi,

$$\nabla^2 \dot{p} + \frac{4}{3} \cdot \frac{\mu}{K_f} \cdot \nabla^2 \dot{p} - \frac{1}{c^2} \cdot \ddot{p} = 0\quad (5)$$

olarak elde edilir. Bu denklemde  $c$  sesin sudaki hızını gösterip,

$$c = \sqrt{\frac{\rho_f}{K_f}}\quad (6)$$

formülü ile verilmiştir [11].

Denklem (5) in çözümü kullanılacak sınır şartlarına bağlıdır. Sıvı içinde hareket eden bir yüzeye ait sınır şartları, sıvının viskozitesinden dolayı kesin olarak tayin edilemez. Sıvı ile yüzey arasında bir geçiş bölgesi vardır ki bu böl-

gede sıvının hızı çok karışık olup, bölge dışındaki sıvının hızına eşit değildir. Bu bir sınır tabakası problemi ve bu yazının konusu dışındadır.

Sıvının sürtünmesiz (invisit) olduğu kabul edilerek Navier-Stokes denklemleri,

$$\begin{aligned}\frac{\partial P}{\partial x} &= -\rho_f \cdot \ddot{u}_x, \\ \frac{\partial P}{\partial y} &= -\rho_f \cdot \ddot{u}_y, \\ \frac{\partial P}{\partial z} &= -\rho_f \cdot \ddot{u}_z,\end{aligned}\quad (7)$$

şeklinde basitleştirilir. Hidrodinamik basıncın diferansiyel denklemi (dalga denklemi) ise,

$$\nabla^2 P - \frac{P}{c^2} = 0 \quad (8)$$

şeklini alır. Bu denklem aşağıda verilen sınır şartları altında çözülerek hidrodinamik basıncın hesabında kullanılır.

a) Sıvı içinde hareket eden bir yüzeyde  $\frac{\partial P}{\partial n} = -\rho_f \cdot \ddot{u}_n$

b) Hareketsiz bir yüzeyde  $\frac{\partial P}{\partial n} = 0$

c) Yüzeysel dalgaların yokluğunda  $p=0$  ve yüzeysel dalgaların mevcudiyetinde

$$\ddot{p} = -g \cdot \frac{\partial P}{\partial z} \quad \text{olur sıvı yüzeyinde.}$$

Burada  $n$ , yüzeyin normal istikametini ve  $g$  de yer çekimi ivmesini gösteriyorlar.

#### 4. SIVININ DÖNEL SİMETRİK OLMASI HALİ

Dönel simetrik yapıların içindeki sıvılar da dönel simetriktir. Ayrıca açık deniz veya göllerde inşa edilen dönel simetrik yapıların etrafındaki su kütleleri de dönel simetrik olarak alınabilir. Böyle durumlarda dik koordinatlarda verilen dalga denkleminin silindirik koordinatlarda ifade edilmesi çözüm kolaylığı bakımından oldukça yararlıdır. Dalga denkleminin silindirik koordinatlardaki

açık ifadesi,

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} \quad (9)$$

olarak yazılabilir. Bu ifadeyi çözmek için kullanılacak sınır şartları daha önce verilen şartların aynısıdır. Bu şartlara ilaveten sıvının sıkışmaz olduğu da kabul edilirse dalga denklemi,

$$\nabla^2 p = 0 \quad (10)$$

ifadesiyle bilinen Laplace denklemine döndüğüdür. Silindirik koordinatlarda bu denklemin açık ifadesi,

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \cdot \frac{\partial^2 P}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} = 0 \quad (11)$$

şeklinde dir. Dönel simetrik yapılara etkiyen hidrodinamik basınç, çevreye ait eğrisel koordinatin ( $\alpha$ ) harmonik bir fonksiyondur. Bu fonksiyon,

$$p = \sum_{m=0}^{\infty} p_m \cdot \cos(m \cdot \alpha) \quad (12)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada  $p_m$ ,  $\alpha = 0$  meridyeni boyunca yapıya etkiyen hidrodinamik basınç olup bundan sonra  $p$  ile gösterilecektir. Denklem (12), denklem (11) de yerine koyulursa,

$$\frac{\partial^2 P}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial P}{\partial r} - \frac{\partial^2 P}{\partial z^2} - \left(\frac{m}{r}\right)^2 \cdot P = 0 \quad (13)$$

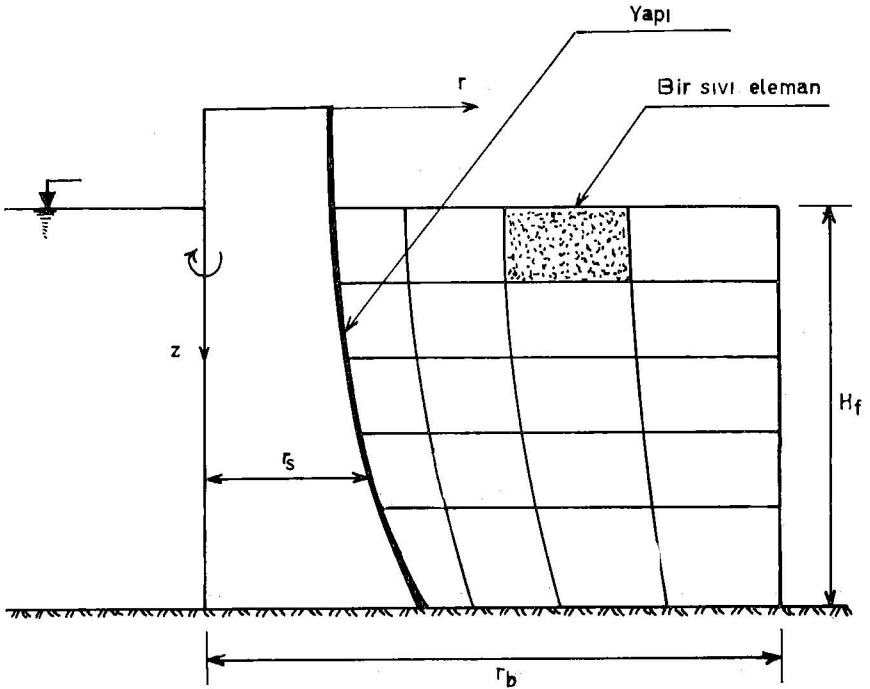
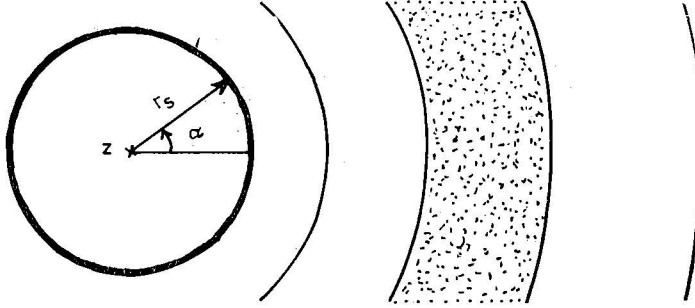
denklemini bulunur. Bu denklemden de görüldüğü gibi silindirik koordinatlardaki dalga denklemi iki boyutludur.

## 5. SIVININ SONLU ELEMANLARA BÖLÜNMESİ

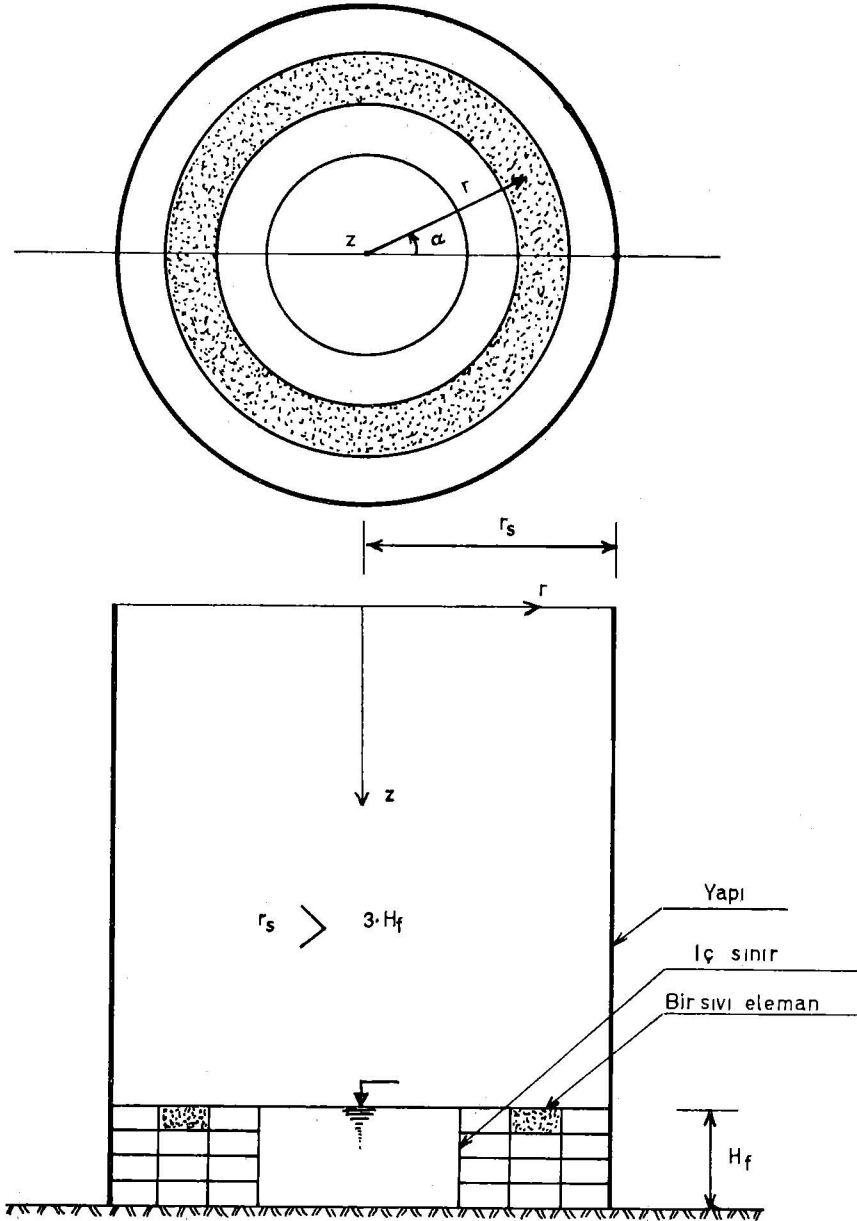
Hidrodinamik basıncın diferansiyel denklemini (Laplace denklemi) sonlu elemanlar yöntemi ile çözmek için sıvı, dönel simetrik elemanlara bölünür. Sıvının elemanlara bölünüşü katı cisimlerin elemanlara bölünüşü gibidir. Böyle bir bölünüş Şekil 1'de gösterilmiştir. İdealleştirmede, sonsuza uzanan sıvı için sıvının sonlu bir bölgesi göz önünde tutulur. Eğer sonsuz temsil eden bir sıvı eleman geliştirmişse sıvının tümü göz önünde tutulabilir. Hesaplarda sıvının sonlu bir kısmının göz önünde tutulması halinde sıvı bölgesinin dış sınırı, hidrodinamik basıncın sıfır olduğu yer olarak seçilmelidir. Westergaard'ın düşey duvarlar üstündeki teorik çalışmasına [1] göre sıvı bölgesinin dış sınırı, yapıdan itibaren, sıvı derinliğinin takriben üç misli mesafesinde alınır. Bu takribi yet neticede ancak % 1 kadar hata meydana getirir. Liaw ve Chopra [7] silindirik narın bir kule üzerindeki çalışmalarında sıvı bölgesi dış sınırının, kule yarıçapının 8 misli uzaklıkta alınması halinde meydana gelecek hatanın % 5 den daha az olduğunu gösterdiler. Bu, yüksekliklerine kıyasla çapları büyük olan

dönel kabuklara veya içinde az miktarda sıvı bulunan kabuklara uygulanamaz. Böyle durumlarda sıvı bölgesinin dış sınırı, problemin karakterine göre Westergaard'ın verdiği sınır ile Liaw ve Chopra'nın verdiği sınır arasında her hangi bir yer olarak seçilebilir.

Sıvı ihtiva eden dönel kabuk halinde sıvının dış sınırı otomatik olarak belirlidir. Diğer bir tabirle, sıvı sonsuza gitmeyip sonludur ve bütün sıvı bölgesi hesapta göz önünde tutulmalıdır. Yapının oldukça geniş ve sıvının da fazla olmaması halinde sıvı bölgesi olarak yapının etrafındaki sıvı kütlesi. Şekil 2'de gösterildiği gibi sonlu elemanlara bölünür.



ŞEKİL 1. - Yapıyı kuşatan sıvı bölgesinin idealleştirilmesi



SEKIL 2. - Yapı içindeki sıvı bölgesinin idealleştirilmesi

Hesapta göz önünde tutulacak sıvı bölgesi tarif edildikten sonra bu bölge katı bir cisim gibi sonlu elemanlara bölünür. Bir sıvı elemanın rijitlik matrisi belli iken bütün sıvı bölgesinin rijitlik matrisi de katı cisimlerde olduğu gibi elemanların rijitlik matrislerinden elde edilir. Her şeyden önce elemanın rijitlik matrisi ve hareket vektörü (hareket eden yüzeyin immesinden dolayı bulunan ve yük vektörünün benzeri bir vektör) elde edilmelidir. Bu çalışmada yapının geometrisine uyan ve aşağıda kısaca özellikleri anlatılan dönele simetrik sıvı elemanlar kullanılmıştır.

## 6. DÖNEL DÖRTGEN SIVI ELEMANI, RİJİTLİK MATRİSİ VE HAREKET VEKTÖRÜ

Sıvı ile bir kabuğun ara yüzeyi kabuğun geometrisi ile belirlidir. Kullanılacak sıvı elemanlar, ara yüzeyde kabuk geometrisinin şeklini almalıdırlar. Bunun için düz kenarlı dörtgen veya üçgen sıvı elemanlar yaklaşık olarak kullanılabilir. Daha hassas olarak Şekil 3'de görülen eğri kenarlı dörtgen sıvı elemanlar da kabuk geometrisinin tam olarak şeklini almaya müsaittirler. Bu elemanların Şekil 3. de görülen 1 ve 2 meridyen eğrilerinin denklemleri,

$$r_i = \lambda_i \cdot \rho_i^{m_i} \quad (14)$$

şeklinde ifade edilebilir [19]. Bu ifadede  $\rho_i$ , z koordinatının

$$\rho_i = A_{1,i} + A_{2,i}z + A_{3,i}z^2 \quad (15)$$

şeklinde ikinci derece bir fonksiyonu olarak tarif edilmiştir.  $i=1$  ve 2 olmak üzere  $m_i$  üssü ile  $\lambda_i$ ,  $A_{1,i}$ ,  $A_{2,i}$  ve  $A_{3,i}$  kat sayıları da parametrik değerlerdir. Bu değerler elemanın geometrisine bağlıdır. Eleman formüllerinde hesap kolaylığı bakımından boyutsuz

$$x = \frac{1}{(r_2 - r_1)} \cdot (2 \cdot r - r_1 - r_2), \quad (16.a)$$

ve

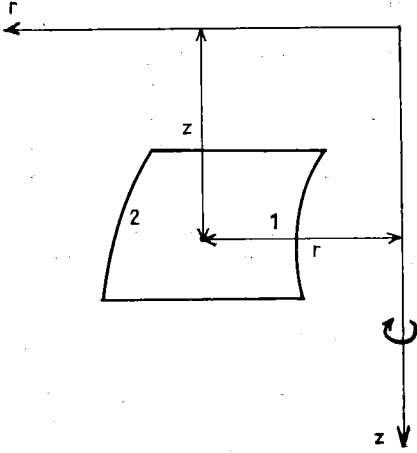
$$y = \frac{1}{(z_2 - z_1)} \cdot (2 \cdot z - z_1 - z_2) \quad (16.b)$$

bağımsız koordinatları kullanılmıştır. (16) ifadelerinden de görülebileceği gibi x, r ve z'tin fonksiyonu olmasına rağmen y yalnız z'tin fonksiyonudur. Bu çalışmada, Şekil 4. de gösterilen 6 düğüm noktalı sabparametrik dörtgen bir sıvı eleman kullanılmıştır. Şekilde görülen 5 ve 6 düğümleri kenarların ortasında alınmışlardır.

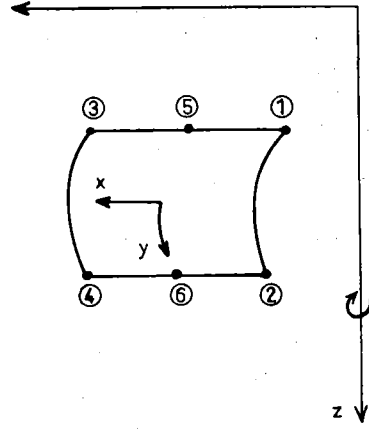
Bir sıvı elemanın rijitlik matrisi ve hareket vektörü,

$$\Phi = \frac{1}{2} \cdot \int \left[ \left( \frac{\partial p}{\partial r} \right)^2 + \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{m}{r} p \right)^2 \right] dV + \int \rho_f \cdot \ddot{u}_n \cdot p \cdot dC \quad (17)$$

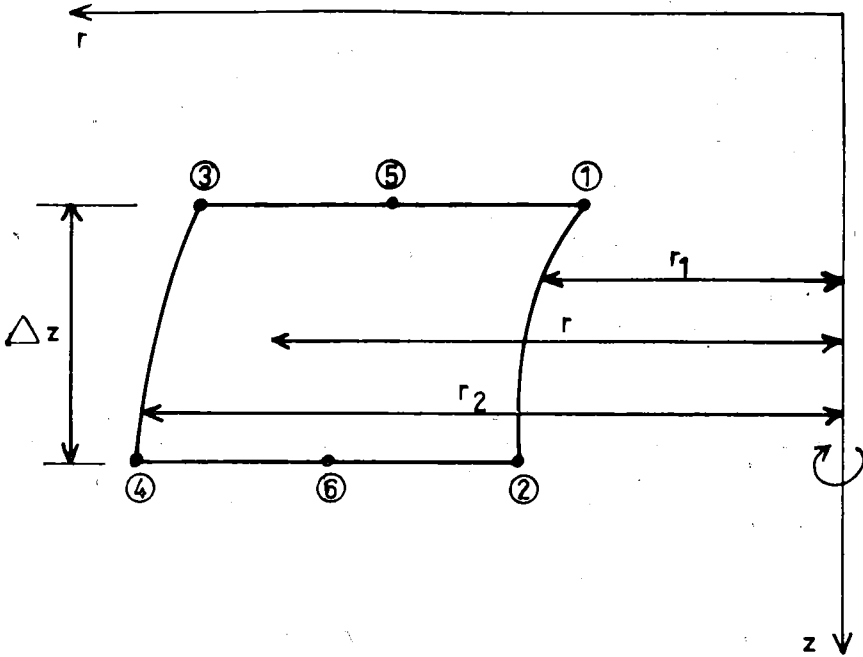




ŞEKİL 3. - Eğri kenarlı dörtgen eleman



ŞEKİL 4. - Sabparametrik sıvı eleman



ŞEKİL 5. - Sıvı elemanın geometrik değerleri

ifadesinin p ye göre minimum olma şartından elde edilir. Bu ifade, p hidrodinamik basıncı, dV hacim ve dC hareketli yüzey elemanlarını,  $\rho_f$  sıvının yoğunluğunu ve  $\ddot{u}_n$  hareketli yüzeyin ivmesini göstermektedir. Hidrodinamik basınç, düğüm noktalarındaki basınç cinsinden

$$p = \sum_{i=1}^j N_{fi} \cdot p_i \quad (18)$$

olarak gösterilebilir. Burada  $N_{fi}$  sıvı elemanın i. ninci şekil fonksiyonu,  $p_i$  i. ninci düğüm noktasındaki hidrodinamik basınç ve j ise düğüm noktalarının toplam sayısıdır. Vektörel olarak (18) ifadesi,

$$p = \{N_f\}^T \cdot \{p_f\} \quad (19)$$

şeklinde yazılabilir. (19) ifadesini (17) ifadesinde yerine koyar ve ifadenin  $\{p_f\}$  ye göre türevini sıfıra eşitlersek rijitlik matrisi olarak,

$$[k_f] = \frac{\pi}{4} \cdot \Delta z \cdot \int_{-1}^{+1} \int_{-1}^{+1} r \cdot (r_2 - r_1) \cdot [B_f]^T \cdot [B_f] \cdot dx \cdot dy \quad (20)$$

ve hareket vetörü olarak da,

$$\{f_f\} = -2 \cdot \pi \cdot \int \rho_f \cdot r_s \cdot \{N_{fb}\} \cdot \ddot{u}_n \cdot ds \quad (21)$$

formülleri elde edilir. Bu forfüllerde  $r_s$  hareket eden yüzeyin yarı çapını, ds meridyen doğrultusundaki boy elemanını ve  $\{N_{fb}\}$  ise  $\{N_f\}$  vektörünün ara yüzeyde aldığı özel bir durumunu göstermektedir.  $\Delta z$ ,  $r_1$  ve  $r_2$  Şekil 3. de gösterildiği gibidir.

$\{N_f\}$  vektörünün elemanları,

$$\begin{aligned} N_{f1} &= \frac{1}{4} \cdot x \cdot (x-1) \cdot (1-y), \\ N_{f2} &= \frac{1}{4} \cdot x \cdot (x-1) \cdot (1+y), \\ N_{f3} &= \frac{1}{4} \cdot x \cdot (x+1) \cdot (1-y), \\ N_{f4} &= \frac{1}{4} \cdot x \cdot (x+1) \cdot (1+y), \end{aligned} \quad (22)$$

$$N_{f5} = \frac{1}{2} \cdot (1-x^2) \cdot (1-y),$$

$$N_{f6} = \frac{1}{2} \cdot (1-x^2) \cdot (1+y),$$

fonksiyonları ile verilmiştir. Denklem (20) de kullanılan  $[B_f]$  matrisi ise Tablo 1. de sunulmuştur. Bu tabloda kullanılan r ve f (z) değerleri,

$$r = \frac{1}{2} \cdot \left[ (r_2 - r_1) \cdot x + (r_2 + r_1) \right] \quad (24)$$

$$f(z) = \frac{1}{\begin{pmatrix} r_2 - r_1 \\ 2 \quad 1 \end{pmatrix}} \cdot \left[ x \cdot \left( \frac{\partial r_1}{\partial z} - \frac{\partial r_2}{\partial z} \right) - \left( \frac{\partial r_1}{\partial z} + \frac{\partial r_2}{\partial z} \right) \right] \quad (25)$$

olarak tarif edilmişlerdir. Rijitlik matrisi ve hareket vektörü Gauss quadrature formülü kullanılarak nümerik entegrasyonla hesaplanmıştır. Yapılan incelemelere göre 3 Gauss noktası bu nümerik entegrasyonlarda kafi derecede doğru neticeler vermektedir.

Rijitlik matrisi ve hareket vektörü bulunduktan sonra bir elemanın hidrodinamik denge denklemi  $[k_f] \cdot \{p_f\} = \{f_f\}$  (26)

şeklinde yazılır. Bütün sıvı bölgesi içinde denge denklemi

$$[K_f] \cdot \{P_f\} = \{F_f\} \quad (27)$$

şeklini alır. Denklem (21) den de görülebileceği gibi hareket vektörü, sıvı içinde hareket eden yüzeyin  $\ddot{u}_n$  ivmesine bağlıdır. Dolayısıyla bu vektör ancak bilinen normal ivmeler altında bulunabilir. Normal ivme şu ivmelerin toplamı olarak hesaba girer :

a) Yapı - sıvı sistemi depreme maruz kaldığı zaman yerin ivmesi. Bu ivme yapıya yalnız dıştan etkiyen hidrodinamik kuvvetler verir.

b) Yapının eğilebilme özelliği hesapta dikkate alındığında yapının titreşim ivmesi. Bu ivme yapı - sıvı arasındaki titreşim problemini doğurur. Her iki durum Şekil 6. da açık olarak gösterilmiştir.

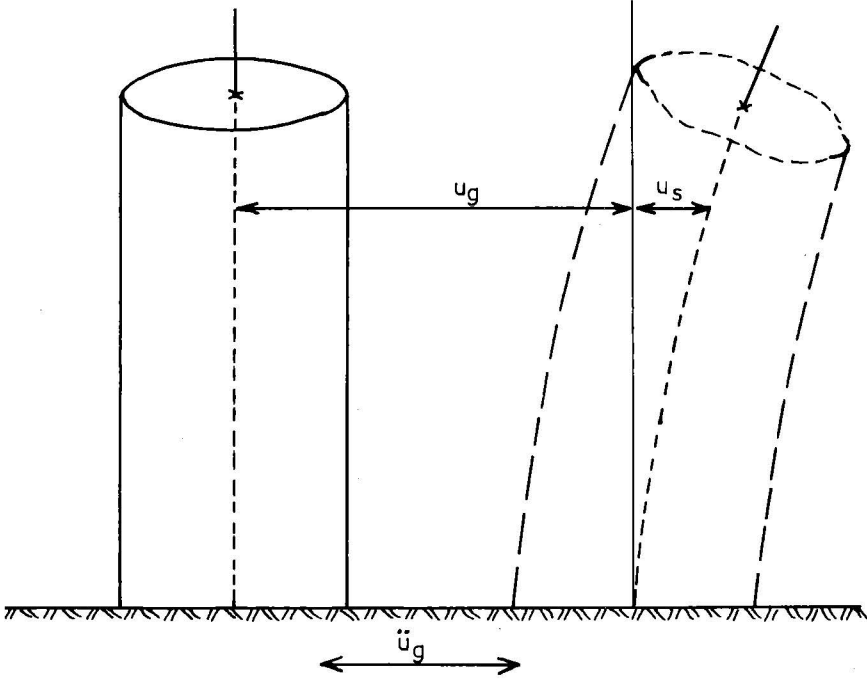
## 7. DEPREMDEN DOLAYI MEYDANA GELEN HAREKET VEKTÖRÜ VE YAPI - SIVI ARA ETKİSİ

Hareket vektöründeki normal ivme, deprem halinde yer ivmesi cinsinden ifade edilebilir. Şekil 7. de görüldüğü gibi dönel ince bir kabuk, deplasmanı  $u_r$  olan yatay yer hareketine maruz kalsın. Kabuğa teğet ve radyal doğrultular-daki yer deplasman bileşenleri,

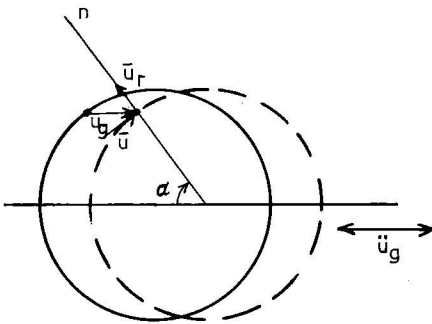
$$\begin{aligned} \bar{u} &= u_r \cdot \sin \alpha \\ \bar{u}_r &= -u_r \cdot \cos \alpha \end{aligned} \quad (28)$$

$-\frac{m}{r} \cdot N_{f1}$	$-\frac{m}{r} \cdot N_{f2}$	$-\frac{m}{r} \cdot N_{f3}$	$-\frac{m}{r} \cdot N_{f4}$	$-\frac{m}{r} \cdot N_{f5}$	$-\frac{m}{r} \cdot N_{f6}$
$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f1}}{\partial x}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f2}}{\partial x}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f3}}{\partial x}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f4}}{\partial x}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f5}}{\partial x}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f6}}{\partial x}$
$(r_2 - r_1)$	$(r_2 - r_1)$	$(r_2 - r_1)$	$(r_2 - r_1)$	$(r_2 - r_1)$	$(r_2 - r_1)$
$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f1}}{\partial x}$	$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f2}}{\partial x}$	$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f3}}{\partial x}$	$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f4}}{\partial x}$	$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f5}}{\partial x}$	$f(z) \cdot \frac{\partial N_{f6}}{\partial x}$
+	+	+	+	+	+
$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f1}}{\partial y}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f2}}{\partial y}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f3}}{\partial y}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f4}}{\partial y}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f5}}{\partial y}$	$\frac{2}{\Delta z} \cdot \frac{\partial N_{f6}}{\partial y}$

[B<sub>f</sub>] =



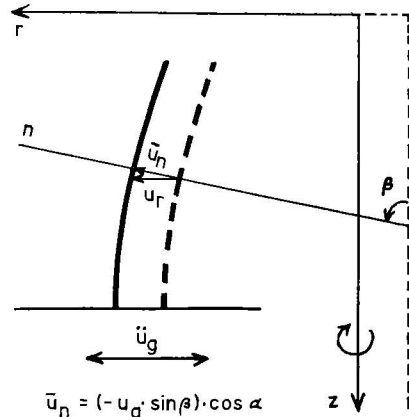
ŞEKİL 6. - Yer hareketinden dolayı yapının deformasyonları



$$\bar{u}_r = -u_g \cos \alpha$$

$$\bar{u}_t = u_g \cdot \sin \alpha$$

(a)



$$\bar{u}_n = (-u_g \cdot \sin \beta) \cdot \cos \alpha$$

(b)

ŞEKİL 7. - Yer hareketinden dolayı yapının deformasyon bileşenleri

olarak yazılabilir. Burada  $\alpha$  açısı yer hareketi doğrultusundan itibaren ölçülmüştür. Radyal deplasmanın kabuk yüzeyine dik bileşeni,

$$\ddot{u}_n = (-\dot{u}_r \sin\beta) \cdot \cos\alpha \quad (29)$$

şeklinde yazılabilir. Bu ifadelerden de görülebileceği gibi depremde yapı yalnız 1. Fourier periyodunda titreşir. Yer hareketinin düşey bileşeni ise yapıyı simetrik olarak titreştirir. Diğer bir tabirle, titreşim  $\alpha$  nın fonksiyonu değildir.

Yatay yer hareketinden dolayı normal ivme (29) ifadesini kullanarak,

$$\ddot{u}_n = -\dot{u}_r \sin\beta \quad (30)$$

olarak, türetilir. Bu ivme (21) ifadesinde yerine koyulursa hareket vektörü,

$$\{f_f\} = 2 \cdot \pi \cdot \dot{u}_r \cdot \int \rho_F r_s \sin\beta \cdot \{N_{fb}\} \cdot ds \quad (31)$$

şeklinde elde edilir. Burada  $\{N_{fb}\}$  vektörü, şekil fonksiyon matrisinin özel bir durumu olup  $\{P_f\}$  ile çarpıldığı zaman yapıya etkileyen hidrodinamik basıncı verir. Bu vektörün iki durumu söz konusu olabilir.

a) Sıvının yapıyı kuşatması hali, Şekil 8. Bu durumda.

$$\{N_{fb}\}^T = \frac{1}{2} \cdot [(1-y), (1+y), 0, 0, 0, 0] \quad (32)$$

şeklinde yazılabilir.

b) Sıvı yapının içinde olması hali, Şekil 9. Bu durumda.

$$\{N_{fb}\}^T = \frac{1}{2} \cdot [0, 0, (1-y), (1+y), 0, 0] \quad (33)$$

olarak yazılabilir. Hareket vektöründeki ds boy elemanı kabuk geometrisinden,

$$ds = \frac{dz}{\sin\beta} \quad (34)$$

şeklinde yazılabilir. Boyutsuz kordinatlarda bu boy elemanını,

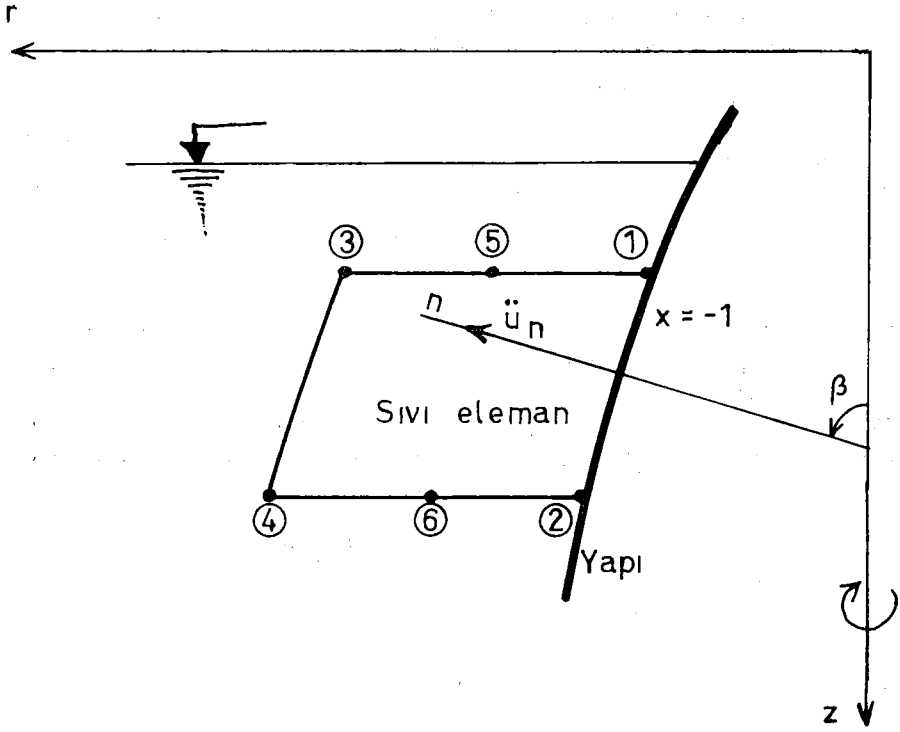
$$ds = \frac{\Delta z}{2 \cdot \sin\beta} \cdot dy \quad (35)$$

olarak ifade etmek mümkündür. Bu boy elemanı (31) ifadesinde yerine koyulursa depremden dolayı meydana gelen hareket vektörü,

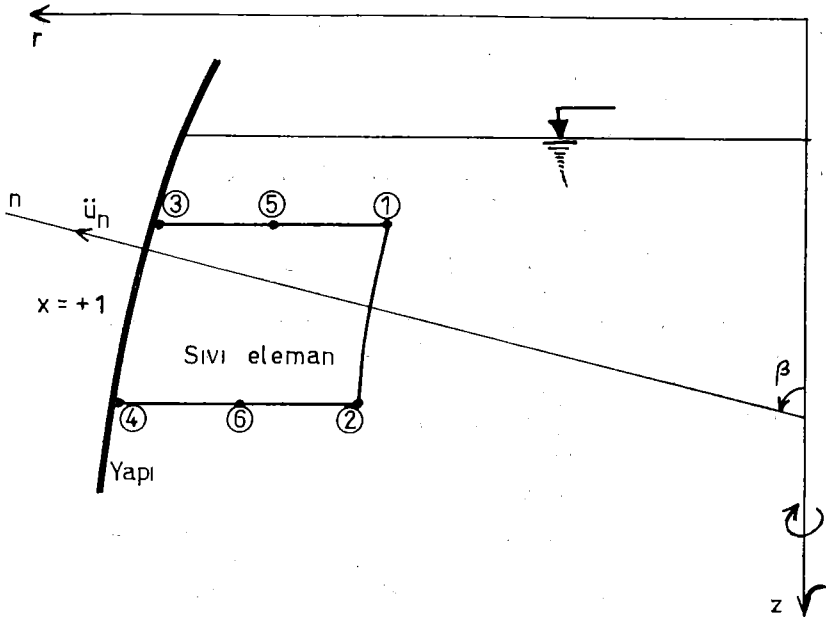
$$\{f_f\} = \pi \cdot \Delta z \cdot \dot{u}_r \cdot \int_{-1}^{+1} \rho_F r_s \cdot \{N_{fb}\} \cdot dy \quad (36)$$

ifadesiyle elde edilmiş olur.

Yapının kendi titreşim ivmesinden dolayı elde edilecek hareket vektörü yukardaki kadar basitçe ifade edilemez. Bu durumda hareket vektöründeki  $\ddot{u}_n$  ivmesi, yapının normal doğrultudaki titreşim ivmesi ile aynı olmalıdır. Diğer bir



ŞEKİL 8. - Sıvının yapıyı kuşatması hali



ŞEKİL 9. - Sıvı yapının içinde olması hali

tabirle,

$$\ddot{u}_p = \ddot{w} \quad (37)$$

olmalıdır. Yapının  $w$  ivmesi, sonlu elemanlar kullanıldığına göre

$$\ddot{w} = \{N_w\}^T \cdot \{d_z\} \quad (38)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $\{N_w\}$ , yapının normal doğrultudaki şekil fonksiyon vektörüdür.  $\{d_z\}$  ise yapının düğüm nokta deplasmanları vektörüdür. Yapının şekil fonksiyonları üçüncü dereceden seçilirse  $\{N_w\}$  vektörü,

$$\{N_w\} = \begin{bmatrix} 0 \\ N_1 \cdot \cos\beta \\ N_1 \cdot \sin\beta \\ 0 \\ N_3 \cdot (\sin\beta \cdot \cos\beta_1 - \cos\beta \cdot \sin\beta_1) \\ -N_3 \cdot (\sin\beta \cdot \sin\beta_1 + \cos\beta \cdot \cos\beta_1) \\ 0 \\ N_2 \cdot \cos\beta \\ N_2 \cdot \sin\beta \\ 0 \\ N_4 \cdot (\sin\beta \cdot \cos\beta_2 - \cos\beta \cdot \sin\beta_2) \\ -N_4 \cdot (\sin\beta \cdot \sin\beta_2 + \cos\beta \cdot \cos\beta_2) \end{bmatrix} \quad (39)$$

olarak yazılabilir.

Burada  $\beta_1$  ve  $\beta_2$  dönel kabuk elemanın düğüm noktalarındaki meridyen açılarıdır.  $N_i$  ( $i=1, 2, 3, 4$ ), kabuk elemanın şekil fonksiyonları olup yalnızca  $y$  boyutsuz koordinatına bağlıdır. (38) ifadesi (21) ifadesinde kullanırsa hareket vektörü, şekilde düzenlenebilir. Bu ifade daha basit olarak,

$$\{f_f\} = -[s_f] \cdot \{\ddot{d}_z\} \quad (41)$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $[s_f]$  matrisi

$$[s_f] = 2 \cdot \pi \cdot \int \rho_f \cdot r_s \cdot \{N_{fb}\} \cdot \{N_w\}^T \cdot ds \quad (42)$$

ile tarif edilmiştir. Yapıya etkiyen hidrodinamik basınç,

$$p = \{N_{fb}\}^T \cdot \{p_f\} \quad (43)$$

ile verilmiş olup yayılı bir yük olarak düşünülürse kabuk elemanın yük vektörü,

$$\{p\} = \frac{1}{2 \cdot \rho_f} \cdot [s_f]^T \cdot \{p_f\} \quad (44)$$

ifadesiyle bulunabilir.  $[k]$  yapı elemanın rijitlik matrisi,  $[m]$  kütle matrisi ve  $[c]$  de sönüm matrisi olduğuna göre hareket denklemi

$$[k] \cdot \{d_z\} + [c] \cdot \{\dot{d}_z\} + [m] \cdot \{d_z\} = \{p\} \quad (45)$$

olarak yazılabilir [20]. Bu denklemedeki yük vektörü yerin (44) ifadesiyle ve-



rilen yük vektörü kullanılırsa, yapı-sıvı ilişki problemi,

$$[k] \cdot \{d_z\} + [c] \cdot \{\dot{d}_z\} + [m] \cdot \{\ddot{d}_z\} = \frac{1}{2 \cdot \rho_f} \cdot [s_f]^T \cdot \{p_f\} \quad (46.a)$$

$$[k_f]^T \cdot \{p_f\} = -[s_f] \cdot \{d_z\} \quad (46.b)$$

denklemleri ile ifade edilmiş olur Bu. iki

denklemleri tek bir denklem haline getirmek mümkündür. Fakat sistemin kütle matrisi band olmayan yeni bir şekle gireceğinden bu tek denklemin çözümü bilgisayarda hafıza ve zaman kaybına sebep olur. Problemi daha ekonomik bir şekilde çözmek için iteratif çözüm yöntemleri kullanılır.

### 8. SİSTEMİN ÖZ FREKANS VE MODLARININ HESABI

Yapı ve sıvıdan oluşan bir sistemin özel değer problemi,

$$[K] \cdot \{D\} = \omega^2 \cdot [M] \cdot \{D\} + \frac{1}{2 \cdot \rho_f} \cdot [s_f]^T \cdot \{P_f\} \quad (47. a)$$

$$[K_f] \cdot \{P_f\} = \omega^2 \cdot [s_f] \cdot \{D\} \quad (47. b)$$

denklemleri ile ifade edilir. Sıvının yapı titreşimine iştirak eden kütle matrisi,

$$[M]_a = \frac{1}{2 \cdot \rho_f} \cdot [s_f]^T \cdot [K_f]^{-1} \cdot [s_f] \quad (48)$$

formülü ile hesaplanır. Bu kütle matrisi sistemin özel değer probleminde gözönünde tutulursa (47) denklemleri tek bir denklem olarak,

$$[K] \cdot \{D\} = \omega^2 \cdot ([M] + [M]_a) \cdot \{D\} \quad (49)$$

şeklinde yazılabilir.  $[M]_a$  simetrik fakat band olmayan bir matris olup kurulması da bilgisayarda zaman kaybına sebep olur. Dolayısıyla (49) denklemini çözmek ekonomik bir yol değildir. Bunun yerine, aşağıda algoritması verilen iteratif bir yöntem kullanmak mümkündür.

- Yapı sisteminin  $\{X_f\}$  mod vektörünü seç,
- Sistemin mod vektöründen yapı elemanlarına ait mod vektörlerini bul,
- Denklemleri (41) ri kullanarak her sıvı elemanı için hareket vektörünü hesapla,

- d) Sıvı sisteminin hareket vektörünü elemanların hareket vektörlerinden kur,
- e) Denklem (27) yi çözerek hidrodinamik basınç vektörünü hesapla,
- f) (e) de hesaplanan hidrodinamik basınç vektöründen, yapı - sıvı arakesitinde bulunan sıvı elemanlarına ait hidrodinamik basınç vektörlerini bul,
- g) Denklem (44) dü kullanarak her yapı elemanı için yük vektörünü hesapla,
- h) Yapı sistemine ait yük vektörünü elemanların yük vektörlerinden kur,
- i)  $\{Y_1\} = [M] \cdot \{X_1\}$  vektörünü hesapla,
- j) (h) de bulunan yapı sistemine ait yük vektörünü  $\{Y_1\}$  vektörü ile topla ve toplam vektörü  $\{Y_1\}$  vektörüne yerleştir,
- k)  $\{Z_1\} = [K]^{-1} \cdot \{Y_1\}$  denklemini çöz,
- l)  $\{Z_1\}$  vektörünü, en büyük elemanı +1 olacak şekilde normalize et,
- m)  $\{X_1\}$  vektörüne normalize edilmiş  $\{Z_1\}$  vektörünü yerleştir ve (b) ye git,
- n) İstenilen yaklaşım elde edilinceye kadar hesaplara devam et.

## 9. SAYISAL ÖRNEKLER

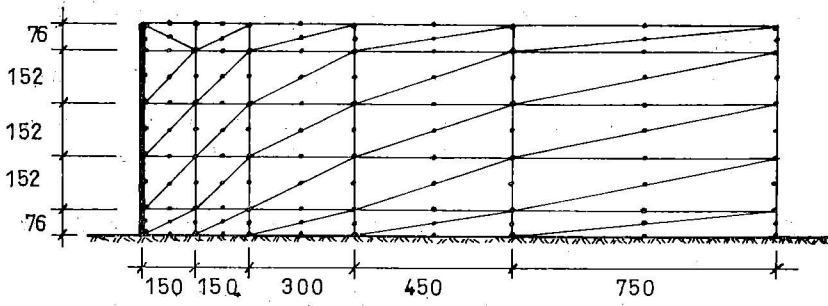
- a - ) Düşey bir duvara ve silindirik kabuklara etkiyen hidrodinamik basıncın hesabı

Bu örnekte düşey bir duvara ve duvarla aynı yükseklikte olan çeşitli silindirik kabuklara etkiyen hidrodinamik basınç hesaplanmıştır. Düşey duvarın yatay istikamette ve silindirlerin ise radyal istikamette birim şiddete haiz rijit cisim hareketi yaptıkları kabul edilmiştir. Ayrıca duvarın arkasında depolanan ve silindirleri kuşatan su kütlelerinin ise sonsuza uzandığı kabul edilmiştir. Silindirlerin yarı çapları sonsuza giderken, silindirlere ve düşey duvara etkiyen hidrodinamik basınçlar da birbirlerine yaklaşmalıdır. Tatbikatta,

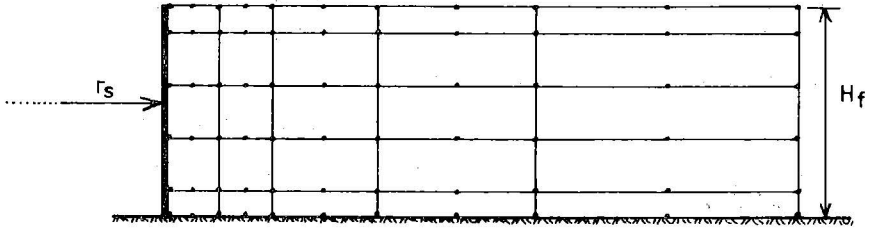
$$\frac{r_s}{H_f}$$

oranı kâfi derecede büyük seçilirse o silindir düşey bir duvar gibi düşünülebilir. Burada  $r_s$  silindirin yarıçapı ve  $H_f$  de silindiri kuşatan suyun yüksekliğidir. Bu örnekte çeşitli yarı çaplı silindirlere etkiyen hidrodinamik basınç incelenmiş olup düşey duvara etkiyen hidrodinamik basınçla mukayese edilmiştir.

Düşey duvara etkiyen hidrodinamik basınç, iki boyutlu Laplace denkleminin üçgen elemanlar kullanılarak çözülmesi ile bulunmuştur. Sistemin sonlu elemanlar ağı Şekil 10. a'da gösterilmiştir. Aynı problemin Ref. [14] den alınan analitik çözümü, burada bulunan netice ile mukayese edilmiştir. Analitik çözüm, Westergaard'ın [1] ve Chopra'nın [3] hesap yöntemleri kullanılarak bulunmuştur. Sonlu elemanlar yönteminde, duvarın arkasındaki su haznesinin boyu duvar yüksekliğinin üç misli alınmıştır. Analitik çözüm neticesi ile sonlu elemanlar çözüm neticesi Şekil 11. den de görülebileceği gibi birbirlerine çok

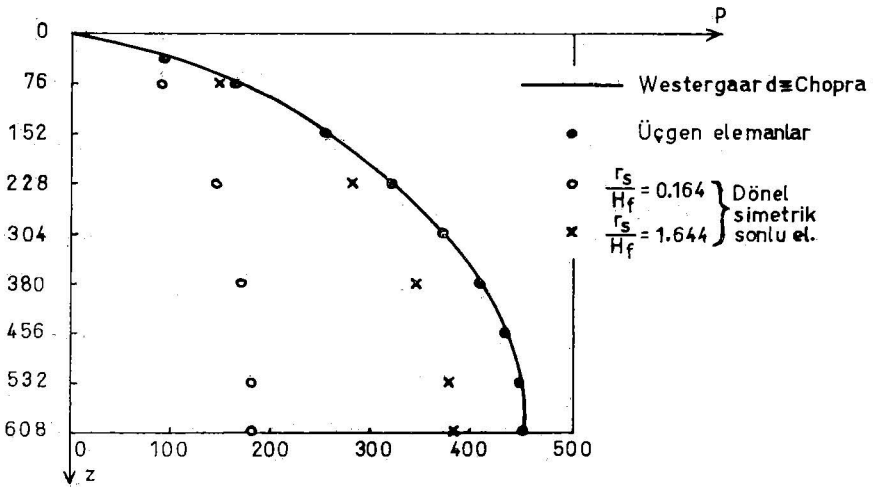


a - Düşey bir duvar arkasındaki su kütlesinin sonlu elemanlar ağı



b- Silindireli kuşatan su kütlesinin sonlu elemanlar ağı

ŞEKİL 10.



ŞEKİL 11. - Düşey bir duvara ve silindireli etkiyen hidrodinamik basınçlar

yakındırlar. Ref. [14] de yapılan incelemelere göre su haznesi boyunca bulunan hidrodinamik basıncın kabul edilen hazne boyunda tamamen sönmüş olduğu görülmüştür. Dolayısıyla hazne boyu olarak duvar yüksekliğinin üç mislini almak yerinde bir karardır.

Çeşitli yarı çaplara haiz silindirlere ve etkiyen hidrodinamik basınç dönel simetrik sonlu elemanlar kullanılarak hesaplanmıştır. İdealize edilen su kütle-sinin boyutları düşey duvarın arkasındaki su haznesi ile aynı alınmıştır. İdealize edilmiş sistem ve sonlu elemanlar ağı Şekil 10.b'de gösterilmiştir. Yarı çapları farklı iki silindire etkiyen hidrodinamik basınç, düşey duvara etkiyen hidrodinamik basınç ile Şekil 11. de mukayese edilmiştir. Ref. [7] de yapılan bir

araştırmaya göre  $\frac{r_s}{H_f}$  oranının küçülmesi ile daha dik hidrodinamik basınç

eğrileri elde edildiği görülmüştür. Şekil 11. den de görüldüğü gibi  $\frac{r_s}{H_f}$  oranının büyümesi ile silindirlere etkiyen hidrodinamik basınç, düşey duvara etkiyen

hidrodinamik basınca yaklaşmaktadır. Çeşitli  $\frac{r_s}{H_f}$  oranlarına göre hesaplanan hidrodinamik basınçlar Tablo 2. de mukayese edilmiştir.

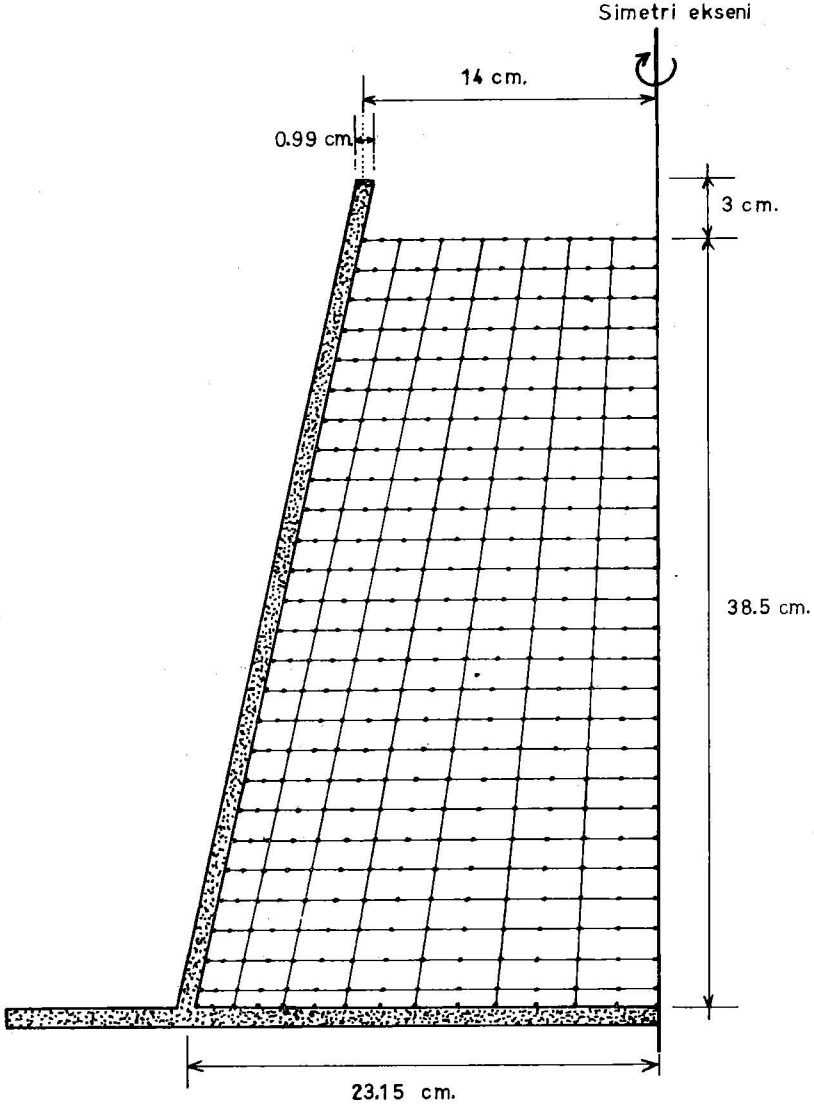
**Tablo 2. Yarı çapları farklı silindirlere ve düşey bir duvara etkiyen hidrodinamik basınçlar. z su yüzeyinden itibaren ölçülmüştür.**

$r_s/H_f$	Dönel dörtgen elemanlar					Düşey duvar
	0.16447	1.64474	3.28947	4.93421	13.15789	Üçgen elemanlar
z						
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
76	-89.52	-147.89	-155.80	-158.79	-162.86	-160.58
228	-145.38	-278.96	-298.87	-306.50	-316.93	-321.63
380	-169.32	-346.59	-374.26	-384.93	-399.56	-407.40
532	-179.19	-376.71	-408.18	-420.35	-437.07	-446.65
608	-180.36	-380.34	-412.28	-424.64	-441.62	-451.39

$r_s$  : Silindir yarıçapı,  $H_f$  Silindirleri kuşatan suyun yüksekliği

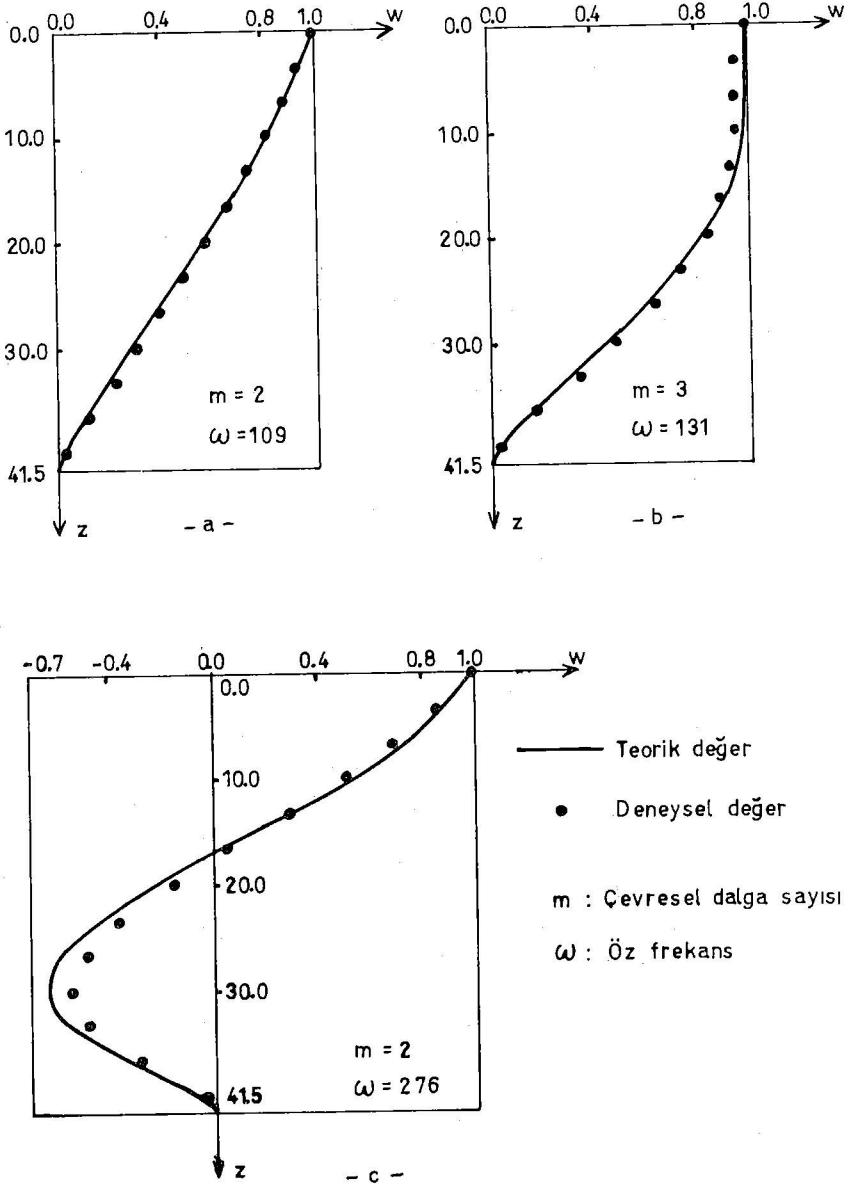
b - ) Araldite'den yapılmış ve içinde su bulunan bir koni modelin öz titreşim analizi

Araldite malzemesinden yapılan ve detayları Ref. [19] da verilen bir kesik koni modelin öz titreşim problemi deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Koni-nin dar tarafı açık olup geniş tarafından tabana ankastre edilmiştir. Bu koni, Şekil 12. de de gösterildiği gibi tepesinden 3 cm. aşağısına kadar su ile doldurulmuştur. Sistemin deneysel olarak elde edilebilen [19] mod şekilleri ve öz frekansları sonlu elemanlar yöntemi ile hesaplanarak deneysel değerlerle mukayese edilmiştir. Sonlu elemanlar ağı Şekil 12. de gösterildiği gibidir. Deneysel ve teorik olarak bulunan öz frekanslar Tablo 3. de mukayese edilmiştir. En büyük hata, m çevresel titreşimin dalga sayısı ve n de meridyen doğrultusundaki

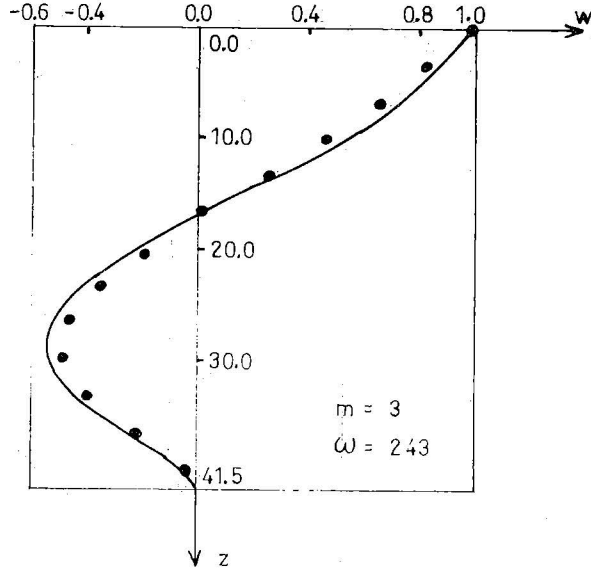


ŞEKİL 12. - Dönel kabuk model ve içindeki su kütlesinin sonlu el. ağı

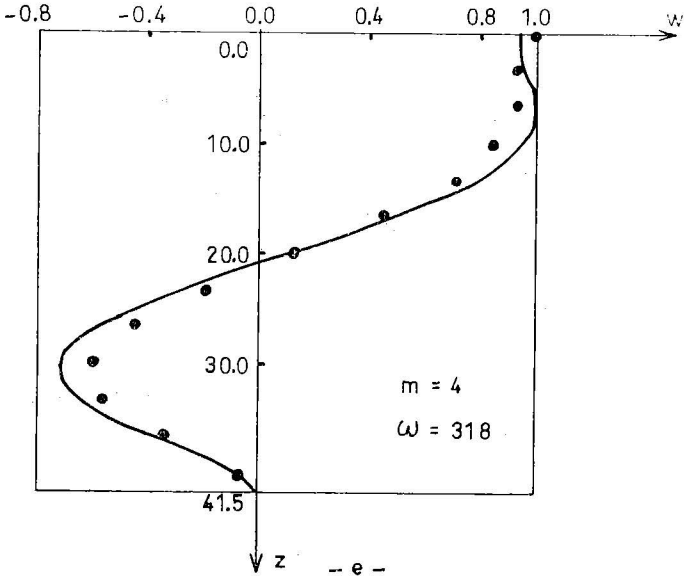
titreşim mod sayısı olmak üzere,  $m = 4$  ve  $n = 2$  moduna tekabül eden öz frekansta görülmektedir. Bu hata % 10 civarındadır. Diğer mod şekilleri için hata oranı % 7.4 den daha küçüktür. Koninin hesapla ve deneyle bulunan meridyen doğrultusundaki modları Şekil 13. de mukayese edilmiştir. Şekillerden de görülebileceği gibi deneysel ve teorik neticeler birbirlerine oldukça yakındırlar.



ŞEKİL 13.- Dönel kabuk modelin meridyen doğrultusundaki mod şekilleri



- d -



- e -

ŞEKİL 13.- Dönel kabuk modelin meridyen doğrultusundaki mod şekilleri

Su kütlelerinin titreşime etkisini göstermek amacı ile aynı konik kabuk model boş iken incelenmiş ve bulunan değerler, model su ihtiva ettiği zaman bulunan değerlerle mukayese edilmiştir. Bu mukayesede yalnızca teorik değerler kullanılmıştır. İlk 4 öz titreşim moduna tekabül eden frekanslar Tablo 4. de sunulmuştur. Bu tablodan da görülebileceği gibi su kütleleri, modelin öz frekanslarını oldukça azaltmaktadır. Eğer tablo 4. incelenirse görülür ki su kütlelerinin kabuk titreşimine etkisi, titreşim modlarının büyümesiyle küçülür. Sıvı ile dolu silindirik kabuklar için titreşime iştirak eden sıvı kütleleri,

$$m_f = \frac{\rho_f \cdot r}{[m + \frac{1}{4}(\pi r/L)^2 + \dots]} \quad (50)$$

formülü ile bulunabilir [21]. Burada  $\rho_f$  sıvının yoğunluğu,  $m$  çevresel titreşimin dalga sayısı ve  $L$  de aksel dalga boyunun yarısıdır. Bu denklem, titreşim mod sayıları büyüdükçe küçük  $m_f$  değerleri verir. Bu durum Lindholm ve arkadaşları [22] tarafından da belirtilmiştir. Su kütlelerinin titreşim modlarına etkisi Şekil 14. de gösterilmiştir. Öz frekansların büyük ölçüde değişmesine rağmen, mod şekilleri aynı oranda değişmeyip değişim oranı frekanslardakinden daha azdır.

Tablo 3. — Konik modelden elde edilen neticeler.

n	m	Öz frekanslar (devir/saniye)		
		Teorik değerler	Deneyisel değ.	Sönüm kat sayısı %
1	2	105	109	2.07
	3	122	131	2.25
	2	261	276	2.25
2	3	234	243	2.67
	4	289	318	2.52

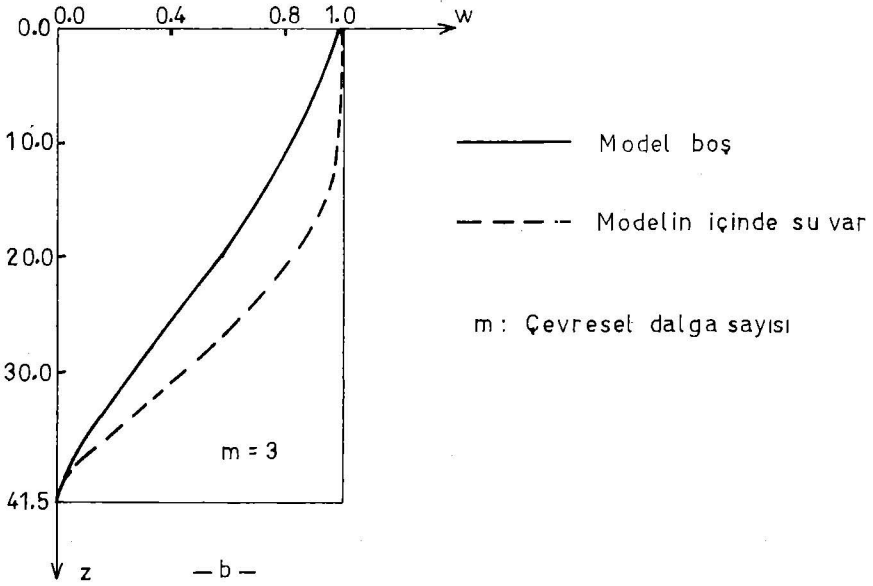
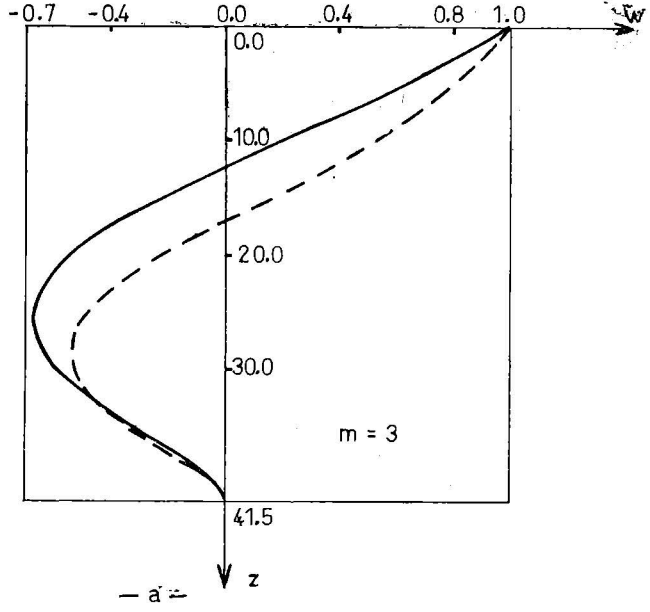
n : Meridyen doğrultusundaki titreşim mod sayısı  
m : Çevresel titreşimin dalga sayısı

Tablo 4. — Konik modelden elde edilen öz frekansların mukayesesi

n	(devir/saniye)							
	1	2		3		4		
m	Boş iken	Su varken	Boş iken	Su varken	Boş iken	Su varken	Boş iken	Su varken
0	753	187	951	412	1171	575	1269	754
1	434	175	873	338	1104	511	1261	679
2	222	105	574	261	939	443	1190	627
3	249	122	453	234	783	408	1089	601
4	382	183	523	289	762	439	1070	631

n : Meridyen doğrultusundaki titreşim mod sayısı  
m : Çevresel titreşimin dalga sayısı





SEKIL 14.-Dönel kabuk modelin mod şekillerinin mukayesesi

## REFERANSLAR

1. Westergaard, H. M. "Water Pressures on Dams during Earthquakes" Trans. A.S.C.E. . Vol. 98, 1933.
2. Jacobsen, L. S. "Impulsive Hydrodynamics of Fluid inside a Cylindrical Tank and of Fluid surrounding a Cylindrical Pier" Bulletin of the Seis. of America, Vol. 39, 1949.
3. Chopra, A. K. "Earthquake Behaviour of Reservoir-Dam System" A.S.C. E. , EM 6, Vol. 96, 1968.
4. Chakrabarti, P., Chopra, A. K. "Earthquake Response of Gravity Dams including Reservoir Interaction Effects" University of California. Report No : EERC 72—6, Berkeley, 1972.
5. Finn, W. D.L. , Varoğlu, E. "Dynamics of Gravity Dam-Reservoir System" Computers and Structures, Vol. 3, 1973.
6. Perumalswami, P. R. , Kar, L. "Earthquake Behaviour of Arch Dam-Reservoir System" Proc. of the 5th. World Conf. on Earthquake Engineering, Rome, 1974.
7. Liaw, C-Y. , Chopra, A. K. "Earthquake Response of Axi-symmetric Tower Structures surrounded by Water" University of California, Report No : EERC 73-25, Berkeley, 1973.
8. Chandrasekaran, A. R. , Saini S. S. , Malhotra, M. M. "Hydrodynamic Pressure on Circular Cylindrical cantilever Structures surrounded by Water" Sym. on Earthquake Eng., 4th. Proc., Roorkee, 1970.
9. Selby, A. . , Severn R. T. "An Experimental Assessment of the Added Mass of some Plates vibrating in Water" Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 1, 1972.
10. Zienkiewicz, O. C. , Irons, B. , Nath, B. "Natural Frequencies of Complex, Free or Submerged Structures by the Finite Element Method" Sym. on Vibration in Civil Eng. , Butterworth. 1966.
11. Zienkiewicz, O. C. , Newton, R. E. "Coupled Vibrations of a Structure Submerged in a Compressible Fluid" Int. Sym. on Finite Element Techniques, Stuttgart, 1969.
12. Nath, B. "A Finite Element-Analogue Method for determining the Dynamic Characteristic of an Arch Dam-Reservoir System" Proc. of the 5th. World Conf. on Earthquake Engineering, Rome, 1974.
13. Holand, I. "Finite Elements for the Computation of Hydrodynamic Mass" Int. Sym. on Finite Element Techniques, Stuttgart, 1969.

14. Selby, A. R. "The Dynamics of Floating and Submerged Plate and Beam Structures" Ph. D. Thesis, Bristol University, 1972.
15. Goto, H., Toki, K. "Vibrational Characteristics and Aseismic Design of Submerged Bridge Piers" Proc. of the 3rd. World Conf. on Earthquake Engineering, New Zealand. 1965.
16. Clough, R. W. "Effects of Earthquakes on Underwater Structures" Proc. of the 2nd. World Conf. on Earthquake Engineering, Japan, 1960.
17. Lamb, H. "Hydrodynamics" Cambridge University Press, 1906.
18. Nath, B. "Dynamics of Structure-Fluid System" Advances in Hydrosience, Vol. 9, 1973.
19. Karadeniz, H. "The Theoretical and Experimental Dynamic Analysis of Thin Shells of Revolution" Ph. D. Thesis, Bristol University, 1976.
20. Hurty, W. C., Rubinstein, M. F. "Dynamics of Structures" Prentice-Hall, 1964.
21. Lakis, A. A., Paidoussis, M. P. "Free Vibration of Cylindrical Shells partially filled with Liquid" Journal of Sounds and Vibration, Vol. 19, 1971.
22. Lindholm, U. S., Kana, D. D., Abramson, H. N. "Breathing Vibrations of a Circular Cylindrical Shell with an Internal Liquid" Journal of the Aerospace Sciences, Vol. 29, No : 9, 1962.

## BATI TÜRKİYE'DE DEPREM ETKİNLİĞİ

(Eylül - Aralık 1976)

S. B. ÜÇER\*, E. ALSAN\*, N. ULUSAN\*, E. BAŞARIR\*,  
E. AYHAN\*, L. TEZUÇAN\*, C. KAPTAN\*

### SUMMARY

This report contains the epicentre determinations of 800 earthquakes occurred in Western Turkey and surrounding areas during the period September-December, 1976.

The data are from the 13 seismic stations which form the "Kandilli Observatory Network". Specifications related to these stations are given as a table in the text. These data are processed by computer, using the epicentre location program prepared in order to get origin time, epicentre location and magnitude of the earthquakes. In addition to first P arrivals, S arrivals are also taken to increase the data. Balkan crustal velocity model, which is prepared at the "Bureau Central International de Seismologie" under the direction of Prof. J. P. Rothé for the Project of the "Survey of the seismicity of the Balkan Region", is used in the computation.

For magnitude determination, the signal duration of the events on the records is used station magnitudes ( $M_B$ ) were calculated according to the formula given below :

$$M_B : a + b \log T + c \Delta$$

where T is the signal duration and  $\Delta$  epicentral distance. The average of the station magnitudes is adopted as the magnitude value of the earthquake and it is shown with  $M_R$ .

All determinations are listed in the text. This chronological list of earthquakes includes the origin time, location of epicentre and magnitude class (the classification goes from "a" to "f" and is for the va-

\*: Kandilli Rasathanesi Sismoloji Servisi.

lues  $4.0 \geq M_B \geq 2.0$  with a step of 0.5 unit) as the fundamental parameters of the shocks. In addition; root-mean - square error of the time residuals (RMS), number of stations used in the location (NS), solution quality (A : good, B : fair, C : poor) and if there are, the determinations of other Seismological Centres, such as U.S.G.S. and C.S.E.M., and macroseismic information about the earthquakes are given in this list.

Epicentres given in the list are plotted as monthly maps according to magnitude class and solution quality class. On these maps, the epicentre distributions in Western Turkey for the last four months of 1976 show two main seismically active areas where high concentration of epicentres are observed :

- 1) Emet area
- 2) İzmir - Karaburun area

Beside of these, some scatterings of epicentres can be distinguish in the region of investigation.

## GİRİŞ

Anadolu'nun depremselliğinin araştırılması ve Balkan Bölgesi Sismisite Etüdüleri Projesi çerçevesinde, Türkiye'nin özellikle batı kesiminde, 1970 yılından başlayarak, 12 adet kısa peryodlu ve yüksek duyarlılıklı deprem istasyonu kurulmuştur (Harita 1). Kuruldukları tarihten itibaren elde edilen deprem verileri, haftalık bültenler halinde Ulusal ve Uluslararası Merkezlere gönderilen bu istasyonlara ait bilgilerin değerlendirilmesi başlıca U.S.G.S. (U.S. Department of the Interior, Geological Survey), C.S.E.M. (Centre Seismologique Europeo-Meditertanean) ve I.S.C. (International Seismological Centre) tarafından yapılmış ve deprem parametreleri bu merkezlerin bültenlerinde veya kataloglarında yayınlanmıştır. Ancak bu merkezlerin değerlendirmelerinde;

- 1) Belli bir magnitüd sınırının altında kalan depremlerin alınmaması,
- 2) Bu sınırın üstünde olan depremlerin bazı istasyonlarca büyük rezidüel vermesi halinde, tayinlerde bu istasyonların verilerinin kullanılması,
- 3) I.S.C. nin yayınında, yabancı bir kaynak tarafından verilen Türkiye'ye ait bir episantr tayini bulunmasına karşın, bu depreme ait Türkiye sismik istasyon verilerinin bulunmaması,
- 4) Yukarıda adı geçen merkezlerin olayları zaman olarak, birhayli geriden izlemeleri

nedenleri ile, Kandilli Rasathanesi Sismoloji Bölümünce geliştirilen bilgisayar programı kullanılarak, depremlerin koordinatlarının, oluş zamanlarının ve büyüklüklerinin saptanmasının yararlı olacağı kanısına varılmıştır.

Böylece Batı Türkiye ve çevresinde ( $35.0^\circ - 42.0^\circ$  N,  $25.0^\circ - 32.0^\circ$  E) oluşan depremlerin incelenmesinde, magnitüd alt sınırı  $M_B : 2.0$  ye kadar inen şokların

tainileri yapıp, bunların magnitud ve episantr çözümünün güvenilirlik derecesine göre sınıflandırılmasıyla, dört aylık katalogların yayınlanması düşünülmüştür.

Bu yayınların;

- a) Batı Türkiye ve çevresindeki diri fay zonlarının saptanmasına,
  - b) Deprem etkinliğindeki değişimlerin yer ve zamana bağlı olarak izlenmesine
- yardımcı olacağı kamsındayız.

1976 yılının Eylül - Ekim - Kasım - Aralık aylarını kapsayan bu ilk yayında 800 deprem incelenmiştir.

### **KANDILLİ RASATHANESİ DEPREM İSTASYONLARI AĞI**

"Marmara Bölgesi Sismisite Projesi" uyarınca, 1970 yılında Kandilli Rasathanesine bağlı olarak Demirköy, Ezine, Dursunbey, Gölpazarı, Mengen ve 1972 yılında Edincik deprem istasyonları, 1973 ve 1974 yıllarında da "Balkan Bölgesi Sismisite Etüdüleri Projesi" gereğince İzmir, Bucak, Altıntaş, Elmalı ve Yerkesik deprem istasyonları kurulmuştur. Bu istasyonlara 1976 yılında Kavak deprem istasyonu ilâve edilmiştir.

Bu deprem ağında, büyütme değerleri 150.000 - 400.000 arasında değişen kısa peryodlu ve çok duyarlı düzey bileşen sismoğraf sistemleri bulunmaktadır.

Kandilli Rasathanesi Merkez İstasyonunda ve Batı Türkiye Deprem İstasyonlarında çalıştırılmakta olan sismoğraf sistemlerine ait özellikler Tablo : 1 de ve her istasyona ait deplasman büyütme eğrileri ise Şekil : 1 a - t de verilmektedir.

Ayrıca, bu istasyonların 1976 yılının son dört ayındaki çalışma durumlarını gösterir grafikler Şekil : 2 de verilmiştir. Bu grafiklerde istasyonların kayıt verdiği günler düz çizgi ile gösterilmiş, kayıt alınmayan günler ise boş bırakılmıştır.

### **PROGRAM**

Batı Türkiye'deki deprem etkinliğini izlemek için, Kandilli Rasathanesi Deprem Ağını meydana getiren 13 deprem istasyonunun verileri, aşağıda ana hatları açıklanan Bilgisayar Programı ile işleme sokularak ele alınan depremlerin oluş zamanları, episantrları ve magnitudleri hesaplanmıştır.

Kullanılan program ilk aşamada, deprem için hesaplanan yaklaşık parametrelerden (yaklaşık episantrın koordinatları ve yaklaşık oluş zamanı) hareketle, gerçek parametrelerin (gerçek episantrın koordinatları ve gerçek oluş zamanı) saptanması esasına dayanır. Yaklaşık parametrelerden gerçek parametrelere geçiş, aşağıda verilen şekilde düzenlenmiş istasyon denklemlerinin en küçük kareler yöntemiyle çözümlenip, gözlenen ilk varışlar ile hesaplanan teorik varışlar arasındaki farkı ifade eden R (rezidüel) lerin bir iterasyon yöntemiyle minimuma indirilmesi şeklinde olmaktadır (Flinn, 1966) :

$$(x_i - x_0) \Delta x + (y_i - y_0) \Delta y + (z_i - z_0) \Delta z - v_i^2 (t_i - t_0) \Delta t : R_i$$

$$R_i = \frac{1}{2} \left[ (x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 + (z_i - z_0)^2 - v_i^2 (t_i - t_0)^2 \right]$$

burada

i : 1, 2, 3, ..... n : İstasyon sayısı

$\Delta x$  :  $X - x_0$

$\Delta y$  :  $Y - y_0$

$\Delta z$  :  $Z - z_0$

$\Delta t$  :  $T - t_0$

olup; X, Y gerçek episantrın koordinatları, Z gerçek ocak derinliği, T ise gerçek oluş zamanıdır.  $x_0, y_0, z_0$  ve  $t_0$  ise bu parametrelere ait yaklaşık değerleri gösterirler. Bu hesaplamada istenilen, gerçek ve yaklaşık değerler arasındaki  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  ve  $\Delta t$  farklarının minimuma indirilmesidir. Çoğu kez gerçek değerlere erişmek için 4 iterasyon yeterli olmaktadır.

Yurdumuzdaki yer kabuğu hakkında yeterli bilgilerin olmaması nedeniyle, Balkan Bölgesi Sismisite Etüdüleri Projesi çerçevesinde "Bureau Central International de Séismologie" tarafından Balkan Bölgesi için ortaya konan kabuk modeli (Rothé, 1972) bu çalışmada Batı Anadolu için kullanılmıştır. İki tabakadan oluşan bu kabuk modelindeki sismik dalga hızları aşağıda verilmektedir :

$V(P_g) : 5.80 \text{ km/sn}$

$V(S_g) : 3.45 \text{ km/sn}$

$V(P_b) : 6.65 \text{ »}$

$V(S_b) : 3.85 \text{ »}$

$V(P_n) : 8.00 \text{ »}$

$V(S_n) : 4.55 \text{ »}$

Depremlerin ocak derinliklerinin mevcut kabuk yapısıyla çok sıkı ilişkili olması nedeniyle, ocak derinliği sabit tutulmuş ve deprem ocakları sığ kabul edilip, programdaki hesaplamalara ocak derinliği 10 km olan yol - zaman eğrileri uygulanmıştır. İlk P varışlarının yanı sıra, bilhassa yakın istasyonlar için, S varışları da kullanılmıştır.

Depremin magnitudü gene aynı program içinde, herbir istasyona ait kayıt üzerinden okunan depremin devam süresine bağlı olarak hesaplanmakta ve bu yolla elde edilen indirgenmiş  $M_B$  magnitudlerinin ortalaması alınmaktadır.

## DEPREM MAGNİTÜDLERİ

Batı Türkiye'nin depremselliğinin belirlenmesinde en önemli parametrelerden biri de, depremin büyüklüğünü veren magnitud değeridir. Kandilli Rasathanesinin merkez deprem laboratuvarında çalıştırılmakta olan Wood - Anderson torsiyon sismometresi yerel depremlerin magnitudlerinin bulunmasında kullanılmaktadır. Bu aletle ilgili olmak üzere (öz periyodu T : 0.8 saniye, sönüm sabiti h : 0.8, maksimum büyütmesi : 2800) yerel magnitud Richter (1935) tarafından tanımlanmıştır. Günümüzdeki teknolojik gelişimin sonucu olarak, çok duyarlı sismograf sistemleri ile mikro ve ultramikro depremlerin kaydedilme olanakları doğmuştur. Bu bakımdan deprem istasyonuna belirli bir uzak-

lığın ötesinde oluşan çok küçük magnitüdü depremleri, maksimum büyümesi 2800 olan böyle bir standart sismografla kaydetme olanakları mevcut değildir. Bu nedenle, Kandilli Rasathanesine bağlı deprem istasyonları ile kaydedilen çok sayıdaki küçük depremlerin büyüklüklerinin belirlenmesinde aşağıda açıklanan yöntem uygulanmıştır.

Genellikle depremlerin büyüklüklerinin belirlenmesinde sismogramlardaki P ve S dalgalarının veya yüzey dalgalarının maksimum genliklerinden yararlanılmaktadır. Gutenberg ve Richter (1956) tarafından ana hatları verilen bu yöntemin uygulanması, halen Kandilli Rasathanesi tarafından kullanılan çok duyarlı sismograf sistemlerinde bir takım sorunlar çıkarmaktadır. Özellikle mikro depremlerin kaydedilmesi amacıyla düzenlenen aletler ile çoğu kez yerin partikül hızına dayanan ve magnitüd hesabında gerekli olan maksimum genlik ve ona tekabül eden çok yüksek frekanstaki sismik dalganın periyodunu okumak mümkün olamamaktadır. Ayrıca, deprem istasyonuna yakın depremlerin kaydedilmesinde kayıt sistemindeki genliği traşlama devresinin var oluşu nedeniyle, gerçek genliği bulmak çoğu kez olanak dışıdır.

Bu durumlar gözönünde tutularak, ilk defa Bisztricsany (1958) ve daha sonra Lee (1972) tarafından geliştirilerek Amerika'da California depremlerine uygulanan, depremde oluşan sismik dalganın kayıt üzerindeki devam süresine bağlı;

$$M : a + b \log T + c \Delta$$

ile ifade edilen bağıntıdan yararlanılmıştır. Bu bağıntıda M magnitüdü,  $\Delta$  episantrın istasyona olan uzaklığını ve T ise kayıt üzerindeki devam süresini (duration) ifade etmektedir.

Yukarıda verilen bağıntıdaki katsayıların çözümlenmesinde, aşağıda açıklanan konular gözönünde tutulmuş ve bu bağıntı Kandilli Rasathanesine bağlı her deprem istasyonu için magnitüdülerin bulunmasında kullanılmıştır:

1) C. F. Richter tarafından tarif edilen yerel deprem magnitüd verilerinin günümüze kadar yeterli sayıda ve geniş bir magnitüd aralığında bulunmaması nedeniyle, daha ziyade U.S.G.S. (U.S. Department of the Interior, Geological Survey) tarafından verilen ve P dalgalarından bulunan  $M_B$  magnitüd değerleri veri olarak kullanılmıştır. U.S.G.S. tarafından verilen bu magnitüd değerleri, çoğu kez birçok deprem istasyonu tarafından elde edilen magnitüdülerin ortalamasıdır. Böylelikle gerçek magnitüde yaklaşım daha doğru olmaktadır. Bu bakımdan kayıt üzerindeki devam süresine dayanan bağıntının katsayılarının hesaplanmasında, en az üç istasyonun kullanılmasıyla ortalama değeri elde edilen P dalgalarının magnitüd değerlerinden faydalanılmıştır. Gerçekte hafif şiddetteki depremlerin belirlenmesinde, çoğu kez cisim dalgalarından elde edilen magnitüd değerleri daha iyi sonuçlar sağlamaktadır.

2) Her deprem istasyonu için bağıntıdaki katsayıların bulunmasına, en az 29 (Altıntaş istasyonu) en fazla 86 (İzmir istasyonu) veriden yararlanılmıştır.

3) Yer kabuğu içerisinde oluşan depremlere ait veriler kullanılmış olup, deprem ocağı 60 km den daha derin olan magnitüd verileri bu çalışmada ihmal edilmiştir.

4) Depremin kayıt süresi, ilk P varışından itibaren deprem dalgalarının genliğinin 2 mm. ye kadar azalmasına dek geçen zaman olup, saniye cinsinden



verilmiştir. Uygulamada sinyal - gürültü oranı, bilhassa bu okumalarda büyük rol oynamaktadır. Bu bakımdan, hernekadar genliğin daha büyük alınması daha duyarlı sonuçlar sağlayacak ise de, çok küçük magnitüdü depremleri belirlemede 2 mm. ilk genlik seçiminin yeterli olacağı düşünülmüştür.

5) Her deprem istasyonunun büyütme değerlerinin birbirine yakın oluşu çoğunlukla doğru sonuçların bulunmasına etken olmuştur. Bununla beraber çok yakında oluşan ve çok küçük magnitüdü depremlere ait verilerin az sayıda olması, öte yandan verilerin toplanması gerekli olan gözlem sürecinde 6.0 magnitüdün üzerindeki depremlerin hemen olmayışı, daha duyarlı bir bağıntının elde edilememesine neden olmuştur.

6) Episantr mesafesine bağlı olan c katsayısının her istasyonda birbirine yakın ve çok küçük değerlere sahip olması, magnitüd değerlerinin hesaplanmasında bu katsayının büyük bir etken olmadığını göstermektedir. Şekil 3 de mesafeye bağlı c katsayısı ihmal edilip, sadece sismik dalganın süresine bağlı olarak elde edilen İzmir deprem istasyonuna ait bağıntının grafiği görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı gibi, veriler  $M_B : 2.6$  ile  $M_B : 5.8$  magnitüdüleri arasındaki geniş bir aralığı kapsamaktadır. İki yıllık bir gözlem sürecinde elde edilen verilerle, her deprem istasyonuna ait magnitüd bağıntılarının katsayıları en küçük kareler yöntemiyle hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 2 de verilmiştir. Magnitüd tayininde, bu bağıntıların kullanılması halinde  $\pm 0.3$  hata ile depremin büyüklüğü bulunabilmektedir. Uygulama sonucu, herbir istasyon için bulunan magnitüdüdeki standart hata Tablo : 2 de verilmiştir. Ayrıca hesaplamalarda kullanılan veri sayısı ve bulunan en küçük ve en büyük  $M_B$  değerleri de ayrı bir sütunda gösterilmiştir.

7)  $M : a + b \log T + c \Delta$  bağıntısı, büyütmeleri yaklaşık olarak aynı seviyede olan deprem istasyonlarına uygulandığında, ilk bakışta aynı veya yakın a, b, c değerleri vereceği umut edilir. Fakat gerçekte bu durum, her istasyonun bulunduğu bölgenin jeolojik yapısı, episantr mesafesi, ocak derinliği ve aletsel özelliğe bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Sonuç olarak; daha uzun bir gözlem sürecinde, çok daha geniş bir magnitüd aralığını kapsayan verilerle ve ocak derinliğini de gözönünde tutmak suretiyle bu bağıntılardaki katsayıların değişebileceği açıktır. Bununla beraber, birçok depremde elde edilen magnitüd değerlerinin ortalamasının Uluslararası Sismoloji Merkezleri tarafından verilen magnitüd değerlerine çok yakın olduğu gözlenmiştir.

## DEPREM LİSTE VE HARİTALARININ AÇIKLANMASI

Çözümü yapılan depremler, tarih sırasına göre liste halinde verilmekte ve her aya ait deprem dağılımı harita üzerinde gösterilmektedir.

Listede depremlere ait bilgiler şu sıralama içinde verilmiştir:

Sütun 1 Ref. No. : Depremin referans numarası

- » 2 Tarih : Depremin oluş tarihi
- » 3 Oluş zamanı : Depremin başlangıç zamanı; saat, dakika ve saniye cinsinden GMT (Greenwich Mean Time) olarak verilmiştir.

- » 4 Episantrın koordinatları : Episantrın coğrafi enlem ve boylama derece ve onun yüzdesi cinsinden verilmiştir.
- » 5 Mag. sınıfı : Deprem için hesaplanan ortalama magnitüd 0.5 lik adımla giden bir magnitüd sınıflandırması içinde verilmiştir.
- » 6 RMS : Gözlenen ve teorik varışlar arasındaki zaman farklarının ortalama karekök hatasıdır.

$$RMS : \sqrt{\frac{\sum R_i^2}{N}}$$

R : Rezidüel  
N : Veri sayısı

- » 7 NS : İstasyon sayısı
- » 8 Çözüm kalite sınıfı : Episantr çözümünün güvenilirlik derecesine göre;

Çözüm kalite sınıfı	Episantr
A	iyi
B	orta
C	zayıf

şeklinde sınıflandırılması

- » 9 Not : Depreme ait makrosismik bilgiler ve aşağıdaki kaynaklarca verilen tayinler yer almaktadır.

U.S.G.S. : U.S. Department of the Interior, Geological Survey  
C.S.E.M. : Centre Seismologique Europeo - Mediterranee

Ayrıca, İstanbul - Kandilli (ISK) tarafından yapılan  $M_L$  ve programda hesaplanan kesin  $M_B$  (ortalama magnitüd) tayinleri de bu sütunda verilmektedir.

Depremler için tayin edilen  $M_B$  magnitüdüleri aşağıda görüldüğü şekilde sınıflandırılmışlardır.

#### Mag. sınıfı

a	$\overline{M}_B \geq 4.0$
b	$3.5 \leq \overline{M}_B < 4.0$
c	$3.0 \leq \overline{M}_B < 3.5$
d	$2.5 \leq \overline{M}_B < 3.0$
e	$2.0 \leq \overline{M}_B < 2.5$
f	$2.0 < \overline{M}_B$

Böylece magnitüdülerin belirlenmesi, listenin 5. sütununda, ele alınan sınıflandırma içinde yer aldığı magnitüd aralığına göre olmaktadır.

Bir depremin magnitüdü; onun muhtelif istasyonlardaki kayıt sürelerine bağlı olarak hesaplanan magnitüdülerin ortalaması olarak verildiğinden, orta-

lamaya az sayıda istasyon katılmışsa bunlardan elde edilen magnitudün güvenlik derecesi de az olmaktadır. Bu nedenle, deprem magnitudlerini 0.5 birimlik bir magnitud aralığı içinde göstermek yoluna gidilmiştir. Ancak, yeter sayıda istasyonla yapılan güvenilir tayinlerde, depremin ortalama magnitudü «Not» sütununda ayrıca verilmektedir. Genellikle  $\bar{M}_B > 3.5$  olan depremler için durum böyledir.

Episantr çözümündeki kalite sınıflandırması, çözümün RMS değeri ve çözümden kullanılan istasyon sayısı olan NS e bağlı olarak yapılmıştır. Bu yolla sınıflandırmanın nasıl yapıldığı aşağıdaki tabloda belirlenmiştir :

Tablo 3. — Çözüm kalite sınıflandırması

RMS	NS				
	$\geq 9$	7-8	5-6	4	3
0-1.5	A	A	A	B	B
1.5-3.0	A	B	B	B	C
3.0-5.0	B	B	C	C	C
> 5.0	C	C	C	C	C

Bu sınıflandırmada, istasyonların episantra göre olan dağılımları da dikkate alınmıştır.

Episantrların harita üzerindeki dökümünde, çözümün güvenilirlik derecesine göre; A sınıfı tayinler kare, B sınıfı tayinler daire, C sınıfı tayinler ise üçgen ile gösterilmiştir. Ayrıca; kare, daire ve üçgenlerin büyüklükleri, deprem magnitudünün 1.0 birimlik artışıyla orantılı olarak değişmektedir.

## SONUÇ

1976 nın son 4 ayına ait Batı Türkiye ve civarında oluşup, episantr çözümleri yapılabilen depremlerin harita üzerindeki dökümleri; bu süre içindeki deprem etkinliğinin ana hatlarını belirleyip, şu bulguları ortaya koymaktadır :

1. — Episantrların yoğun bir kümeleşme gösterdiği başlıca iki etkinlik bölgesi göze çarpmaktadır.

a) Emet deprem etkinliği :  $39.4^{\circ}\text{N}$   $29.1^{\circ}\text{E}$  civarında merkezleşip,  $39.0^{\circ}$  —  $40.0^{\circ}\text{N}$  enlemleri ve  $28.5^{\circ}$  —  $28.5^{\circ}\text{E}$  boylamları arasında yayılım gösterir. 1976 Mayıs başından itibaren başlayan ve deprem fırtınası özelliği gösteren etkinliğin Eylül - Aralık 1976 süresi içindeki devamını teşkil etmektedir. Ele alınan 4 aylık sürede gözlenen maksimum magnitud  $\bar{M}_B$  : 4.0 olup,  $\bar{M}_B > 3.0$  olan depremlerin sayısı 28 dir.  $\bar{M}_B > 2.5$  olan depremler için günlük oluş sayısının 1-9 arasında değiştiği görülmüştür.

b) İzmir - Karaburun deprem etkinliği : Eylül, Ekim ve Kasım aylarında  $38.3^{\circ}\text{N}$  —  $26.7^{\circ}\text{E}$  civarında merkezleşip,  $38.0^{\circ}$  —  $39.0^{\circ}\text{N}$  enlemleri ve  $26.0^{\circ}$  —  $27.0^{\circ}\text{E}$  boylamları arasında yayılım gösteren bu etkinlik Aralık ayında Karaburun'a doğru kaymıştır. Bu ayda episantrların  $38.5^{\circ}\text{N}$  —  $26.5^{\circ}\text{E}$  civarında kümelendiği görülmektedir.

13 Eylül'den itibaren başlayan etkinlikte günlük deprem sayısı artarak 25 Eylül'de,  $M_B > 2.5$  olan depremler için 9 a yükselmiştir. Ekim ayında ise deprem sayısının gittikçe azaldığı ve günde bir depreme düştüğü görülür. Bu aylarda erişilen maksimum magnitüd  $M_B$  ; 4.2 civarındadır. Magnitüdüleri 2.5 - 3.5 arasında olan depremler çoğunluğu oluşturur. Kasım ayında günlük deprem sayısı tekrar yükselip, ayın 12 sinde 25 e ulaşmaktadır. Aynı günde magnitüd de 4 aylık süre içindeki maksimum değeri olan 4.8 e erişmektedir. 12 Kasımdan sonra deprem sayısı gittikçe azalır. Kasım ayında magnitüdü 3.5 - 4.0 arasında 16 deprem saptanmıştır. Aralık ayında Karaburun'a kaymış bulunan ve günlük deprem sayısında da azalma gösteren etkinlikte erişilen maksimum magnitüd 3.9 dur.

2. — Yukarıda belirtilen iki ana kümelenme Dışında Batı Anadolu'da yer yer dağılmış episantrlar görülmektedir. Bunların başlıcaları :

- a) Marmara Denizi içinde, Tekirdağ ve Silivri açıklarındaki dağılım,
- b) Eylül ve Ekim aylarında İzmit - Adapazarı arasındaki dağılım,
- c) Eylül ayında Emet'in batısında, Bigadiç - Sındırgı arasında gözlenip, Ekim - Kasım - Aralık döneminde seyrekleşen etkinlik,
- d) Eylül ayında Denizli'nin güneyinde, Yeşilova'dan batıya doğru dağılan episantrlar,
- e) Ekim ayında Ula'dan itibaren Bozburun yarımadasına doğru olan dağınık bir etkinlik,
- f) Aralık ayında Akdeniz'de, İstanköy adası batısında gözlenen etkinlik.

Bilinen projeler kapsamlarından, 1970 yılından beri Rasathanemizce açılan istasyonlar Batı Türkiye'de yer almaktadır. Bu nedenle, ancak "Batı Türkiye'de deprem etkinliği" duyarlı bir şekilde incelenabilmektedir. İlk olarak Eylül-Aralık 1976 için ele alınan bu yoldaki çalışmalar dört aylik incelemeler halinde 1977 içinde devam edeceği gibi, 1976 nın ilk 8 ayına dönülüp 1976 yılının da tamamlanması düşünülmektedir.

## DEPREM LİSTESİ

(Eylül - Aralık 1976)

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantrın Enlem	Episantrın koordinatları		RMS	NS	Çözüm	Not
		s	d s		Boylam	Enlem				
1	1.9.1976	01 04	37.06	39.28°N	29.11°E	e	0.7	4	B	U.S.G.S.: 21 10 17.4
2		21 10	09.88	35.57	29.74	b	2.1	5	B	36.220 N-29.486 E h : 5 km.
3		21 12	57.26	35.90	30.04	c	1.0	3	B	
4	2.9.1976	01 22	44.09	37.73	29.09	b	1.1	8	A	U.S.G.S.: 01 22 47.1 37.763 N-29.050 E h : 33 N
5		03 48	28.41	39.35	28.95	c	2.0	10	A	M <sub>B</sub> : 3.8 U.S.G.S.: 03 48 31.3 39.343 N-29.177 E h : 33 N
6		04 15	46.80	38.43	28.95	e	1.5	3	B	
7		05 45	27.25	40.05	29.14	d	4.8	5	C	
8		10 18	59.15	39.53	28.02	e	3.4	3	C	
9		17 25	33.93	39.49	28.29	d	2.3	7	B	
10		18 30	52.56	39.34	28.21	d	0.9	7	A	U.S.G.S.: 18 30 52.6 39.393 N-28.253 E h : 5 km.
11		20 27	38.74	37.55	28.84	c	2.8	7	B	
12		22 10	50.75	39.72	28.14	e	2.6	3	C	
13		22 58	07.29	37.52	29.16	c	1.1	3	B	
14	3.9.1976	10 41	36.06	39.52	29.58	f	2.9	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episante'nin koordinatları		Mag.	Çözüm		Not	
		s	d	Enlem	Boylam		Boydam sınıfı	NS sınıflandırması		
15		20	53 27.89	39.34°N	28.00°E	b	1.7	9	A	U.S.G.S. : 20 53 28.8 39.362 N-28.223 E h : 4 km.
16	3.9.1976	20	55 18.18	39.27	28.28	d	1.8	5	B	M <sub>B</sub> : 3.8 M <sub>L</sub> : 3.5
17		21	01 12.79	39.49	28.12	d	1.7	6	B	
18		21	32 17.03	38.98	29.20	e	1.3	3	B	
19		22	11 34.23	39.28	27.79	d	2.3	6	B	
20		22	36 28.98	39.40	28.16	d	1.5	5	A	
21		23	52 40.25	39.50	28.17	d	1.7	6	B	U.S.G.S. : 23 52 40.8 39.508 N-28.273 E h : 10 km.
22	4.9.1976	02	46 12.08	39.22	28.98	e	0.7	4	B	
23		07	21 00.37	39.24	28.94	e	0.5	3	B	
24		08	02 14.21	39.74	28.54	e	1.8	5	B	
25		11	32 03.95	39.18	28.95	f	0.7	3	B	
26		12	21 05.84	39.48	29.39	d	1.9	5	B	
27		13	30 02.41	39.46	29.42	e	4.4	3	C	
28		19	59 56.73	39.59	29.09	e	2.0	3	C	
29	5.9.1976	01	22 13.02	39.85	29.54	f	1.8	3	C	
30		04	10 35.66	39.57	28.26	e	3.0	4	C	
31		05	41 44.45	39.28	26.04	d	2.2	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episentr'in koordinatları Enlem	Boylam	Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
32		06 57 18.26	37.85°N	27.78°E	c	4.3	4	C	
33		16 09 32.46	37.79	29.91	c	3.1	3	C	
34		19 27 15.79	39.29	29.42	d	2.6	6	B	
35		23 48 43.26	37.90	26.58	d	3.4	4	C	
36	6.9.1976	14 11 36.89	39.16	39.16	b	2.6	9	A	U.S.G.S.: 14 11 38.3 39.104 N-28.971 E h: 26 km
37		15 19 36.70	39.71	25.55	d	3.2	3	C	M <sub>B</sub> : 4.0 M <sub>L</sub> : 3.5
38		21 00 58.12	36.13	30.18	f	2.3	3	C	
39		21 59 50.82	36.63	28.32	d	4.1	3	C	
40	7.9.1976	01 43 55.91	37.54	29.36	d	4.2	3	C	
41		21 17 03.84	38.27	30.88	c	1.3	4	B	
42	8.9.1976	00 09 10.29	36.0f	31.95	a	0.5	6	A	U.S.G.S.: 00 09 14.7 36.145 N-31.925 E
43		01 44 53.48	39.71	28.78	d	2.2	3	C	M <sub>B</sub> : 4.1
44		23 13 49.89	37.50	29.11	c	2.7	4	B	h: 38 N
45	10.9.1976	14 39 21.59	40.22	28.54	e	3.6	3	C	
46		14 54 45.64	35.81	31.50	c	2.3	3	C	
47		14 57 33.15	40.15	26.99	e	0.5	3	B	
48		21 03 27.38	39.19	28.35	e	1.6	5	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Mag. smfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
49		21 14 02.09	29.39°N	29.01°E	e	0.7	3	B	
50		21 29 52.01	39.86	25.57	d	1.6	5	B	
51		21 41 23.19	39.15	28.92	f	0.7	3	B	
52		23 49 47.29	36.29	26.73	c	2.3	3	C	
53	11.9.1976	00 37 46.77	40.43	26.20	d	2.1	3	B	
54		15 10 44.97	40.64	27.59	d	3.2	5	C	
55		15 55 35.08	39.11	28.62	c	2.4	10	A	
56		21 08 11.03	36.82	29.15	d	2.1	3	C	
57	12.9.1976	00 42 14.18	36.44	26.82	a	3.4	9	B	U.S.G.S.: 00 42 19.3 36.674 N-26.983 E h: 168 km M <sub>B</sub> : 4.3 M <sub>B</sub> : 4.2
58		01 12 04.42	39.09	29.87	b	1.1	10	A	U.S.G.S.: 01 12 07.7 39.034 N-29.837 E h: 49 km M <sub>B</sub> : 3.7 M <sub>L</sub> : 3.3
59	12.9.1976	01 19 31.92	37.20	27.34	f	1.4	3	C	
60		02 28 19.27	40.61	27.49	d	0.7	5	A	
61		02 59 10.58	38.98	29.82	d	2.6	9	A	
62		03 05 22.61	39.06	28.96	e	1.9	3	B	
63		07 18 23.40	40.68	30.09	d	2.9	5	E	
64		08 59 36.54	35.88	29.25	c	2.8	3	C	



Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Boydam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
65		19 51 53.23	39.82°N	28.93°E	e	2.3	4	B	
66	13.9.1976	04 48 57.45	37.50	28.56	c	3.4	7	B	
67		15 03 28.62	39.36	28.80	b	2.4	10	A	U.S.B.S. : 15 03 29.0 39.382 N-29.028 E
68		15 36 10.92	39.46	29.02	e	1.6	5	B	h : 16 km.
69		16 18 59.56	39.17	28.98	e	0.8	3	B	M <sub>B</sub> : 3.6
70		16 53 25.21	38.45	26.56	f	2.8	4	B	M <sub>L</sub> : 3.5
71		17 45 36.14	38.31	26.53	e	2.3	3	C	
72		18 08 34.59	39.54	29.13	e	1.1	5	A	
73		18 24 30.90	39.61	29.23	e	3.0	3	C	
74		22 33 37.93	38.50	25.57	f	2.2	3	C	
75	14.9.1976	12 30 35.57	39.26	29.03	e	0.8	3	B	
76		12 31 58.61	39.52	29.14	d	2.6	6	B	
77		12 43 23.53	39.39	29.16	e	2.1	4	B	
78		15 45 55.83	38.35	26.27	f	1.0	3	B	
79		20 24 17.68	38.32	26.44	f	1.5	3	B	
80	15.9.1976	03 36 54.05	39.47	29.29	e	1.9	5	B	
81		13 36 59.45	40.74	30.06	d	1.1	7	A	U.S.G.S. : 13 37 00.4 40.717 N-30.052 E

h : 12 km.

M<sub>B</sub> : 3.0M<sub>L</sub> : 2.8

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episantr'in koordinatları Enlem Boylam	Mag. smufi	RMS	NS	Çözüm simflandırması	Not
82	15.9.1976	20 49 50.48	39.37°N 28.99°E	d	1.9	9	A	
83		21 00 30.29	39.32	d	2.6	9	A	
84		21 17 20.55	39.37	e	1.8	5	B	
85		21 42 03.00	39.52	e	2.2	6	B	
86		23 15 08.23	37.68	c	4.4	7	B	
87		23 17 33.36	37.79	b	1.5	8	A	U.S.G.S.: 23 17 36.3 37.825 N-28.465 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.8
88	16.9.1976	02 18 05.57	39.18	e	0.8	3	B	
89		02 18 40.90	39.93	d	2.7	4	B	
90		05 04 05.31	38.30	d	0.7	3	B	
91		06 45 24.30	38.44	d	0.7	4	B	
92		06 54 26.52	37.53	c	3.4	4	C	
93		08 00 39.11	39.42	e	1.2	3	B	
94		12 35 27.68	38.43	d	1.0	3	B	
95		14 14 03.75	39.18	e	3.0	3	C	
96		18 03 15.52	41.70	d	1.5	3	B	
97		19 13 19.09	39.38	e	3.0	4	B	
98		20 55 31.90	39.16	e	1.5	4	B	
99		22 47 05.12	40.40	e	3.1	5	B	
100	17.9.1976	00 13 17.55	37.67	e	4.3	3	C	U.S.G.S.: 00 29 50.2
101		00 29 50.33	40.64	d	2.4	5	B	40.805 N-28.139 E
102		06 01 36.36	39.37	c	1.1	7	A	h: 10 km.
103		06 03 53.54	39.27	e	1.3	3	B	
104		06 12 17.12	39.39	e	1.4	4	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantrın koordinatları Mag.		Boylam sınıfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
		s	d	Enlem	Boy					
105	17.9.1976	11 36	03.85	40.96°N	28.13°E	d	2.5	5	B	U.S.G.S.: 11 36 04.8 40.790 N-28.133 E h: 23 km.
106		13 03	47.78	41.44	30.39	e	0.7	3	B	
107		13 31	15.69	38.43	26.76	d	1.7	3	B	
108		14 11	26.75	39.30	29.48	e	3.6	4	C	
109		16 46	11.31	40.77	30.09	e	0.8	4	B	
110		17 08	16.31	40.98	28.11	c	2.2	6	B	U.S.G.S.: 17 08 17.6 40.818 N-28.125 E h: 10 km. M <sub>B</sub> : 3.2 M <sub>L</sub> : 2.9
111		17 22	35.35	40.90	28.16	c	3.0	7	A	U.S.G.S.: 17 22 32.0 41.052 N-27.726 E h: 10 km. M <sub>B</sub> : 3.3 M <sub>L</sub> : 3.0
112		18 00	02.31	38.32	26.69	d	0.6	4	B	
113		20 51	03.55	38.40	26.85	d	1.5	3	B	
114	18.9.1976	01 38	07.65	38.93	26.29	e	2.9	3	C	
115		02 34	08.27	38.50	26.65	d	0.9	4	B	
116		02 44	14.19	40.80	28.09	d	0.9	7	A	U.S.G.S.: 02 44 14.0 40.828 N-28.093 E h: 4 km. M <sub>B</sub> : 3.1 M <sub>L</sub> : 2.9
117		04 21	11.79	38.38	26.79	d	1.0	4	B	

Ref. No.	Tarih	Olus zamanı		Episantr'in koordinatları		Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	Boy-lam					
118	18.9.1976	04	35	09.20	37.57°N	26.82°E	d	1.9	3	C
119		09	38	21.18	39.68	29.59	e	1.7	3	C
120		10	01	33.74	41.82	29.77	d	3.6	4	C
121		14	00	11.38	38.42	31.91	d	2.0	4	B
122		22	56	47.19	38.24	26.68	d	0.7	4	B
123	19.9.1976	00	04	30.41	38.17	26.74	d	1.3	5	A
124		09	03	59.25	39.81	26.74	c	2.0	8	A
125		10	58	32.67	37.01	28.26	d	0.4	3	B
126		22	40	10.81	39.35	27.79	d	1.5	6	A
127		23	17	34.37	37.55	28.41	c	2.4	8	B
U.S.G.S. : 2317 39.4 37 848 N-28.698 E h : 33 N										
128		23	32	03.95	39.11	28.95	f	1.9	3	C
129		23	36	38.98	37.95	28.61	d	3.9	3	C
130		23	38	42.34	37.87	28.80	c	2.9	7	B
U.S.G.S. : 23 38 4.9 37.931 N-28.904 E h : 33 km. M <sub>B</sub> : 3.3										
131	20.9.1976	01	48	51.52	38.33	26.88	e	1.9	3	C
132		02	19	24.95	37.89	26.27	c	4.5	8	B
133		03	15	03.27	38.28	26.79	e	1.3	4	B
134		03	59	20.33	38.15	26.14	d	1.8	3	C
135		04	13	03.04	38.27	26.74	d	1.1	3	B
136		18	09	13.60	35.79	28.57	c	1.5	5	B
137		22	57	16.12	38.27	26.61	c	2.7	9	A
138	21.9.1976	08	03	36.51	39.39	29.44	e	4.0	4	C

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'm koordinatları		Mag.	Enlem	Boylam	Boy-lan sınıfı	RMS	NS	Çözüm		Not
		s	d	s	s							NS	siniflandırması	
139		13	57	25.69			38.27°N	26.44°E	c	0.9	4		B	
140		13	59	01.32			38.45	26.66	d	1.3	3		B	
141	22.9.1976	02	14	55.83			39.40	29.14	e	0.4	3		B	
142		05	34	04.87			38.02	26.56	c	3.0	4		B	
143		15	26	32.69			38.16	26.33	d	2.5	3		C	
144		17	24	24.59			38.35	26.65	d	0.7	3		B	
145		17	55	42.58			38.45	26.71	d	0.7	3		B	
146		20	09	56.99			38.36	26.63	e	1.3	3		B	
147		20	34	09.59			38.55	26.54	d	1.9	4		B	
148		21	48	17.18			38.40	26.57	d	0.9	4		F	
149	24.9.1976	03	00	31.25			38.23	26.83	c	1.5	4		B	
150		04	23	26.11			36.82	30.80	c	3.4	3		C	
151		08	28	48.14			38.70	27.99	d	2.0	3		C	
152		10	31	24.43			38.65	26.74	d	2.5	3		C	
153		12	33	51.53			38.65	27.25	d	1.4	3		B	
154		13	40	06.86			36.54	31.55	b	1.0	6		A	
														U.S.G.S.: 13 40 06.5 36.369 N-31.788 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.9
155		14	14	12.87			38.52	26.96	d	2.6	3		C	
156		14	16	15.05			37.11	27.31	d	3.8	4		C	
157		19	04	03.65			38.47	27.29	c	4.4	8		B	
														U.S.G.S.: 19 04 03.9 38.526 N-27.406 E h: 17 km. M <sub>B</sub> : 3.5

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'm koordinatları	Mag.	Boyuzun sınıfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
		s	d							
158		19	08	21.79	37.80°N	27.04°E	c	0.7	4	B
159		19	23	27.61	38.86	26.76	d	5.9	3	C
160		19	30	44.47	38.66	27.25	e	1.3	3	B
161		20	03	27.77	38.34	26.69	a	0.8	10	A
										U.S.G.S.: 20 03 29.3 38.369 N-26.730 E h: 11 km. M <sub>B</sub> : 4.1 M <sub>L</sub> : 4.0
162	24.9.1976	20	15	20.94	38.37	26.80	e	0.9	3	B
163		20	17	46.46	38.17	26.50	c	2.4	7	B
164		20	23	07.06	39.50	29.16	e	2.0	3	C
165		20	26	04.72	39.38	29.09	d	1.2	7	A
167		20	37	12.75	38.71	26.90	d	1.3	3	B
167		20	38	52.86	38.15	26.16	b	2.7	9	A
										U.S.G.S.: 20 38 57.5 38.365 N-26.733 E h: 5 km. M <sub>B</sub> : 3.7
168		21	11	34.01	40.49	26.32	d	4.1	4	C
169		22	03	56.80	39.09	28.40	e	0.9	3	B
170		22	06	31.02	38.12	26.09	c	1.4	4	B
171		22	59	36.81	37.98	26.83	d	2.1	4	B
172		23	42	39.25	37.21	28.30	d	0.9	3	B
173	25.9.1976	00	59	04.51	38.54	27.04	e	2.1	3	C
174		01	11	25.28	38.21	26.61	d	0.5	4	B
175		03	03	19.23	38.43	26.82	e	1.0	3	B
176		04	53	07.80	39.54	29.05	e	0.6	3	B

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Episantr'm koordinatları Mag.	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
177		05 34 23.34	38.44°N	26.73°E	e	1.1	3	B	
178		05 44 31.24	38.13	26.79	d	2.1	5	B	
179		06 58 29.38	39.57	29.03	e	0.7	3	B	
180		09 05 45.53	38.20	26.63	c	0.8	4	B	
181		13 45 07.72	38.48	26.59	c	4.6	7	B	
182		15 19 18.14	39.77	27.48	e	2.6	4	B	
183		15 25 26.04	38.59	27.79	d	2.6	3	C	
184		17 31 23.83	38.55	26.96	e	1.5	3	B	
186		19 11 54.99	38.65	26.88	c	3.6	7	B	
187		20 13 03.75	38.70	26.68	d	4.1	3	C	
188		20 15 14.17	38.49	26.66	e	2.4	3	C	
189	25.9.1976	21 02 36.22	38.31	26.68	d	0.5	4	B	
190		21 56 46.29	38.16	26.63	c	3.4	7	B	
191		22 42 20.00	38.99	29.55	c	2.8	9	A	
192		23 24 18.40	38.76	26.87	d	2.7	3	C	
193		23 49 11.88	40.17	25.89	e	3.0	4	B	
194	26.9.1976	00 48 39.37	37.16	28.35	d	0.7	3	B	
195		01 34 55.28	37.21	28.27	e	2.2	4	C	
196		01 46 28.16	38.25	26.65	d	2.8	7	B	
197		07 00 42.56	40.44	27.83	e	1.5	3	B	
198		23 04 43.48	39.35	29.18	c	1.7	9	A	M <sub>B</sub> : 3.3 M <sub>L</sub> : 3.2
199	27.9.1976	00 31 41.28	37.56	29.43	c	0.9	4	B	
200		00 32 53.38	39.41	29.57	e	1.8	4	B	
201		01 04 48.11	38.27	30.03	c	2.6	5	B	
202	28.9.1976	00 43 36.67	40.30	27.38	e	0.5	3	B	
203		04 57 19.23	39.73	26.98	d	3.0	5	B	
204		14 03 12.07	39.23	27.58	f	0.2	3	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Mag. sınıf.	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
205		14 14 55.71	38.83°N	26.88°E	e	2.6	3	C	
206		17 57 45.33	40.46	28.51	e	0.5	4	B	
207		20 41 46.21	39.43	27.89	d	1.6	5	A	
208	29.9.1976	03 40 04.10	39.30	28.78	c	2.6	10	A	U.S.G.S.: 03 40 03.2 39.355 N-29.133 E h: 5 km
209		03 42 32.04	39.52	29.04	d	1.5	6	A	
210		13 09 28.47	39.37	29.43	e	2.4	3	C	
211		14 43 41.04	38.71	30.32	c	3.1	7	B	
212		16 00 49.28	42.06	27.37	d	2.3	4	B	
213		22 20 06.85	36.03	27.81	c	1.4	5	A	
214	30.9.1976	00 38 51.58	41.78	26.41	d	1.4	3	B	
215		08 20 03.90	37.00	28.08	d	0.5	4	B	
216		17 08 42.42	38.34	26.48	c	3.8	7	B	
217		19 46 14.28	38.73	26.00	c	1.0	6	A	
218		20 22 31.84	39.32	28.89	e	1.5	3	B	
219	1.10.1976	01 50 30.95	37.97	28.39	d	2.2	4	B	
220		03 57 35.60	38.31	26.34	d	2.4	5	B	
221		04 14 54.10	38.34	26.48	c	0.6	6	A	
222		05 10 31.90	38.39	26.80	d	2.3	3	C	
223		09 23 15.71	38.39	26.42	c	3.0	8	B	
224	2.10.1976	05 02 12.20	38.21	26.66	d	1.7	4	B	
225		13 59 42.09	39.75	29.04	d	1.4	7	A	
227		14 45 30.58	38.32	26.81	c	1.5	6	A	
227		14 48 03.11	38.28	26.63	c	0.8	5	A	
228		15 26 27.95	38.34	26.48	c	2.4	6	B	

$M_B$ : 3.4



Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Boydam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
229		16 33 46.79	38.10°N	26.32°E	b	3.9	9	B	U.S.G.S.: 16 33 55.8 38.452 N-26.828 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.6
230		17 32 14.16	38.57	26.51	d	3.2	3	C	
231		18 02 24.39	39.64	28.64	c	2.0	8	A	
232		19 07 24.64	38.24	26.62	d	1.0	4	B	
233	3.10.1976	00 53 44.82	38.38	26.54	a	0.5	11	A	U.S.G.S.: 00 53 47.9 38.403 N-26.727 E h: 16 km. M <sub>B</sub> : 4.2 M <sub>L</sub> : 3.9 İzmir'de hissedildi.
234	3.10.1976	01 22 31.77	38.17	26.63	d	0.3	4	B	
235		03 46 04.40	38.50	27.03	d	2.3	3	C	
236		04 24 34.84	38.17	26.74	d	0.7	4	B	
237		04 27 52.19	38.14	26.39	d	2.8	4	B	
238		04 29 19.78	38.34	26.67	f	0.6	3	B	
239		04 47 57.84	38.35	26.58	d	0.5	4	B	
240		05 41 02.31	38.20	26.61	d	0.3	3	B	
241		05 52 15.49	36.26	31.56	b	0.9	3	B	
242		06 25 44.07	39.38	29.02	d	1.1	4	F	
243		07 34 07.49	38.03	27.23	d	4.2	4	C	
244		08 15 41.98	38.50	26.87	d	2.2	3	C	
245		08 28 36.24	38.65	26.82	d	1.5	3	B	
246		09 19 28.32	38.82	29.72	d	1.7	4	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'm koordinatları		Boydam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	d					
247		10 24	03.65	38.14°N	26.43°E	d	4.0	5	C	
248		12 39	37.07	39.02	26.92	f	3.8	3	C	
249		17 50	08.88	38.31	26.77	d	2.1	4	B	
250		19 00	09.24	39.88	29.16	e	0.2	3	B	
251		23 06	44.16	39.38	29.08	c	1.9	10	A	
252		23 08	12.32	40.09	25.03	b	2.1	11	A	
										U.S.G.S. : 23 08 14.9 40.201 N-25.078 E h : 58 km.
										M <sub>B</sub> : 3.2
										M <sub>B</sub> : 3.9
253	4.10.1976	00 18	52.02	35.51	27.54	c	2.2	4	B	
254		04 03	23.17	38.19	26.53	d	1.1	4	B	
255		05 22	12.06	38.26	26.58	b	1.3	8	A	
256		08 07	59.27	39.34	29.00	d	2.3	8	B	
257		09 49	51.91	36.61	27.67	c	0.7	4	B	
258		11 51	25.60	38.45	26.79	d	2.2	3	C	
259	4.10.1976	12 01	25.77	39.68	29.46	e	1.3	3	B	
260		15 19	30.01	39.02	29.03	e	1.5	3	B	
261		20 13	45.77	36.27	28.31	c	2.5	4	B	
262		21 57	18.84	38.26	26.71	d	1.1	4	B	
263	5.10.1976	00 32	35.84	39.50	29.20	d	2.1	6	B	
264		02 48	50.59	39.46	26.09	c	1.5	8	A	
										U.S.G.S. : 02 48 53.7 39.404 N 26.372 E h : 10 km.
										M <sub>B</sub> : 3.3
265		03 24	14.73	38.18	26.72	d	3.6	5	C	
266		17 26	12.58	38.29	26.55	d	0.2	3	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episandr'ın koordinatları Enlem Boylam	Mag. sınıfı	RMS	NS	Gözlem simflandırması	Not
267		17 57 07.03	38.31°N 26.83°E	d	2.6	3	C	
268		18 10 13.10	37.17	c	2.8	4	B	
269		18 2629.49	38.29	d	0.9	3	B	
270		19 54 30.98	38.35	d	1.9	5	I	
271	6.10.1976	01 13 30.77	38.11	d	1.8	5	L	
272		03 48 04.11	38.76	e	3.3	3	C	
273		04 02 37.24	37.31	c	3.0	3	C	
274		04 03 18.88	38.54	d	1.4	3	B	
275		08 15 30.12	39.38	d	0.9	5	A	
276		11 48 46.68	39.65	f	0.1	3	B	
277		11 51 54.23	39.46	f	2.9	4	B	
278		12 46 25.22	40.66	d	1.3	4	B	
279		19 13 04.56	40.12	e	2.7	5	B	
280		20 34 07.52	37.31	d	1.0	3	B	
281	7.10.1976	01 17 24.77	40.07	d	2.6	3	C	
282		12 00 28.30	39.15	e	2.9	4	B	
283		17 06 21.94	40.18	d	1.9	3	C	
284		17 39 54.15	37.09	d	1.0	4	B	
285		18 16 27.58	40.70	d	2.1	5	B	
286	8.10.1976	08 0033.19	38.51	d	1.6	3	C	
287		12 40 03.26	39.18	e	0.1	3	B	
288		15 15 50.89	40.34	d	1.7	4	B	
289		17 49 22.71	38.27	d	0.8	3	B	
290		20 09 59.11	40.14	c	2.9	8	B	
291	9.10.1976	01 20 16.46	39.32	d	1.1	9	A	M <sub>B</sub> : 3.1
292		07 22 25.60	39.40	c	2.7	10	A	M <sub>B</sub> : 3.4
293		07 25 42.52	39.36	d	2.2	8	A	M <sub>L</sub> : 3.2
294		07 43 52.61	38.13	d	2.2	4	B	

Ref. No.	Tarih	Olus zamanı		Episantr'in koordinatları		Mag. sınıflandırması	RMS	NS	Çözüm	Not
		s	d	Enlem	Boylam					
295		08 19	46.16	39.26°N	29.28°E	e	3.0	6	B	
296		12 11	40.37	39.46	29.58	e	1.8	3	C	
297		12 58	13.01	38.24	26.57	d	0.2	3	B	
298		14 20	02.62	39.94	25.28	d	1.7	4	B	
299		19 31	04.95	40.71	30.36	a	2.1	12	A	U.S.G.S.: 19 31 03.7 40.706 N-30.570 E h: 6 km. M <sub>B</sub> : 4.1 M <sub>L</sub> : 3.8 Adapazarı'nda hissedildi.
300		20 02	10.37	40.07	26.63	f	2.3	4	B	M <sub>B</sub> : 3.1
301		21 28	37.54	40.74	30.57	c	0.5	7	A	M <sub>L</sub> : 2.8 M <sub>B</sub> : 3.2 M <sub>L</sub> : 2.9
302		22 12	02.55	40.86	30.49	c	2.9	10	A	
303		22 40	23.90	39.03	29.03	f	0.6	3	B	
304		22 43	01.16	40.83	30.79	f	2.2	4	B	
305		23 11	33.22	39.45	29.07	f	1.3	3	B	
306		23 47	14.30	40.71	30.76	c	3.2	9	B	M <sub>B</sub> : 3.3 M <sub>L</sub> : 3.1
307	10.10.1956	06 10	30.55	39.32	29.31	d	1.9	9	A	
308		02 03	35.23	40.84	30.76	e	2.5	4	B	
309		06 53	13.80	39.37	28.73	b	4.2	10	B	U.S.G.S.: 06 53 14.4 39.291 N-29.083 E h: 33 Nm. M <sub>B</sub> : 3.7 M <sub>L</sub> : 3.5

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episentr'in koordinatları Enlem Boylam	Mag. smfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
310		07 02 18.13	39.68°N 28.99°E	e	3.7	5	C	
311		07 48 14.20	36.61	c	1.4	3	B	
312		11 23 30.69	38.36	d	2.6	4	B	
313		13 06 23.85	39.28	e	0.7	4	B	
314		18 54 02.37	38.20	d	2.5	5	B	
315		20 29 41.32	39.13	d	1.6	5	B	
317		21 33 07.71	39.17	e	0.6	4	B	
317		21 41 38.27	40.85	e	2.2	4	B	
318		22 01 45.58	39.10	e	0.1	3	B	
319	11.10.1976	04 13 02.53	39.21	d	1.2	6	A	
320		05 36 21.47	39.30	d	2.3	6	B	
321		11 13 00.34	39.81	f	3.9	3	C	
322		1311 12.42	38.18	d	1.4	3	B	
323		23 12 19.89	37.22	d	0.1	3	B	
324	12.10.1976	00 22 26.53	36.31	c	3.4	8	B	
325		04 07 18.72	36.54	c	1.4	3	B	
326		09 57 11.77	39.14	e	0.7	3	B	
327		12 53 50.10	39.02	e	0.8	4	B	
328		15 25 09.19	40.89	e	2.0	3	C	
329		17 41 38.73	37.11	c	2.7	4	B	
330		18 28 15.30	39.69	d	2.7	6	B	
331		20 29 53.30	37.56	f	3.8	3	C	
332	12.10.1976	23 54 16.17	38.35	d	2.6	5	B	
333	13.10.1976	03 44 16.79	39.50	d	1.5	6	B	
334		04 05 40.27	39.66	e	2.8	4	B	
335		06 40 00.69	35.95	c	4.1	4	C	
336		09 20 43.99	39.54	e	0.9	4	B	
337		10 03 01.13	39.52	c	3.5	7	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'm koordinatları		Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	Boy-lam					
338		11	14	06.38	29.23°E	e	1.9	4	B	
339		11	54	49.58	27.58	d	2.2	3	C	
340		12	42	15.99	28.96	c	2.2	3	C	
341		23	06	32.02	28.75	e	0.3	4	B	
342	14.10.1976	01	33	29.11	30.78	c	2.7	3	C	
343		06	10	55.34	28.29	c	2.2	3	C	
344		09	29	22.28	29.58	e	1.0	3	B	
345		10	32	48.24	31.22	c	2.7	3	C	
347		11	22	51.36	29.63	e	3.5	3	C	
347		12	23	57.14	29.13	d	1.3	3	A	M <sub>B</sub> : 3.1
348	15.10.1976	06	12	44.55	29.95	e	4.4	4	C	
349		12	36	42.93	28.62	c	1.4	7	A	M <sub>B</sub> : 3.3
350		17	48	52.93	29.14	e	0.6	3	B	
351		23	41	47.53	27.68	d	2.6	5	B	
352	16.10.1976	14	31	51.08	29.25	d	0.9	5	A	
353	17.10.1976	01	12	25.51	28.06	d	0.6	4	B	
354		09	55	26.66	28.66	e	2.3	3	C	
355		10	31	04.67	29.22	d	2.0	5	B	
356	18.10.1976	08	24	53.71	29.01	e	1.4	4	B	
357		10	13	09.03	29.10	d	1.0	4	B	
358		18	06	18.17	29.52	d	1.3	4	B	
359		19	23	24.55	29.49	d	2.2	7	B	
360	19.10.1976	09	53	51.98	29.15	c	1.2	3	B	
361		18	18	12.40	30.42	c	2.7	3	C	
362		22	18	14.59	26.99	e	1.4	3	B	
364	20.10.1976	08	39	50.29	26.30	b	3.0	5	B	
364		13	11	18.43	29.13	c	1.0	3	B	
365		20	14	56.17	29.54	d	4.2	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Episentr'm koordinatları Boylam	Enlem	Boylam	Mağ. smufi	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
366		22 17 18.89	39.46°N	29.18°E	e	29.18°E		0.7	4	B	
367		23 53 21.66	39.31	29.04	d	29.04		1.7	9	A	
368	21.10.1976	01 45 26.42	38.77	26.65	a	26.65		1.2	9	A	U.S.G.S.: 01 45 31.1 38.374 N-26.839 E h: 11 km.
369		12 48 08.96	35.97	26.96	a	26.96		0.6	9	A	U.S.G.S.: 12 48 11.8 35.913 N-26.980 E h: 99 km. M <sub>B</sub> : 4.1 M <sub>L</sub> : 3.8
370		23 51 40.14	39.23	29.27	d	29.27		3.0	6	B	
371	22.10.1976	12 35 55.57	38.36	27.57	d	27.57		0.3	3	B	
372		17 09 11.74	36.80	28.06	d	28.06		1.4	4	B	
373	23.10.1976	14 10 24.53	36.64	27.25	c	27.25		3.0	3	C	
374		15 06 09.56	36.75	27.27	d	27.27		2.2	3	C	
375		19 35 18.18	37.97	27.01	c	27.01		2.5	3	C	
376		20 46 23.55	39.54	28.01	d	28.01		0.6	3	B	
377		21 36 24.22	37.01	27.64	e	27.64		2.7	3	C	
378		22 15 21.26	37.27	28.03	d	28.03		1.1	3	B	
379	24.10.1976	01 46 20.15	37.81	29.25	d	29.25		1.5	3	B	
380		07 02 03.85	35.83	28.91	b	28.91		1.4	4	B	
381		12 56 26.98	40.41	29.28	d	29.28		3.6	4	C	
382	25.10.1976	10 48 03.04	39.25	29.05	e	29.05		0.3	4	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'in koordinatları		Mag. sınıfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not	
		s	d	s	Boy-lam						
383	25.10.1976	11	03	13.12	39.77°N	28.31°E	e	3.1	3	C	
384		11	25	41.13	37.24	30.14	b	4.0	4	C	
385		14	04	01.39	38.64	28.54	e	2.2	3	C	
386		14	59	18.17	39.00	28.73	e	1.1	3	B	
387		17	13	41.02	39.04	29.14	d	2.2	6	B	
388	26.10.1976	01	38	57.68	38.59	31.69	f	1.7	3	C	
389		05	56	14.95	36.96	28.36	d	0.6	3	B	
390		11	21	32.27	39.06	29.18	d	1.5	4	B	
391		17	00	42.05	39.31	28.01	d	1.5	5	A	
392	27.10.1976	04	29	46.18	38.56	27.06	b	4.4	10	B	U.S.G.S. : 04 29 48.6 38.630 N-27.509 E h : 12 km. M <sub>B</sub> : 3.6
393		04	34	09.17	38.81	27.50	d	1.4	4	B	
394		10	42	23.88	40.68	30.56	f	0.4	3	B	
395		16	14	21.19	39.95	30.18	e	1.0	3	B	
396		18	57	22.45	39.02	29.63	c	2.5	11	A	U.S.G.S. : 18 57 24.3 39.033 N-29.642 E h : 33 N M <sub>B</sub> : 3.5 M <sub>L</sub> : 3.3
397	28.10.1976	01	04	59.61	35.81	26.93	a	3.8	8	B	U.S.G.S. : 01 04 46.7 34.853 N-26.269 E h : 42 km. M <sub>B</sub> : 4.4 M <sub>B</sub> : 4.2



Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
398	29.10.1976	00 26 46.82	39.45°N	29.08°E	d	2.9	5	B	
399	29.10.1976	12 08 54.65	39.44	29.06	c	1.4	6	A	U.S.G.S. : 12 08.55.4
400	30.10.1976	17 08 10.73	39.13	29.81	e	0.4	3	B	
401	31.10.1976	01 42 20.32	40.69	28.93	f	0.1	3	B	
402		02 59 21.89	39.35	29.11	d	0.5	6	A	
403		11 57 45.57	39.62	29.22	f	2.8	3	C	
404		20 54 37.77	39.51	29.10	d	0.7	4	B	
405		23 32 44.60	39.94	26.58	f	1.4	3	B	
406		23 40 21.37	39.49	29.15	e	0.9	4	B	
407	1.11.1976	09 18 34.35	39.24	29.11	c	0.8	6	A	
408		14 05 07.22	40.73	27.42	d	0.7	4	B	
409		20 40 04.32	39.60	29.45	e	4.7	4	C	
410	2.11.1976	12 45 56.37	39.54	25.72	e	1.7	3	C	
411		13 02 24.17	40.87	28.62	d	3.8	4	C	
412		13 08 24.41	39.57	25.85	e	2.2	3	C	
413		13 40 14.51	39.85	27.20	d	2.8	5	B	
414	3.11.1976	02 32 11.17	40.92	25.66	f	2.1	3	C	
415		09 18 47.68	40.00	29.19	e	1.7	3	C	
416		11 13 18.41	39.83	29.32	d	3.0	6	B	
417	4.11.1976	07 01 56.56	39.28	28.86	c	2.8	7	B	
418	5.11.1976	00 22 28.13	38.78	25.01	e	1.4	4	B	
419		21 13 45.19	40.80	27.63	d	0.6	4	B	
420		21 43 18.75	37.26	27.99	c	1.2	5	B	
421		21 51 27.36	39.21	27.67	d	1.5	3	B	

h : 10 km

M<sub>B</sub> : 3.4M<sub>B</sub> : 3.2

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episantr'in koordinatları Enlem Boylam Mag.	RMS	NS	sumflandırması Çözüm	Not
422	6.11.1976	17 06 36.50	38.04°N 25.97°E	3.5	8	B	M <sub>L</sub> : 3.7
423		17 45 44.69	39.19	1.6	8	A	M <sub>B</sub> : 3.2
424		20 11 13.34	40.67	0.5	4	B	
425		22 35 15.22	38.25	2.6	6	B	
426	7.11.1976	00 50 59.39	38.63	2.1	3	C	
427	7.11.1976	01 44 21.18	38.43	1.6	7	A	U.S.G.S.: 01 44 24.9 38.475 N-27.039 E h: 33 N
428		02 52 57.57	38.18	4.1	6	C	M <sub>B</sub> : 3.8
429		12 21 36.46	41.35	2.8	3	C	
430		12 24 31.91	41.35	0.2	4	B	
431		17 07 07.13	39.54	1.3	3	B	
432		20 55 02.75	38.11	2.0	4	B	
433		23 39 16.63	35.82	1.3	3	B	
434	8.11.1976	07 48 03.44	39.47	2.0	6	B	
435		13 36 19.61	40.75	0.7	5	A	
436		13 40 15.47	38.15	1.2	3	B	
437		13 52 50.26	38.80	1.1	3	B	
438		19 00 16.55	37.07	2.0	3	C	
439		23 20 15.27	37.69	1.3	3	B	
440	9.11.1976	04 22 56.92	39.84	0.9	3	B	
441		15 16 27.61	35.74	2.1	3	C	
442		19 43 47.89	40.42	2.0	4	B	
443		23 33 25.15	39.20	0.5	3	B	
444	10.11.1976	00 03 02.15	40.39	1.7	6	B	
445		01 18 03.47	40.48	1.9	6	B	
446		02 44 41.04	40.08	2.3	3	C	

Ref. No.	Tarih	Olus zamanı s d s	Enlem	Boylam	Mag. sınıf	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
447		03 55 09.79	35.96°N	26.40°E	f	2.4	3	C	
448		03 58 54.03	40.47	28.95	d	1.7	6	B	
449		20 23 24.44	39.11	28.94	e	1.0	3	B	
450		20 31 45.76	39.41	29.08	d	0.6	5	A	M <sub>B</sub> : 3.4
451		20 44 35.22	39.26	28.65	c	2.5	10	A	
452		20 54 42.76	39.43	29.04	d	0.9	5	A	
453		23 19 35.05	40.70	28.02	d	2.5	5	B	
454	11.11.1976	01 55 53.17	40.27	29.07	d	2.2	6	B	M <sub>L</sub> : 2.7
455	11.11.1976	04 11 41.94	40.36	29.14	d	2.0	6	B	
456		05 11 55.77	39.18	27.85	c	3.2	9	B	
457		08 51 41.94	39.30	29.04	d	1.2	4	B	
458		09 05 04.87	39.73	29.14	d	1.6	4	B	
459		14 01 47.55	39.29	29.07	e	0.8	4	B	
500		16 41 48.39	39.48	29.24	d	1.7	6	B	
501		22 24 34.01	40.15	29.54	e	1.4	3	B	
502	12.11.1976	04 03 08.05	40.04	29.15	f	0.3	3	B	
503		09 51 08.86	38.66	26.71	a	1.2	10	A	U.S.G.S. : 09 51 10.8 38.620 N-26.730 E h : 24 km. M <sub>B</sub> : 4.4 M <sub>B</sub> : 4.5 M <sub>L</sub> : 4.5
504		09 55 33.77	38.61	26.85	a	1.2	10	A	U.S.G.S. : 09 55 33.4 38.574 N-26.711 E h : 6 km. M <sub>B</sub> : 4.7 M <sub>B</sub> : 4.8 M <sub>L</sub> : 4.7

Ref. No.	Tarih	Olus zamanı		Episantr'in koordinatları		Mag.	Boy-lam	sinifı	RMS	NS	Cözüm	Not
		s	d s	En-kem	En-kem							
505		10 11	20.78	38.23°N	25.92°E	b		1.7	9	A	$M_B : 3.7$	
506		10 19	31.17	38.43	26.35	d		0.6	3	B		
507		10 24	07.23	38.48	26.25	f		1.1	3	B		
508		10 31	21.55	38.55	26.35	c		2.6	9	A	$M_B : 3.4$	
509		10 34	21.07	38.35	25.88	d		0.2	3	B		
510		10 48	28.36	38.57	26.61	d		1.5	4	B		
511		11 01	12.59	38.74	26.89	d		0.4	4	B		
512		11 39	07.00	38.78	26.89	d		2.1	4	B		
513		11 49	53.44	38.66	26.17	e		3.8	3	C		
514	12.11.1976	11 58	55.26	38.45	27.59	d		2.1	3	C		
515		12 55	19.56	38.47	26.77	d		2.2	3	C		
516		13 06	22.45	38.70	26.58	e		5.5	3	C		
517		13 11	59.54	38.38	26.02	c		3.3	7	B		
518		13 18	51.37	38.92	29.05	c		1.5	10	A	$M_B : 3.3$	
519		13 26	02.68	38.30	26.13	c		3.0	6	B		
520		14 09	22.24	38.49	26.50	b		3.7	8	B		
521		14 24	09.35	38.50	26.67	d		0.3	4	B		
522		16 38	37.27	38.71	26.76	d		2.5	4	B		
523		16 52	51.77	38.35	26.60	d		1.0	4	B		
524		17 55	26.60	38.42	26.66	f		0.4	3	B		
525		18 04	16.20	38.39	26.58	f		1.2	3	B		
526		18 46	19.93	38.51	26.59	f		2.3	3	C		
527		19 09	45.70	38.85	24.99	e		1.0	4	B		
528		19 33	01.41	38.47	26.35	f		2.3	3	C		
529		21 40	48.99	38.82	26.29	e		4.4	3	C		
530	13.11.1976	00 27	17.91	38.55	26.86	c		3.9	9	B		

U.S.G.S. : 00 27 21.7

38.805 N-26.928 E

h : 33 N

$M_B : 3.5$

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
531		03 15 55.42	38.75°N	26.53°E	d	4.4	3	C
532		04 43 06.08	38.29	26.30	f	0.5	3	B
533		06 03 01.85	38.42	26.32	d	3.8	6	C
534		11 54 44.29	38.61	26.55	a	2.3	9	A
								U.S.G.S.: 11 54 48.1 38.610 N-26.718 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 4.5 M <sub>B</sub> : 4.2 M <sub>L</sub> : 4.2
535		12 17 13.18	38.48	26.13	d	1.6	4	B
536	13.11.1976	13 37 53.89	38.11	25.44	b	3.7	5	C
								U.S.G.S.: 13 38 02.6 38.050 N-25.738 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.6
537		15 21 53.59	38.57	26.60	d	1.6	4	B
538		15 22 59.26	38.50	26.67	c	1.3	5	B
539		16 49 32.43	38.48	26.26	d	2.5	4	B
540	14.11.1976	01 59 57.33	38.53	26.95	e	2.1	4	C
541		02 16 28.84	38.74	26.54	f	4.4	3	C
542		02 57 57.52	38.62	26.67	f	1.5	3	C
543		04 46 50.22	38.45	26.47	d	2.1	4	B
544		12 59 10.10	38.35	26.37	c	2.5	5	B
545		13 14 30.11	39.28	27.54	e	1.9	3	C
546		13 28 47.91	37.41	31.31	c	4.5	3	C
547		15 01 24.21	38.58	26.46	d	3.2	3	C
548		22 45 47.70	38.37	26.29	d	3.4	5	C

Ref. No.	Tarih	Olus zamanı		Episantr'n koordinatları		Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	d					
549		23	55	03.67	26.30°E	d	1.6	3	C	
550	15.11.1976	00	24	30.55	39.04	d	1.5	7	A	M <sub>B</sub> : 3.0
551		16	47	15.26	38.45	d	2.1	3	C	
552		18	29	54.91	39.24	e	0.8	3	B	
553		21	47	23.90	38.41	f	2.7	3	C	
554		23	47	35.00	38.51	d	4.4	3	C	
555	16.11.1976	11	31	11.94	39.55	e	0.7	3	B	
556		14	58	15.60	37.78	c	2.8	3	C	
557		15	29	00.54	38.74	e	4.4	3	C	
558		18	06	46.53	38.56	a	1.2	9	A	U.S.G.S.: 18 06 51.2 38.589 N-26.748 E h : 33 N M <sub>B</sub> : 4.1 M <sub>L</sub> : 4.0
559	16.11.1976	18	20	30.66	38.60	b	1.1	9	A	J.S.G.S.: 18 20.33.1 38.568 N-26.722 E h : 33 N M <sub>B</sub> : 3.9 M <sub>L</sub> : 3.8
560		19	51	05.03	39.27	d	1.3	6	A	
561		21	37	44.70	38.65	c	3.0	6	B	U.S.G.S.: 21 37 46.1 38.617 N-26.767 E h : 33 N M <sub>B</sub> : 3.3

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Episantr'in koordinatları Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sunulduğunu	Not
562	17.11.1976	00 48 34.78	38.64°N	26.85°E	a	0.9	9	A	U.S.G.S.: 00 48 37.2 38.605 N-26760 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 4.3 M <sub>L</sub> : 4.1
563		01 29 13.52	35.07	31.57	b	1.6	5	C	U.S.G.S.: 01 29 26.0 35.695 N-31.260 E h: 33 N
564		13 19 42.66	38.62	26.62	b	1.5	8	A	M <sub>B</sub> : 4.0 U.S.G.S.: 13 19 46.5 38.612 N-26.847 E h: 36 km. M <sub>B</sub> : 3.8 M <sub>L</sub> : 3.8
565	18.11.1976	11 23 46.78	38.41	26.28	c	1.7	7	B	
566		20 20 06.20	36.40	30.53	d	2.5	3	C	
567	18.11.1976	21 49 44.73	36.97	28.12	d	0.5	3	B	
568		23 16 55.40	39.67	28.89	d	1.2	6	A	
570	19.11.1976	01 58 18.73	38.79	24.90	f	0.4	3	B	
571		02 05 12.07	38.43	25.70	e	0.3	3	B	
572		04 37 26.81	38.60	25.30	e	0.8	3	B	
573		17 59 48.53	39.44	27.14	e	2.1	3	C	
574		20 24 05.42	38.67	26.22	d	3.0	3	C	
575		21 44 13.10	38.64	26.48	e	1.7	3	C	
576		23 06 20.63	39.04	29.60	d	1.9	8	B	
577		23 09 08.62	40.44	29.48	e	2.2	5	B	
578		23 33 46.97	38.35	26.75	f	1.9	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d ş	Enlem	Boylam	Boydam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
579	20.11.1976	02 39 09.93	38.51°N	26.59°E	f	2.3	3	C	
580		04 40 07.30	41.01	28.31	f	0.9	3	B	
581		14 00 18.94	37.97	28.77	b	1.2	7	B	
582		14 22 34.04	36.35	27.20	b	2.9	4	B	
583		19 47 20.26	36.98	27.90	d	2.0	3	C	
584		20 39 52.69	38.32	26.54	d	1.1	3	B	
586	21.11.1976	00 57 45.67	38.52	26.68	d	0.2	4	B	
587		18 30 38.70	38.63	26.88	b	1.7	8	A	U.S.G.S.: 18 30 40.4 38.593 N-26.760 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.7
588		20 38 24.09	39.66	27.97	d	3.6	3	C	
589		23 10 30.57	38.40	26.93	a	1.7	9	A	U.S.G.S.: 23 10 33.3 38.380 N-26.864 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 4.2 M <sub>B</sub> : 4.1
590	22.11.1976	01 51 01.79	37.00	29.20	d	1.8	3	C	
591	22.11.1976	03 25 27.22	38.29	26.73	f	1.7	3	C	
592		07 09 07.55	39.14	30.13	b	1.1	10	A	U.S.G.S.: 07 09 10.2 39.150 N-30.132 E h: 33 N M <sub>B</sub> : 3.7
593		09 35 57.74	38.60	26.81	d	0.4	3	B	
594		11 58 26.48	38.26	26.66	c	0.5	4	B	



Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episantr'in koordinatları Enlem Boylam	Boydam Mag.	RMS	NS	NS sınıflandırması	Not
595		13 27 00.13	38.55°N 26.65°E	c	3.0	7	B	
596		16 50 16.80	36.39	d	2.3	3	C	
597		22 21 41.12	38.40	e	2.1	3	C	
598	23.11.1977	02 39 25.25	38.09	e	1.4	3	B	
599		04 00 23.20	38.11	c	3.8	3	B	
600		04 57 41.20	38.95	b	0.9	9	A	G.S.E.M. : 04 57 43.3 38.89 N-26.98 E M <sub>B</sub> : 3.8 M <sub>L</sub> : 3.7
601		05 15 49.21	38.76	d	2.2	3	C	
602		06 55 41.00	38.68	d	2.1	3	C	
603		07 20 23.71	35.50	c	2.2	3	C	
604		09 53 34.29	38.97	c	0.9	8	A	
605		09 56 24.74	38.52	d	1.9	5	B	
606		10 06 06.71	41.20	d	3.1	3	C	
707		10 30 59.50	38.97	d	1.8	4	B	
608		11 16 54.09	38.74	f	5.3	3	C	
609		23 04 45.34	39.01	d	1.7	5	B	
610	24.11.1976	04 29 19.27	37.99	c	2.6	4	B	
611		10 48 02.93	38.35	d	1.3	3	B	
612		13 01 35.70	38.96	e	1.9	3	C	
613		15 42 03.74	37.32	c	3.9	4	C	
614	24.11.1976	16 43 30.30	36.85	c	3.7	3	C	
615		21 49 03.71	38.91	c	2.1	8	B	
616	25.11.1976	11 53 57.64	39.38	e	1.0	4	B	
617		14 42 22.85	39.97	e	2.3	4	B	

M<sub>B</sub> : 3.4

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'in koordinatları	Mag.	Boy-lam	sınıfı	RMS	NS	Çözüm	Not
		s	d								
618		20	01	55.09		26.26°E	c	2.1	4	B	
619		21	26	00.32		29.16	e	0.5	4	B	
620		23	52	39.67		26.55	b	1.5	5	B	
621	26.11.1976	00	00	07.43		26.60	c	2.7	4	B	
622		01	15	23.57		26.74	b	1.4	5	B	
623		01	20	21.08		26.59	b	1.0	5	B	
624		01	25	07.55		26.81	f	1.8	3	C	
625		03	14	32.22		26.62	c	2.0	3	C	
626		03	30	50.07		26.57	c	1.1	3	B	
627		04	45	59.63		26.92	d	2.4	3	C	
628		04	49	31.00		26.67	d	1.0	3	B	
629		05	18	41.60		26.90	c	1.9	3	C	
630		12	55	55.34		29.45	f	3.3	3	C	
631		15	06	07.83		27.54	c	2.5	3	C	
632		17	18	34.93		26.48	c	0.9	7	A	$M_B : 3.5$
633		17	32	02.51		27.36	d	1.6	3	C	
634		18	58	08.61		26.64	d	0.9	3	B	
635		19	59	15.17		26.84	d	2.6	3	C	
636		21	30	32.28		26.55	b	1.8	7	B	
637		23	25	07.50		27.51	d	0.6	4	B	
638		23	55	57.78		27.25	b	3.8	4	C	
639	27.11.1976	00	52	34.01		26.47	c	1.8	3	C	$M_B : 3.9$
640		01	39	43.59		26.90	c	2.5	3	C	
641		02	10	14.23		26.99	a	0.8	6	A	$M_B : 4.0$
642		02	55	15.36		26.63	c	1.8	3	C	
643		04	25	20.19		27.98	c	0.4	4	B	
644		08	58	02.23		26.35	d	0.4	3	B	
645	27.11.1976	11	53	16.95		27.47	d	0.6	4	B	
646		13	53	06.47		26.75	c	1.9	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Boyam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
647		14 04 57.03	39.42°N	29.18°E	d	1.3	4	B	
648		16 24 02.47	37.94	27.21	d	1.0	3	B	
649	28.11.1976	00 16 47.57	36.20	26.99	f	3.1	4	C	
650		02 10 09.46	37.84	27.14	d	1.1	3	B	
651		03 40 35.26	39.45	29.19	e	0.6	3	B	
652		19 05 21.38	36.52	26.63	b	0.9	5	B	M <sub>B</sub> : 3.8
653		19 21 18.14	36.24	26.80	c	4.4	4	C	
654	29.11.1976	03 17 31.42	38.34	25.80	e	2.8	3	C	
655		06 16 32.91	36.46	28.68	c	1.0	4	B	
656		06 32 45.26	39.21	29.10	e	0.8	4	B	
657		11 16 22.48	39.20	27.43	e	0.5	3	B	
658		12 44 55.32	38.62	26.85	d	0.4	5	A	
659		16 32 06.99	38.25	26.29	c	2.2	5	B	
660		21 06 38.57	38.74	27.08	d	2.0	5	B	
661	30.11.1976	09 49 49.46	40.45	29.16	e	0.9	4	B	
662		13 47 19.19	39.43	29.14	d	1.2	6	A	U.S.G.S. : 13 47 20.3 39.437 N-28.965 E h : 10 km M <sub>B</sub> : 2.9
663		14 18 48.53	39.38	29.05	e	0.2	3	B	
664		14 58 21.00	39.31	29.08	c	2.0	10	A	U.S.G.S. : 14 58 21.2 39.306 N-28.987 E h : 10 km M <sub>B</sub> : 3.4 M <sub>L</sub> : 3.3

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam sınıfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Nof
665	30.11.1976	15 15 50.47	39.43°N	29.17°E	c	1.5	A	U.S.G.S.: 15 15 51.9 39.419 N-28.945 E h: 10 km M <sub>B</sub> : 3.1 M <sub>B</sub> : 3.0
666		16 41 03.99	39.37	29.20	d	1.5	A	
667		18 04 26.91	39.65	29.03	e	0.7	B	
678		18 08 02.96	39.46	28.99	d	1.0	A	
669		18 09 48.57	40.31	28.82	e	1.2	B	
670		19 00 14.68	39.33	29.01	c	1.1	A	U.S.G.S.: 19 00 15.1 39.302 N-28.984 E h: 10 km M <sub>P</sub> : 3.3
671		21 27 44.70	37.11	29.68	d	0.6	B	
672	1.12.1976	01 11 05 78	40.53	25.56	d	2.5	B	
673		01 23 41.79	39.39	28.95	c	1.5	A	M <sub>B</sub> : 3.4 M <sub>L</sub> : 3.2
674		03 42 48.09	39.35	29.06	e	0.3	B	
675		16 36 10.76	38.61	28.93	e	1.0	B	
676		18 53 28.00	39.25	29.05	e	0.8	B	
677		19 27 50.99	39.38	28.98	d	1.0	A	
678		19 37 34.63	38.61	26.72	d	1.0	A	
679		23 05 44.27	38.45	26.57	c	0.6	B	
680	2.12.1976	00 23 39.96	38.37	30.15	c	4.5	C	
681		04 05 22.59	39.32	29.06	d	1.9	B	
682		10 24 41.74	39.17	29.05	d	0.5	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantr'in koordinatları		Mag. Boylam sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	Enlem					
683		16	03	56.28	39.15°N	29.00°E	f	1.2	4	B
684		19	16	50.04	39.31	28.88	f	1.0	4	B
686		20	05	38.59	39.44	29.23	c	1.9	9	A
687	2.12.1976	20	30	45.56	38.77	26.63	d	1.8	4	B
688		22	41	54.72	39.22	28.96	e	1.0	4	B
689	3.12.1976	09	04	00.10	38.86	28.96	d	1.0	4	B
690		09	29	42.95	40.53	29.20	e	0.1	3	B
651		10	54	33.62	38.55	26.56	b	1.1	9	A
U.S.G.S.: 10 54 38.0 38.545 N-26.761 E h: 33 N										
692		10	43	22.91	38.31	25.72	b	3.6	5	C
693		22	23	11.14	36.43	27.41	d	2.1	3	C
694	4.12.1976	02	55	52.53	39.36	29.15	d	1.7	6	B
695		17	23	49.55	38.38	26.57	c	1.0	5	B
796		17	32	10.53	36.68	28.89	f	2.2	3	C
697		19	22	40.57	40.70	27.57	d	0.7	3	B
698	5.12.1976	00	52	22.71	39.45	27.61	d	2.9	3	C
699		02	21	48.77	39.02	27.91	d	2.5	3	C
700		02	23	15.48	39.51	28.23	d	2.8	4	B
701		03	01	17.97	38.22	25.92	b	3.4	9	B
702		20	11	11.44	35.05	31.65	c	2.1	3	C
703		22	47	37.12	40.66	28.24	d	1.0	4	B
704	6.12.1976	10	10	59.63	39.58	29.04	e	0.8	3	B
705		18	03	30.49	40.12	28.14	e	0.4	3	B
706		18	49	09.47	39.15	24.85	e	2.9	3	C
707		23	53	21.60	40.03	27.71	e	1.7	7	B

M<sub>B</sub> : 3.9

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı		Episantın koordinatları		Mag. sınıfı	RMS	NS	Çözüm sınıflandırması	Not
		s	d	s	Boydam					
708	7.12.1976	00	44	13.36	40.81°N	28.04°E	0.6	4	B	
709		03	47	17.85	39.01	28.87	1.0	4	B	
710		04	02	12.27	40.59	29.07	0.5	4	B	
711		04	47	37.21	39.06	28.96	0.8	3	B	
712		08	02	33.18	40.61	27.32	0.4	4	B	
713		18	31	28.96	39.54	29.18	2.0	3	C	
714		19	00	13.24	36.73	28.91	1.7	3	C	
715	7.12.1976	23	23	44.53	39.54	29.14	0.8	3	B	
716	8.12.1976	00	33	10.95	39.60	29.18	2.2	3	C	
717		00	37	53.36	38.56	26.25	3.5	3	C	
718		05	33	19.95	39.62	29.16	2.2	3	C	
719		10	27	52.22	36.34	28.60	1.4	4	B	
720		14	52	39.54	39.34	27.81	3.2	3	C	
721		16	05	16.97	39.45	27.97	1.5	5	A	
722		19	58	55.34	37.57	29.75	1.2	3	B	
723	9.12.1976	05	14	35.79	39.30	29.44	1.0	5	A	
724		06	08	29.26	38.53	28.94	2.9	3	C	
725		16	44	41.78	38.82	28.88	0.9	3	B	
726	10.12.1976	05	59	19.27	37.81	28.35	4.7	3	C	
727		10	35	10.70	38.34	31.51	3.8	3	C	
728	11.12.1976	08	18	15.49	39.67	29.09	0.9	3	B	
729		21	46	56.18	39.44	25.19	1.9	6	B	
730		23	01	32.35	39.02	28.94	1.0	4	B	
731	12.12.1976	04	38	52.21	39.61	29.31	3.0	3	C	
732		10	13	07.55	39.55	28.90	0.8	6	A	M <sub>R</sub> : 3.2
733		13	48	38.77	39.46	29.16	0.6	3	B	
734		13	56	55.74	39.28	29.28	3.0	5	B	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episatır'ın koordinatları Enlem Boylam	Mag. snufu	RMS	NS	Gözüm sunflandırması	Not
735		14 04 32.04	39.67°N 29.06°E	d	0.9	3	B	
736		15 27 36.82	39.32 27.93	f	2.5	3	C	
737		15 31 55.22	39.05 29.20	d	1.6	4	B	
738		15 34 11.28	39.17 29.07	e	1.1	3	B	
739		22 50 23.80	39.74 29.22	e	0.7	3	B	
740		23 82 22.21	38.98 28.99	d	1.4	3	B	
741	13.12.1976	03 04 27.81	37.26 30.15	d	4.4	3	C	
742	14.12.1976	18 08 47.51	36.97 29.37	c	1.2	3	B	
743	15.12.1976	10 53 15.69	39.26 28.46	e	1.7	4	B	
744		18 54 26.95	39.40 29.24	d	1.1	6	A	
745	16.12.1976	03 01 09.73	36.71 27.94	d	3.6	3	C	
747		09 31 35.70	39.00 29.07	d	1.8	6	B	M <sub>B</sub> : 3.4
747		11 07 28.75	39.34 28.68	c	2.3	8	A	M <sub>L</sub> : 3.3
748		11 27 41.54	39.45 29.03	c	1.8	9	A	
749		20 48 01.83	35.03 26.98	c	1.9	4	B	
750		21 18 48.01	35.99 28.89	d	3.1	3	C	
751	17.12.1976	00 22 40.10	35.72 31.52	c	0.6	3	B	
752		06 18 03.98	37.67 29.13	f	3.6	3	C	
753		07 19 47.91	39.32 29.33	c	1.8	6	B	
754	18.12.1976	23 18 28.20	39.21 28.91	e	1.0	4	B	
755	19.12.1976	02 44 52.67	39.57 28.96	d	2.7	5	B	
756	20.12.1976	09 48 04.78	37.92 31.96	b	1.6	7	B	M <sub>R</sub> : 3.9
757		17 23 36.29	39.45 29.07	d	0.4	6	A	M <sub>R</sub> : 3.0
758		21 57 08.55	38.91 29.81	d	2.3	6	B	
759	21.12.1976	07 35 36.63	37.12 27.64	c	1.7	3	C	
760		10 54 17.86	40.24 29.22	d	1.6	3	C	

Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Episantr'in koordinatları Enlem Boylam smifit	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
761		20 17 23.85	38.48°N 26.36°E	1.3	3	B	
762		19 11 54.03	39.56	2.6	5	B	
763	22.12.1976	08 58 11.21	39.23	2.2	7	B	
764		12 25 17.27	39.01	0.8	4	B	
765		17 37 43.76	38.89	1.9	3	C	
766		19 30 33.30	38.96	1.9	5	B	
767		19 34 21.23	39.29	0.7	4	B	
768		19 38 34.27	39.52	0.5	3	B	
779		19 48 28.43	39.65	0.7	3	B	
770		19 58 17.99	39.50	0.4	5	A	
771	22.12.1976	21 34 07.04	39.94	0.1	3	B	
772	23.12.1976	01 39 44.54	39.10	0.5	3	B	
773		15 24 54.55	36.81	3.1	3	C	
774		16 18 59.25	38.31	2.7	3	C	
775	24.12.1976	00 56 37.63	39.66	0.8	3	B	
777		08 34 13.57	36.73	1.4	3	B	
777		09 08 02.45	38.88	2.7	4	B	
778		12 02 03.72	40.63	0.5	4	A	
779		21 48 39.25	36.28	1.4	6	A	
780	25.12.1976	19 04 12.70	36.82	1.3	3	B	
781	26.12.1976	20 28 10.14	38.95	2.9	6	B	
782	27.12.1976	02 47 59.04	38.16	2.4	5	B	
783		05 42 56.19	38.43	1.4	7	A	

U.S.G.S. : 21 48 39.7

36.237 N-26.756 E

h : 160 km.

M<sub>B</sub> : 4.4

M<sub>B</sub> : 4.3



Ref. No.	Tarih	Oluş zamanı s d s	Enlem	Boylam	Boydam sınıfı	RMS	NS	Cözüm sınıflandırması	Not
784		06 09 00.05	39.46°N	29.34°E	e	2.3	3	C	
785		11 44 12.73	39.95	29.31	d	2.0	5	B	M <sub>L</sub> : 3.1
786		22 40 48.24	37.53	26.64	b	0.9	6	A	M <sub>B</sub> : 3.7
787	28.12.1976	03 10 10.51	39.62	29.49	e	5.4	3	C	
788		03 33 01.58	39.16	28.69	e	1.9	3	C	
789		07 27 50.54	38.93	29.32	d	2.3	7	B	
790	29.12.1976	01 05 20.97	38.66	26.40	d	1.9	4	B	
791		14 52 16.17	38.03	31.41	d	5.4	3	C	
792		19 17 05.35	38.66	27.90	d	1.7	4	B	
793	30.12.1976	01 25 15.35	38.68	26.53	f	4.3	3	C	
794		01 37 24.88	38.14	31.15	b	1.6	9	A	M <sub>R</sub> : 3.9
795		10 40 38.02	37.46	29.96	c	2.0	3	C	
796		14 59 07.76	40.80	27.64	d	0.8	5	A	M <sub>R</sub> : 3.1
797	31.12.1976	00 27 38.66	38.53	26.66	f	2.1	4	C	
798		12 28 31.45	39.33	29.09	e	0.5	4	A	
799		17 12 31.77	39.13	29.09	e	0.6	4	A	
800		18 56 58.58	38.45	26.50	d	1.4	4	B	

**KANDILİ RASATHANESİ VE  
ONA BAĞLI DEPREM İSTASYONLARINDAKİ SİSTEMLER**

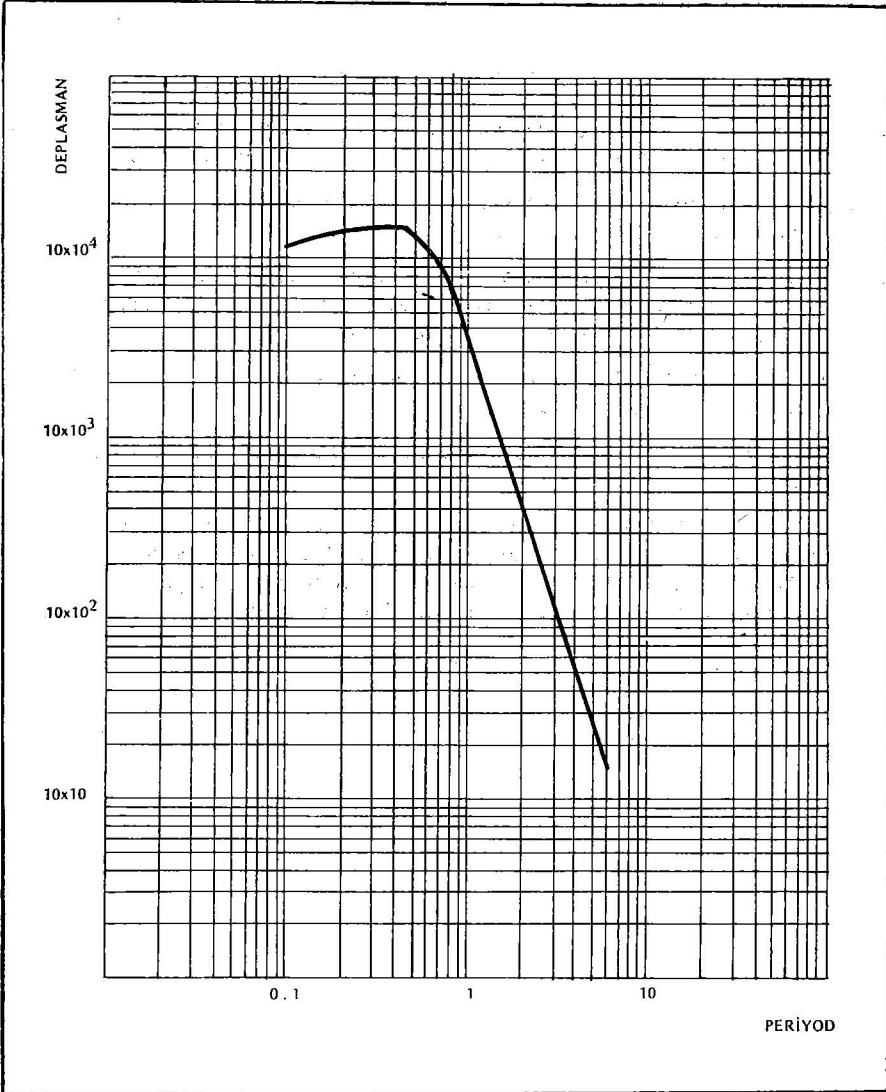
İstasyonun adı	Koordinatları		Deniz seviyesinden yüksekliği	Aletin adı	Ana kaya	Çalışmaya başlandığı yıl
	Kuzey	Doğu				
İstanbul	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Beniof	Z Kalkerli şist	1963
Kandıllı	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Beniof	N-S	1963
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Beniof	E-W	1963
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Sprengnether	Z	1967
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Sprengnether	N-S	1967
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Sprengnether	E-W	1967
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Coulom Grenet	Z	1948
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Wood Anderson	N-S	1968
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Wood Anderson	E-W	1968
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Wiechert	Z	1935
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Wiechert	N-S	1935
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Wiechert	E-W	1935
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Mainka	N-S	1935
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Mainka	E-W	1935
	41°03'56"	29°03'33"	132 m.	Geotech	Z	1970
Demirköy	41°49'17"	27°45'27"	315 m.	Geotech	Z Granit	Ekim
Ezine	39 49 32	26 19 31	50 m.	Geotech	Z Seprantimbresi	Temmuz
Gölpazarı	40 17 12	30 18 37	560 m.	Geotech	Z Kireç taşı	Temmuz
Dursunbey	39 34 51	28 38 14	625 m.	Geotech	Z Kireç taşı	Temmuz
Mengen	40 55 25	32 10 50	720 m.	Geotech	Z Şist	Ağustos
Edincik	40 20 48	27 51 49	270 m.	Geotech	Z Granit	Aralık
İzmir	38 23 52	27 15 45	632 m.	Geotech	Z Kireç taşı	Mart
Altıntaş	39 03 18	30 06 38	1060 m.	Geotech	Z Kireç taşı	Temmuz
Bucak	37 27 37	30 35 20	860 m.	Geotech	Z Kireç taşı	1973
Elmalı	36 44 55	29 54 30	1230 m.	Geotech	Z Kireç taşı	1973
Yerkesik	37 08 04	28 16 57	730 m.	Geotech	Z Kireç taşı	1974
Kavak	41 04 51	36 02 47	650 m.	Geotech	Z Kireç taşı	Temmuz

İstasyon	a	b	c	Standar hata	Mmin Mmax	sayısı Veri
Demirköy DMK	2.517434	0.658472	0.001284	0.3095	3.2 5.3	55
Yerkesik YER	0.942597	1.590059	0.000211	0.3075	3.6 5.7	40
Mengen MNG	-0.294852	1.990004	0.000441	0.2240	3.2 5.7	53
Ermalı ELL	1.310958	1.407168	0.000162	0.3141	3.1 5.7	57
Altıntaş ALT	-0.723289	2.44104	-0.000812	0.2608	3.1 5.6	29
Ezine EZN	-1.176321	2.318542	0.001584	0.2382	2.9 5.2	43
Edincik EDC	0.786915	1.566377	0.000960	0.2959	3.2 5.7	61
Dursunbey DST	-0.835922	2.080200	0.002474	0.2843	3.2 5.6	33
Bucak BCK	3.039082	0.539986	0.000665	0.2595	3.7 5.2	58
İzmir İZM	0.877579	1.439419	0.000132	0.2914	3.2 5.7	86
Gölpazarı GPA	-0.669755	2.143370	0.001361	0.2681	3.2 5.7	79

Tablo 2 Süreye bağlı magnitüd bağıntısında Türkiye deprem istasyonları için hesaplanan katsayılar

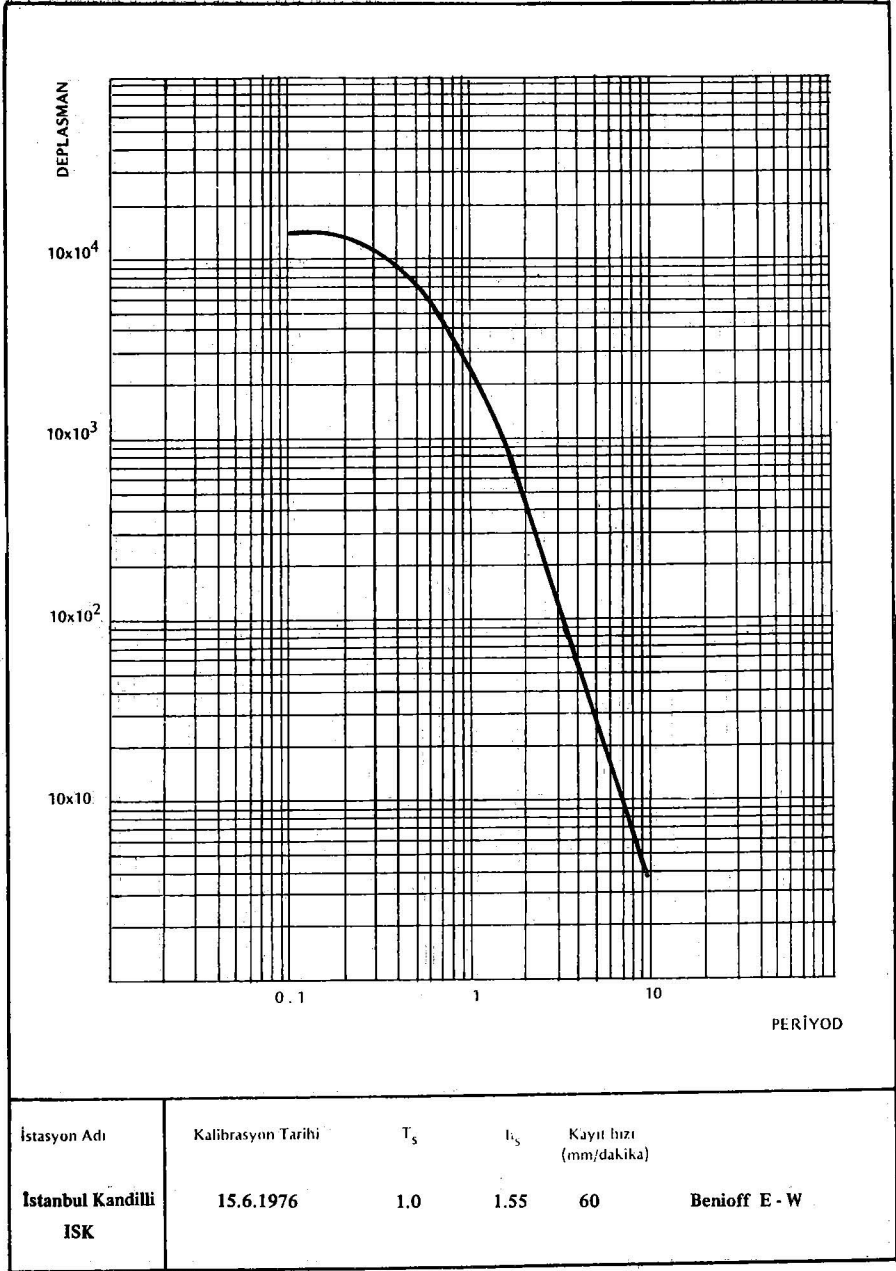
## REFERANS LISTESI

- Bisztricsany, E. (1958), "A new method for the determination of the magnitude of earthquakes" *Geofiz. Közl. (Budapest, Hungary)*, 7, 69-96.
- Flinn, E. A. (1960), "Local earthquake location with an electronic computer" *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol. 50, No. 3, pp. 477-470.
- Lee, W. H. K., R. E. Bennett and K. L. Meagher (1972), "A method of estimating magnitude of local earthquakes from signal duration" U.S. Geological Survey, Open File Report.
- Richter, C. F. (1935), "An instrumental earthquake magnitude scale" *Bull. Seism. Soc. Am.*, 25. 1-32.
- Richter, C. F. (1958), "Elementary Seismology" Freeman and Co., San Francisco, 768 pp.
- Rothé, J. P. (1972) "Manuel d'utilisation, tables des temps de propagation des ondes sismiques (hodochrones) pour la Region des Balkans" Projet PNUD-UNESCO pour l'étude de la sismicité de la Region Balkanique, préparé pour l'Unesco par le Bureau Central International de Seismologie.

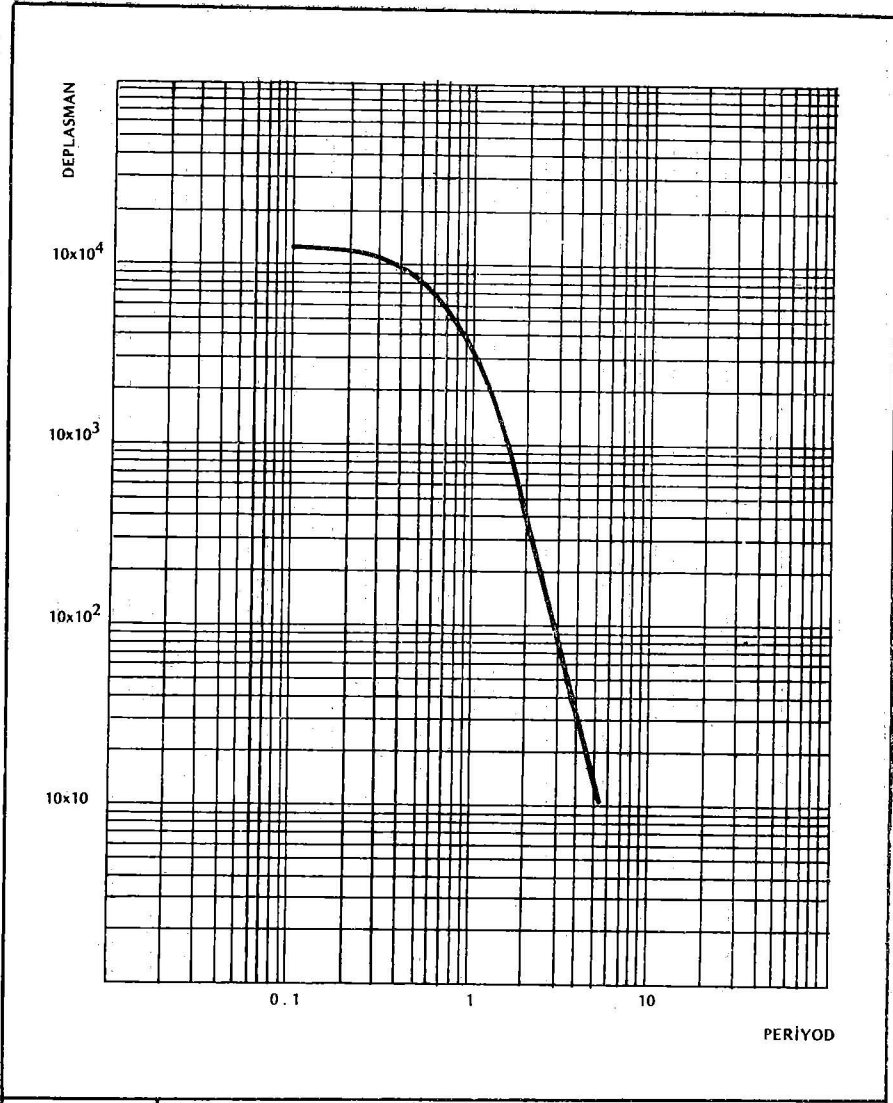


İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$i_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)	Benioff Z
<b>İstanbul Kandilli ISK</b>	15.6.1976	1.0	1.55	60	

Şekil 1-a

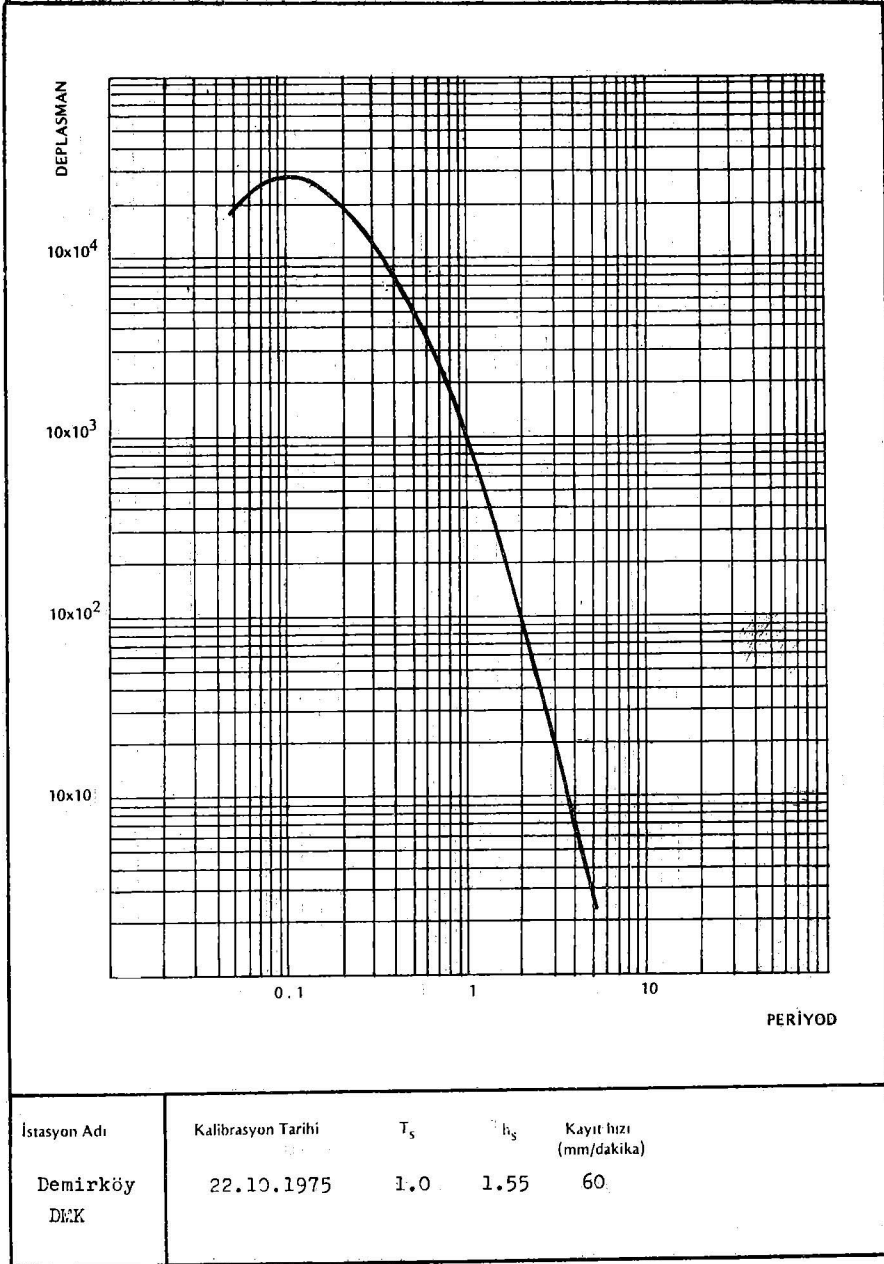


Şekil 1-b



İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$h_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)	
<b>Istanbul Kandilli ISK</b>	<b>15.6.1976</b>	<b>1.0</b>	<b>1.55</b>	<b>60</b>	<b>Benioff N-S</b>

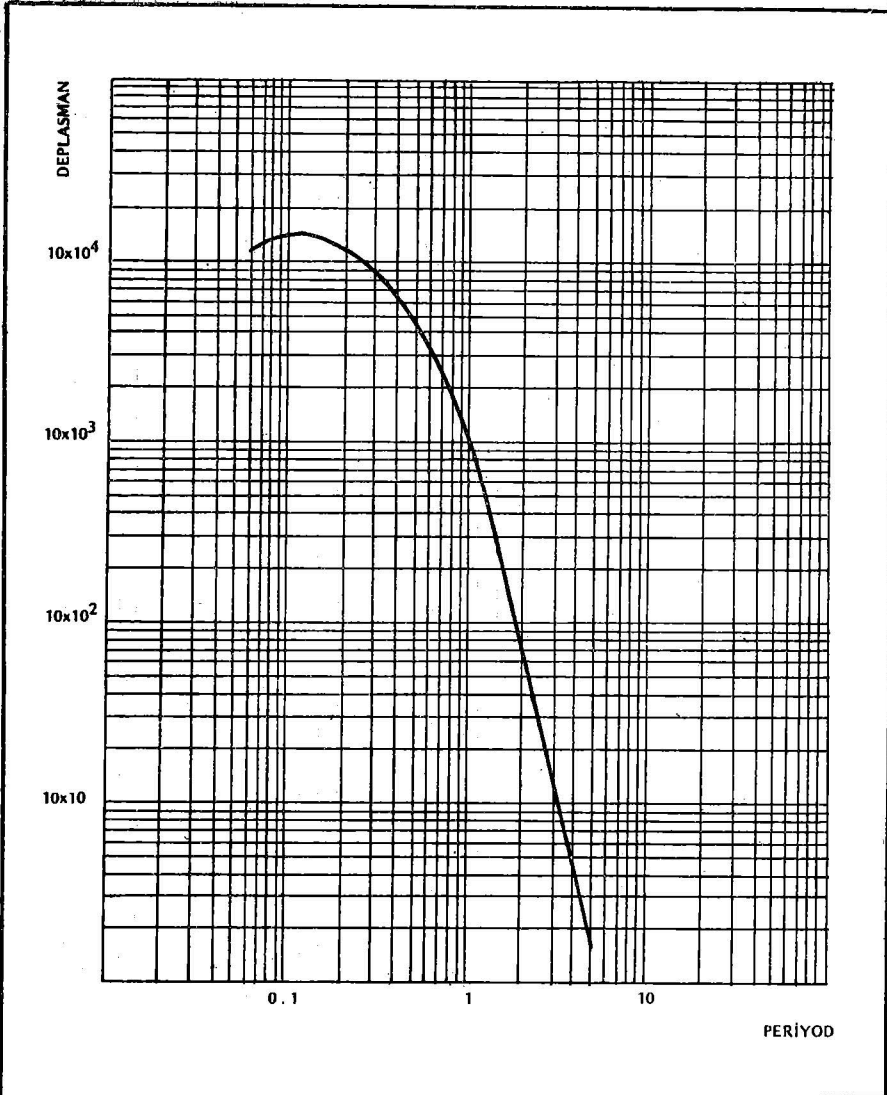
Şekil 1-c



İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$h_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)
Demirköy DİEK	22.10.1975	1.0	1.55	60

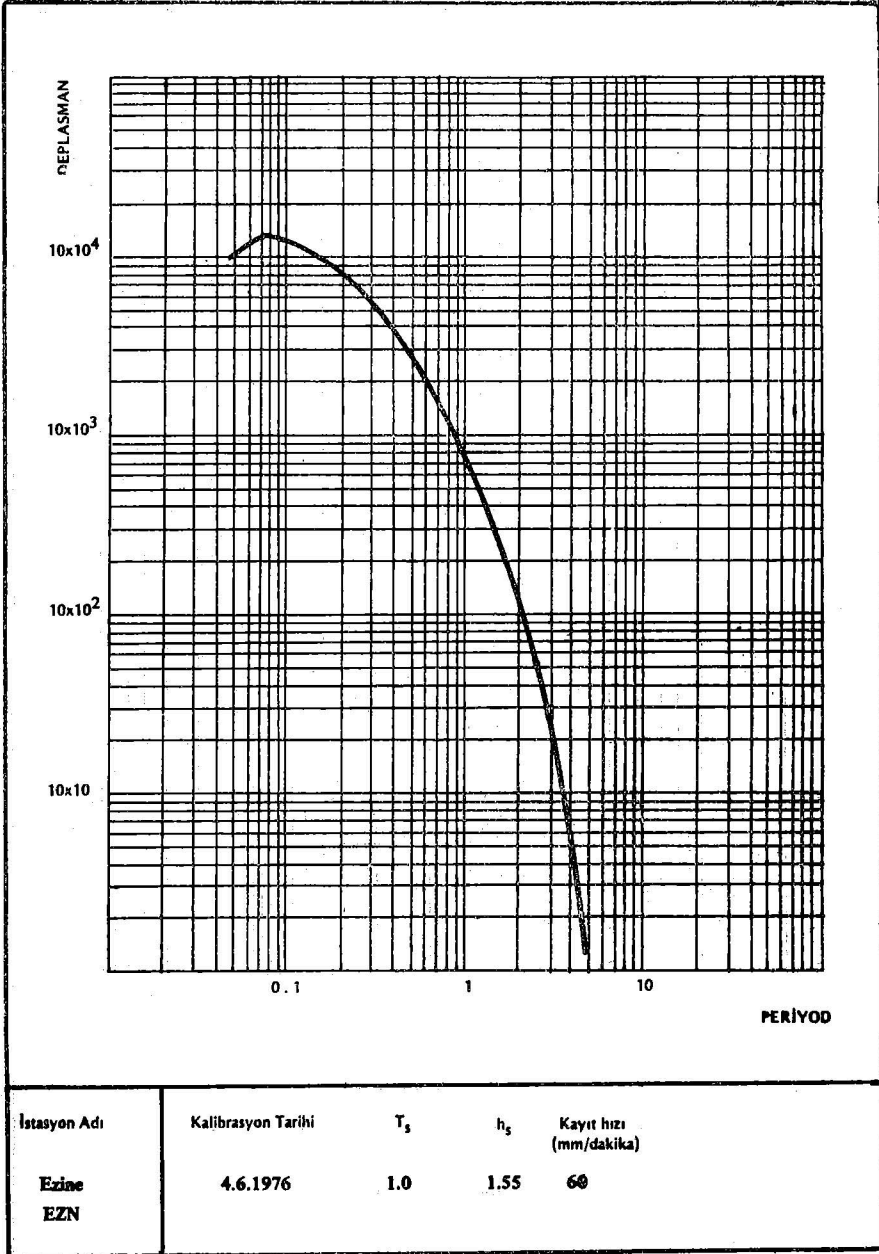
şekil 1 - d



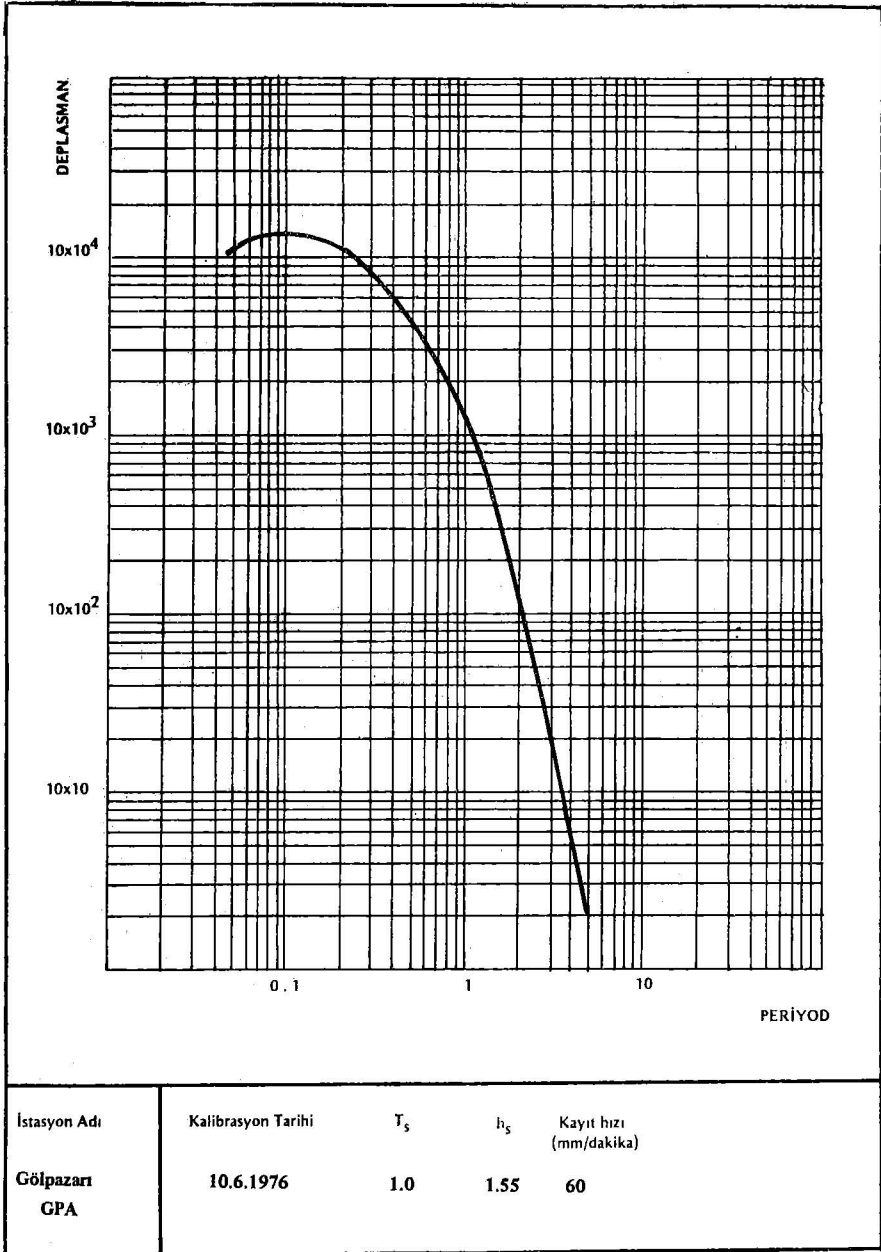


İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$h_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)
Demirköy DMK	25.11.1976	1:0	1,55	60

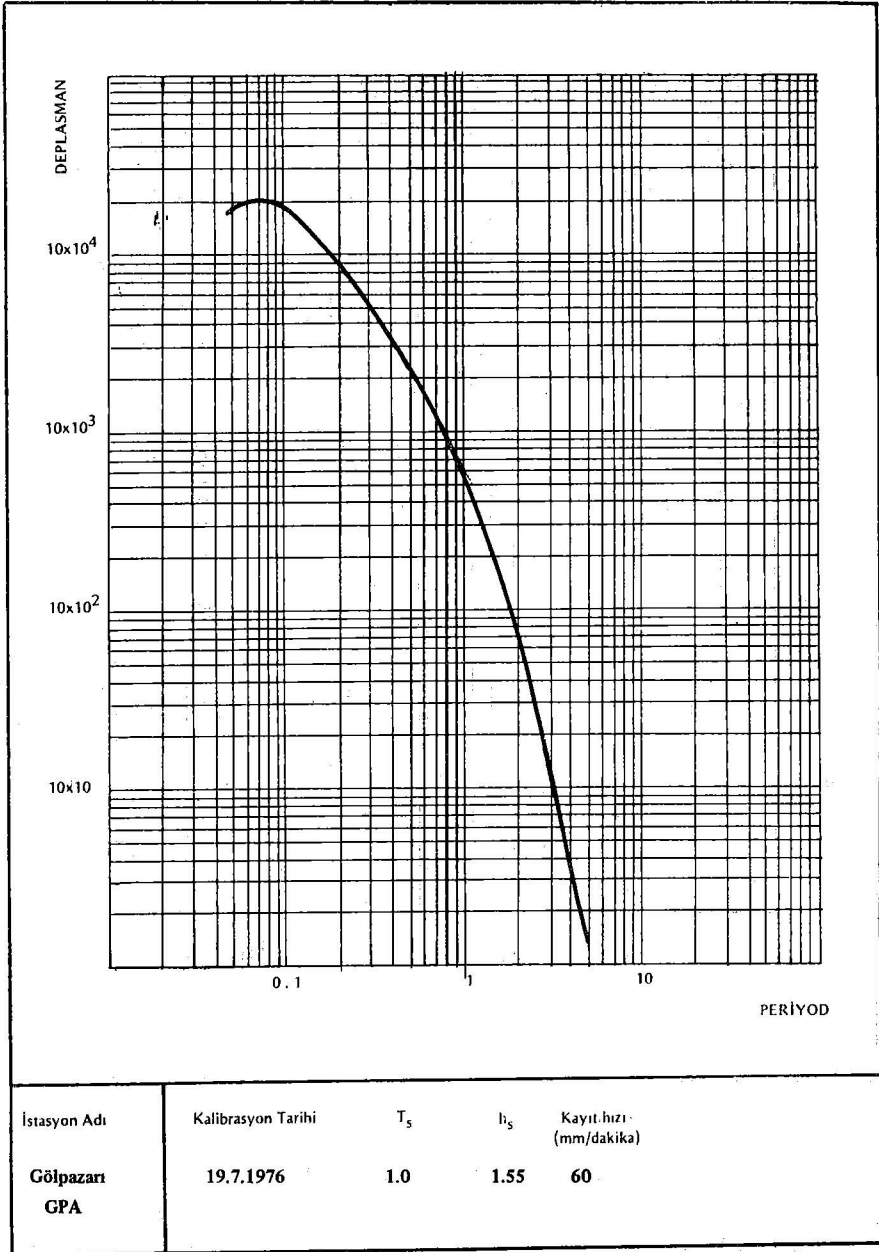
Şekil 1-e



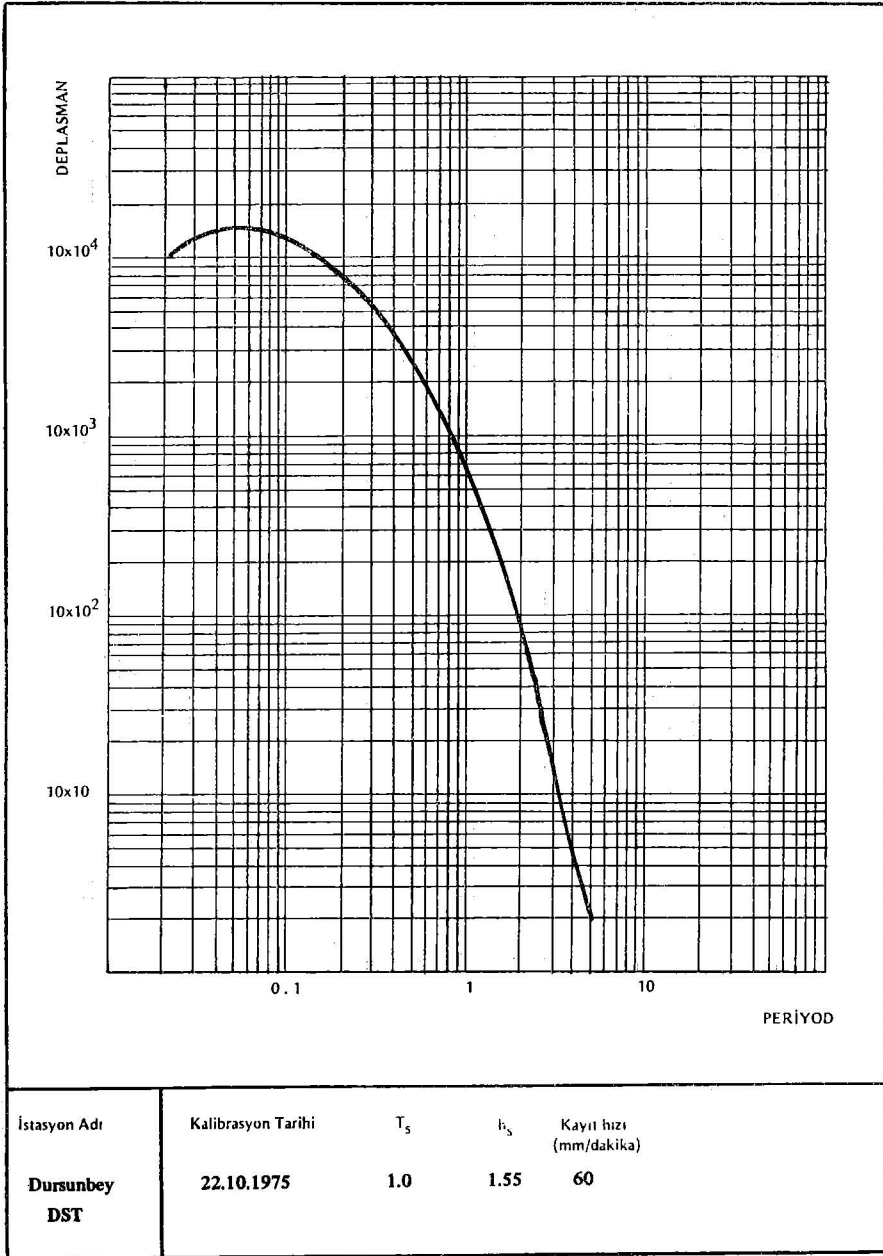
Sekil 1-f



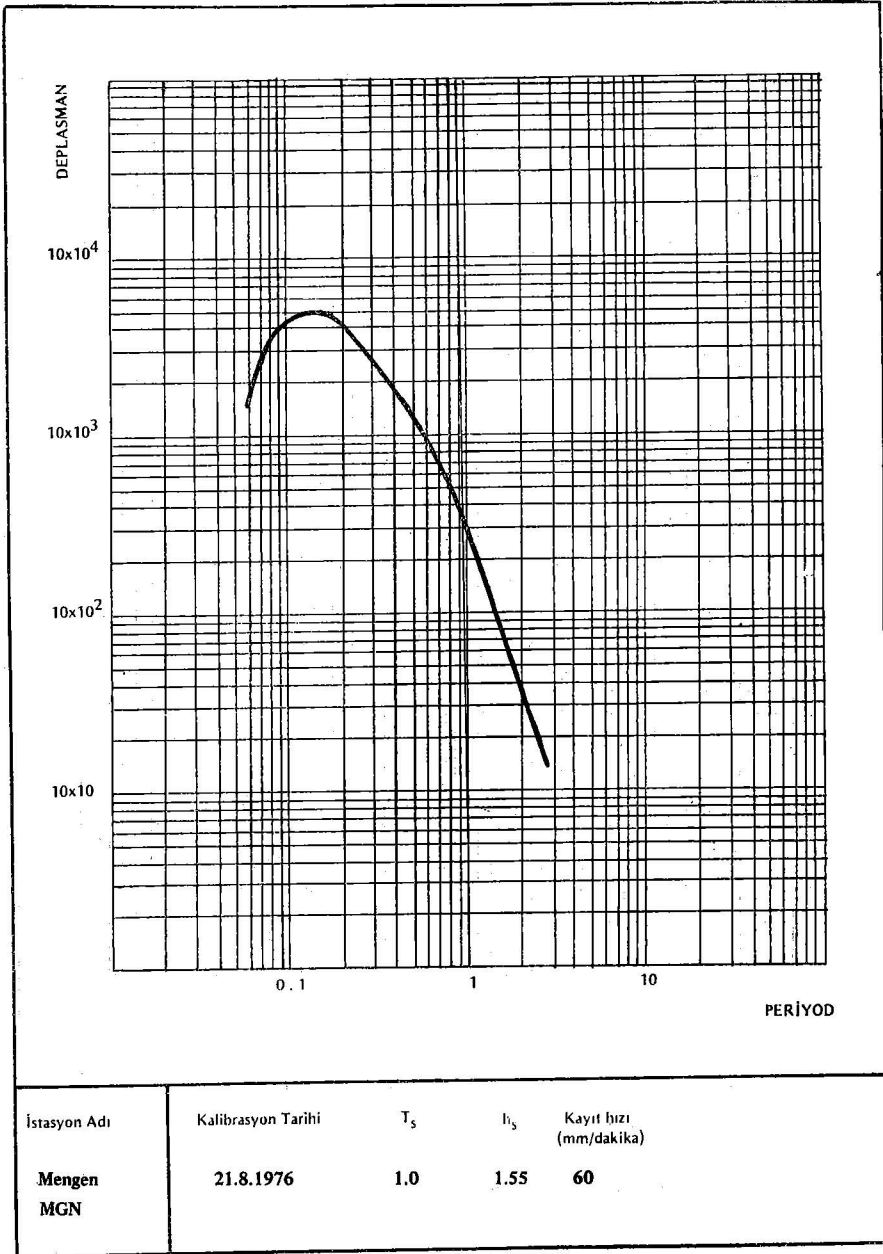
Şekil 1-E



Şekil 1-h

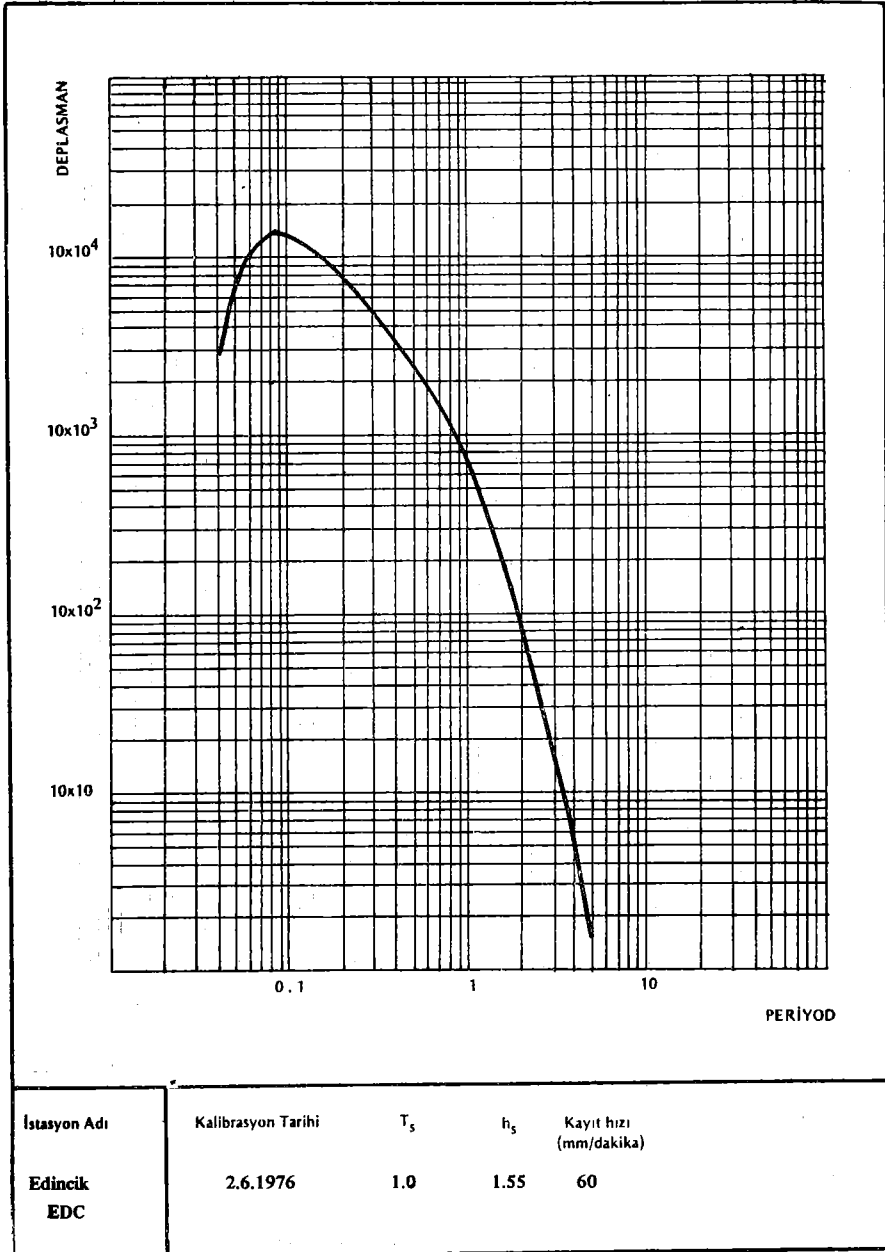


Şekil 1-1

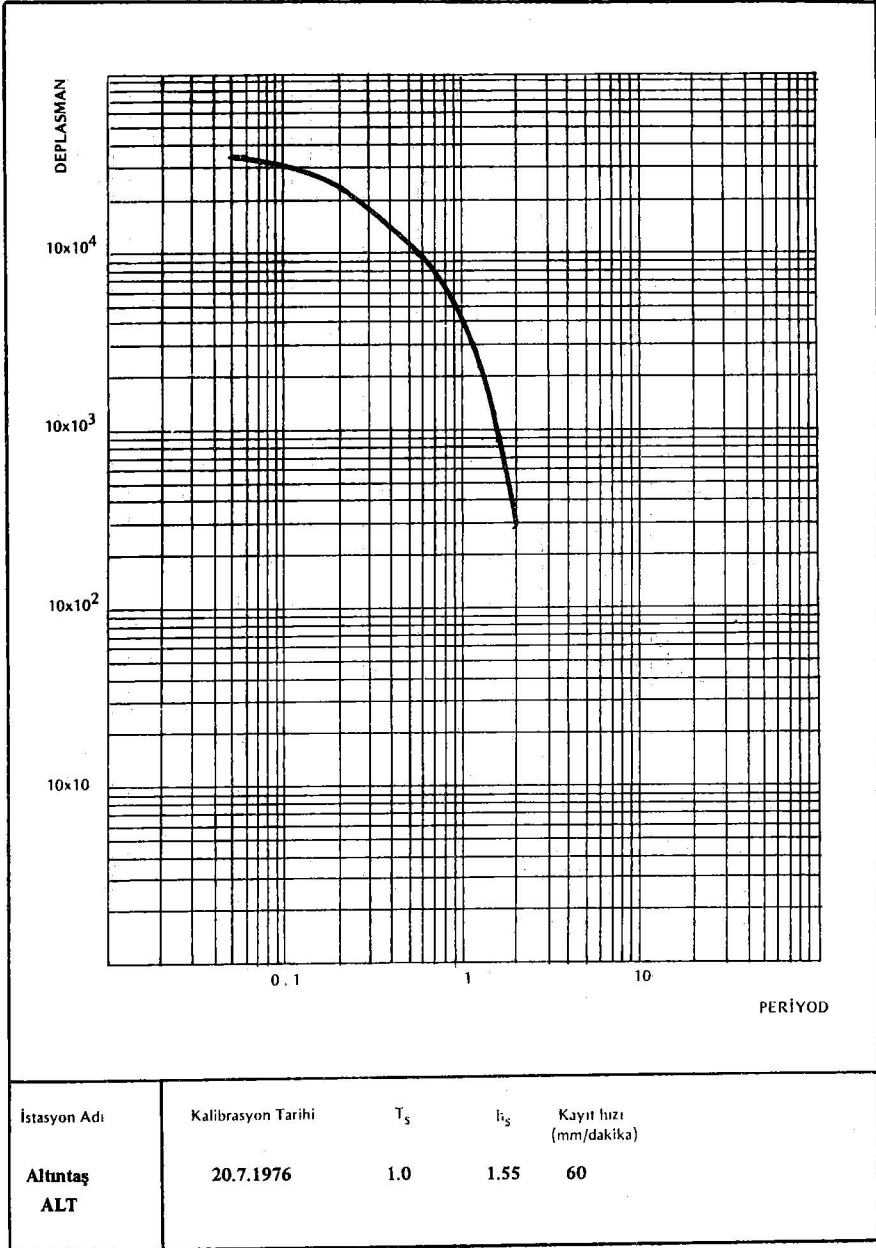


İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$h_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)
Mengen MGN	21.8.1976	1.0	1.55	60

Şekil 1-k

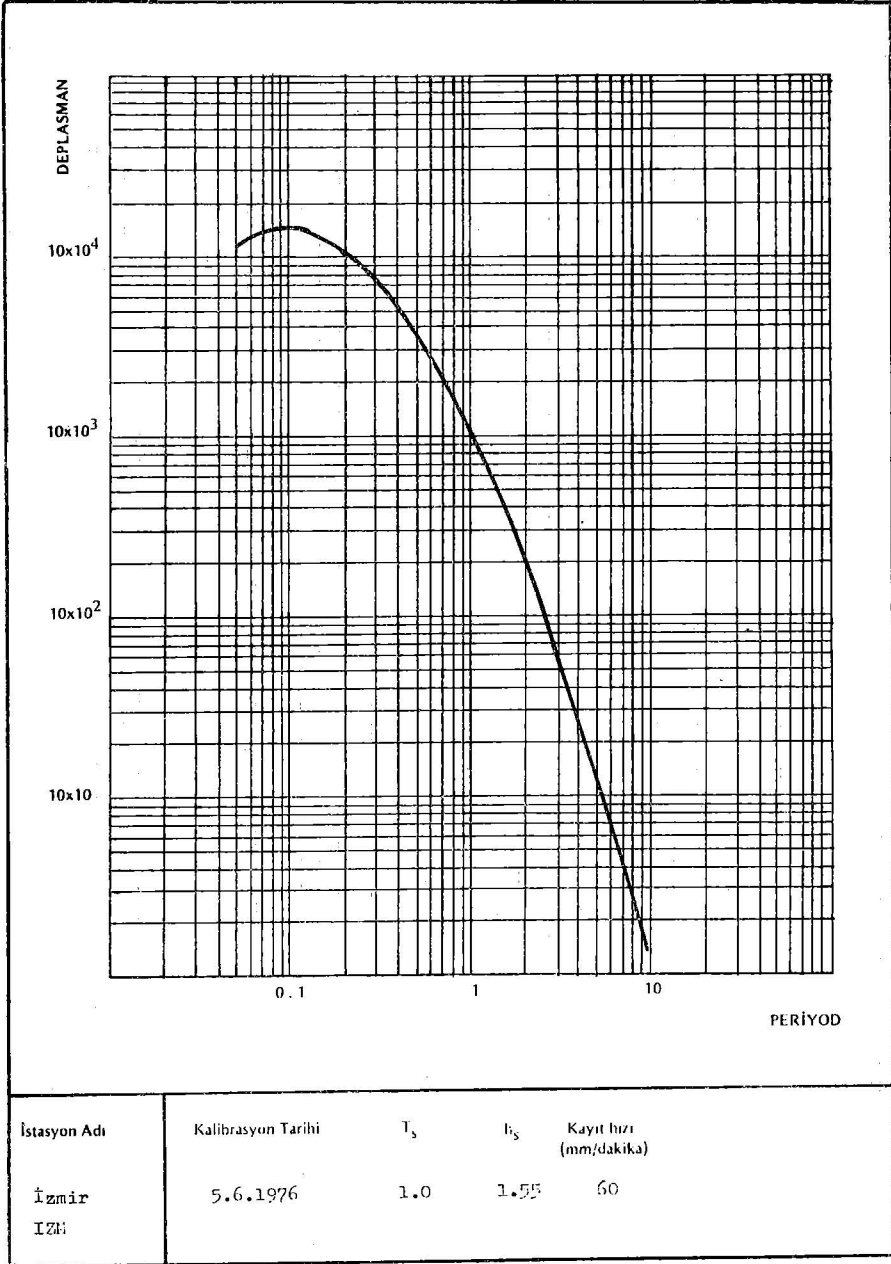


Şekil 1-1

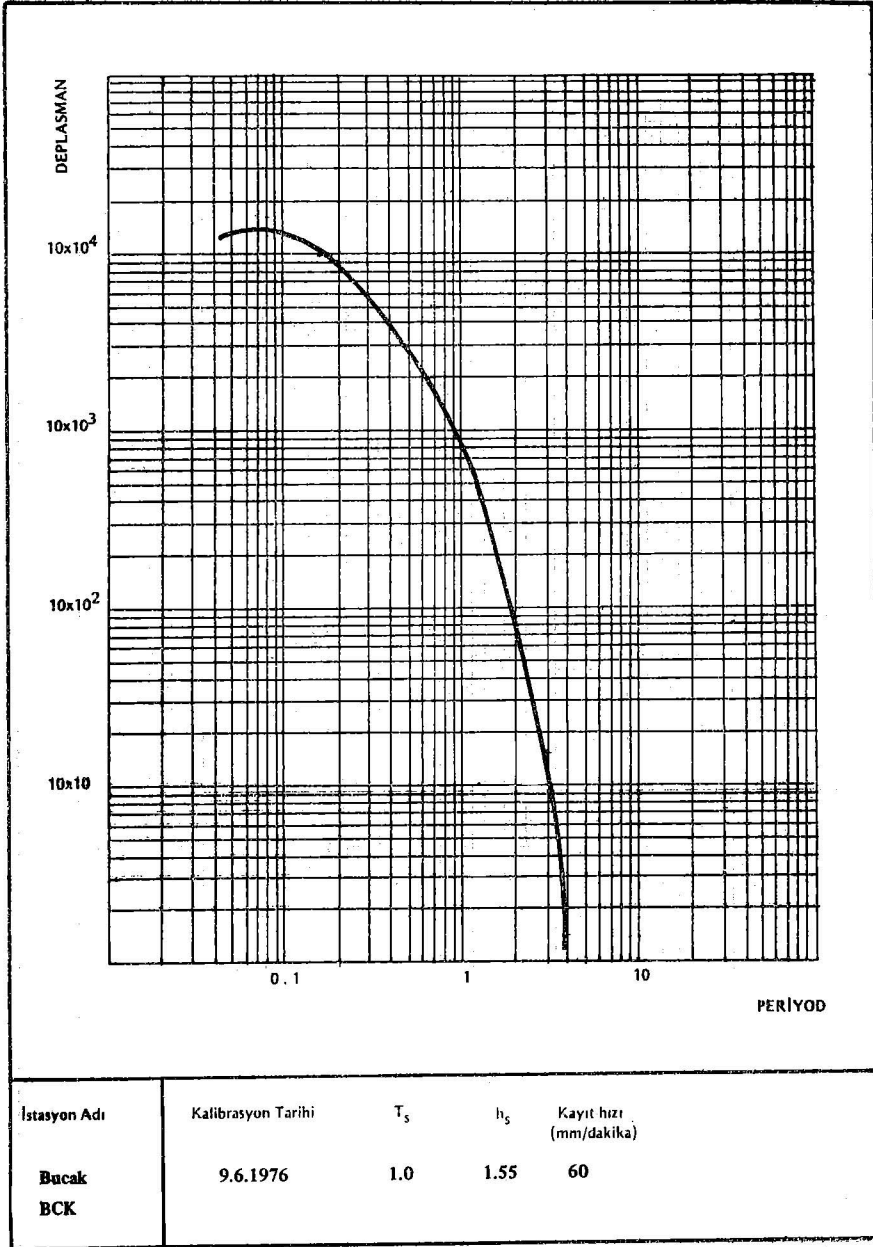


Şekil 1-n

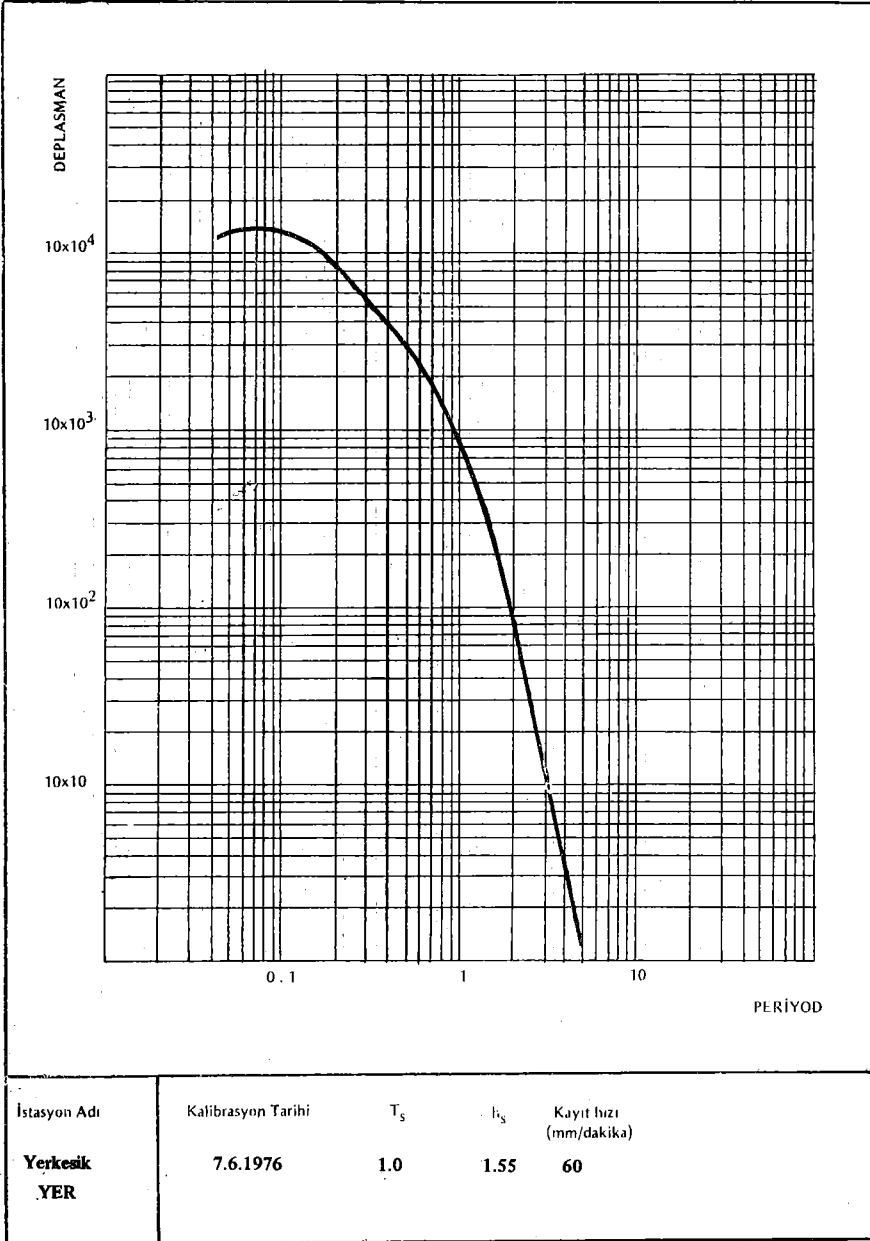




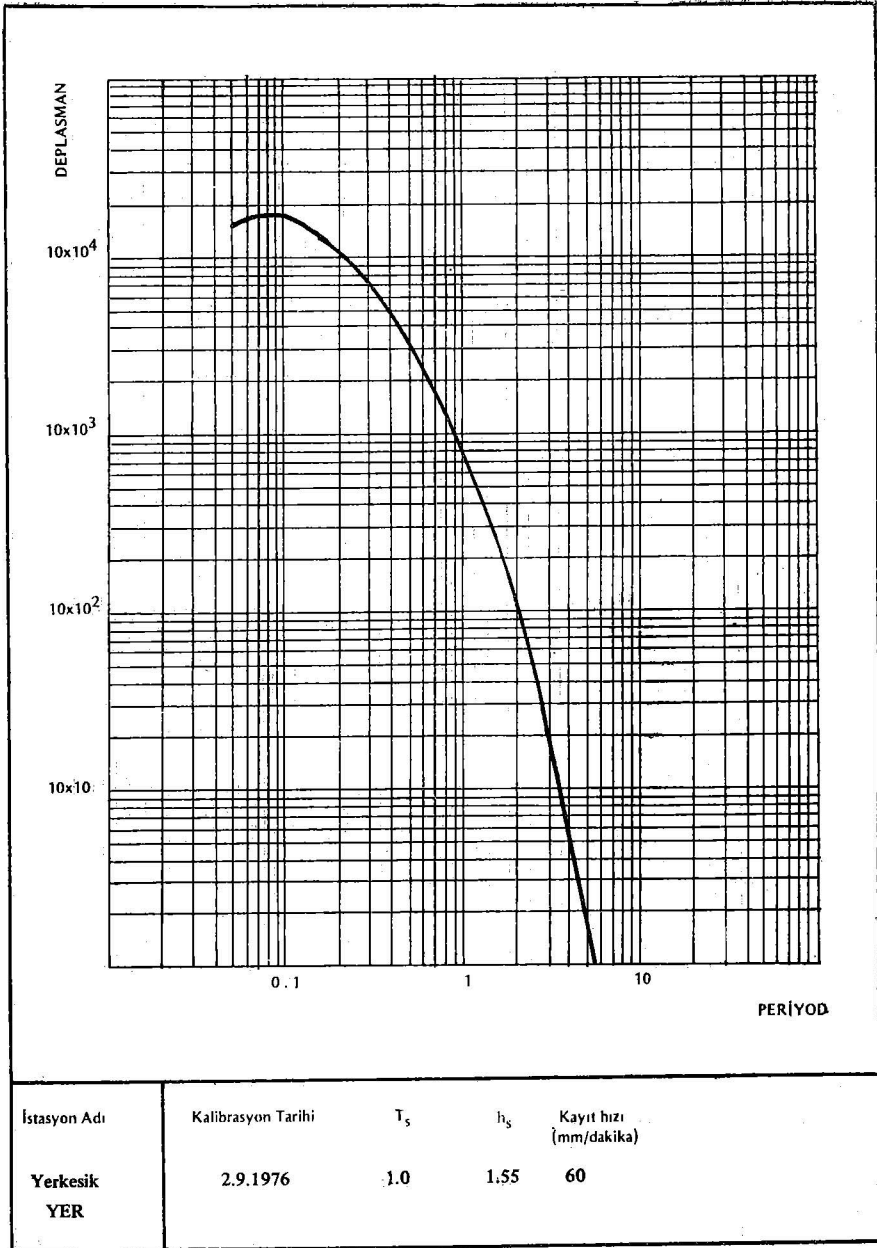
Şekil 1-m



Şekil 1-0

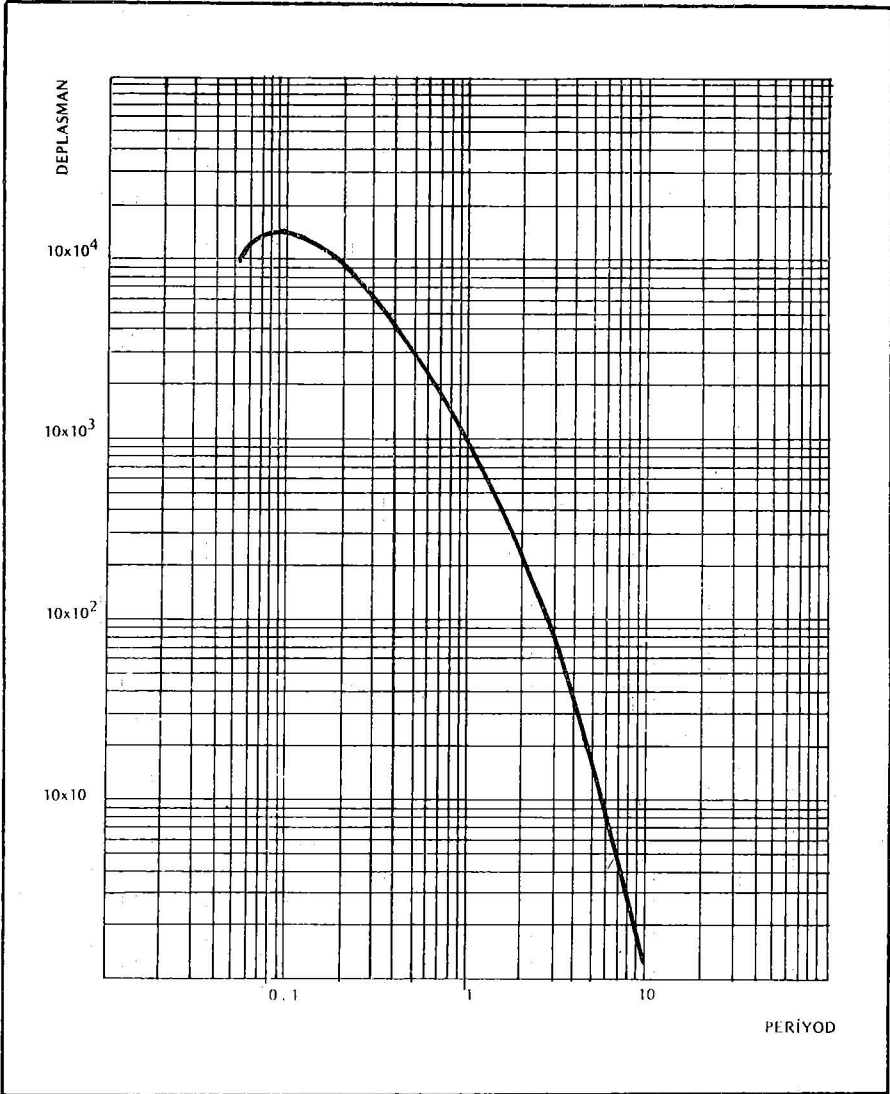


Şekil 1-p

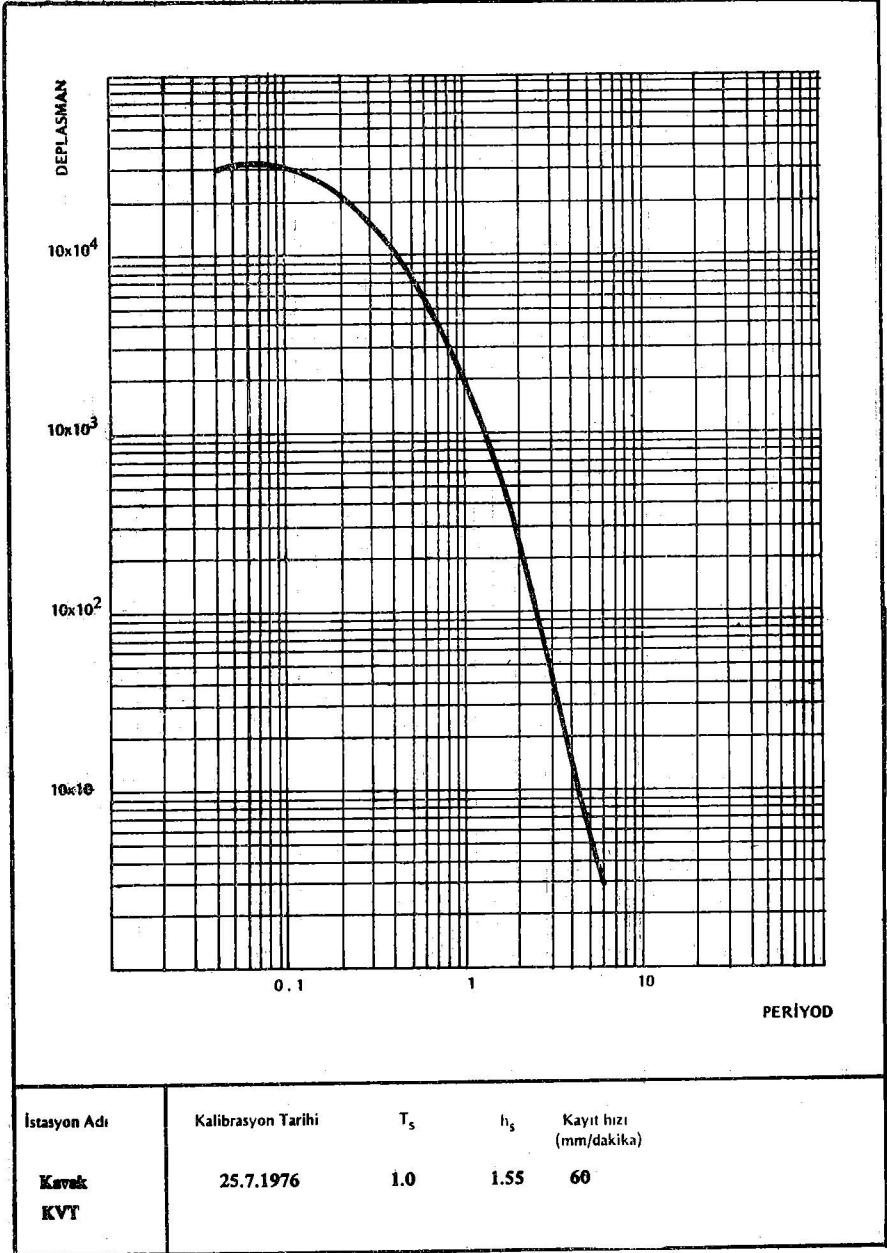


Istasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$h_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)
Yerkesik YER	2.9.1976	1.0	1.55	60

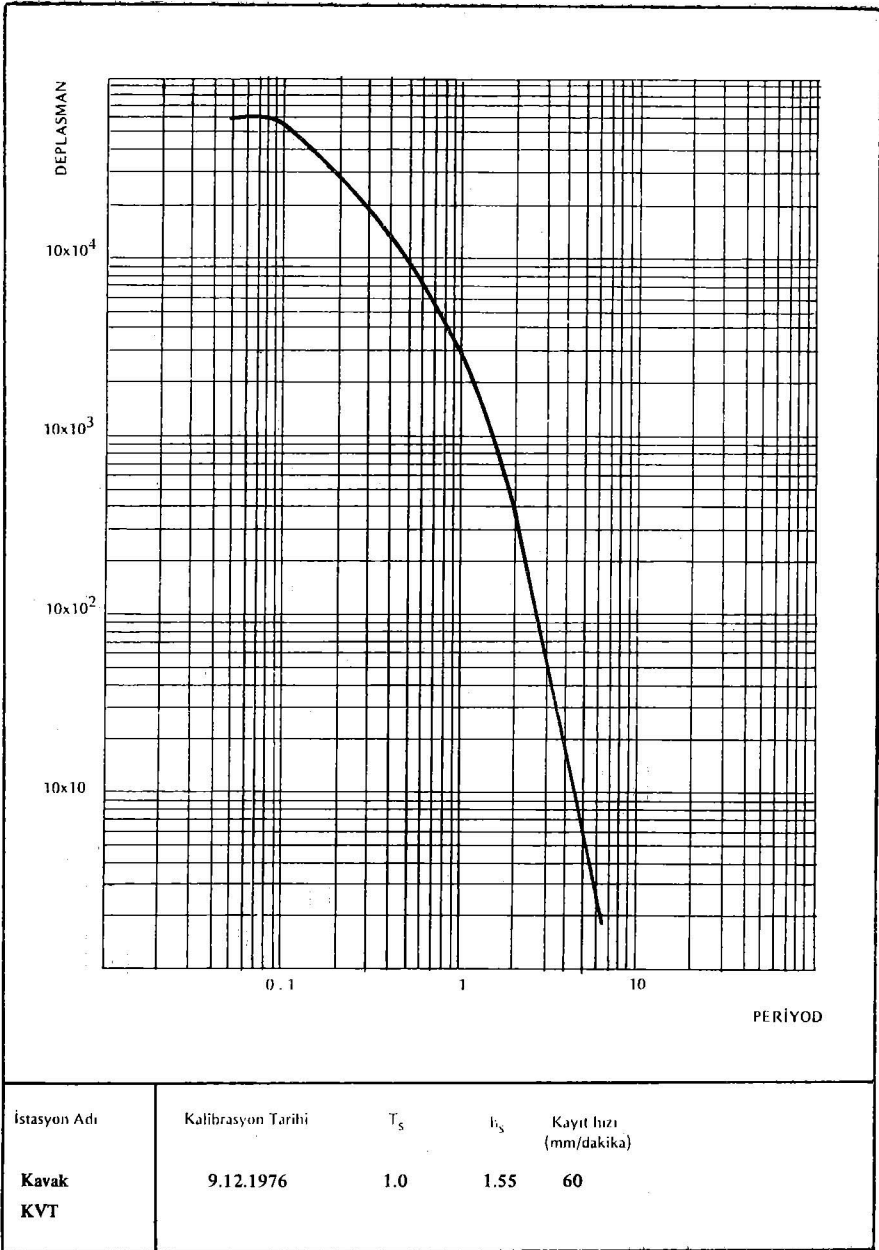
Şekil 1-a



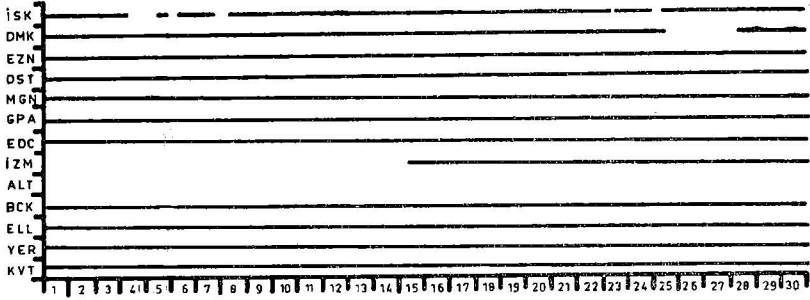
İstasyon Adı	Kalibrasyon Tarihi	$T_s$	$f_s$	Kayıt hızı (mm/dakika)
Elmalı ELL	8.6.1976	1.0	1.55	60



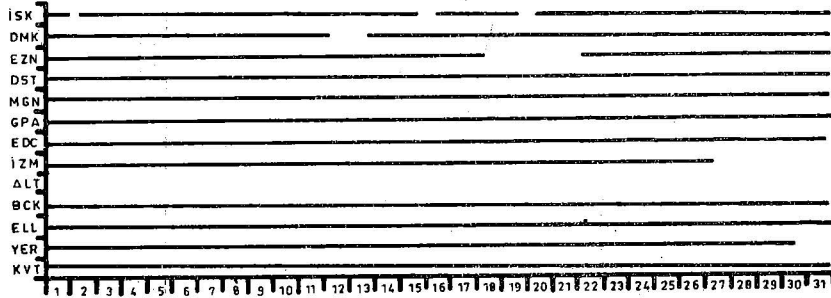
Şekil 1-s



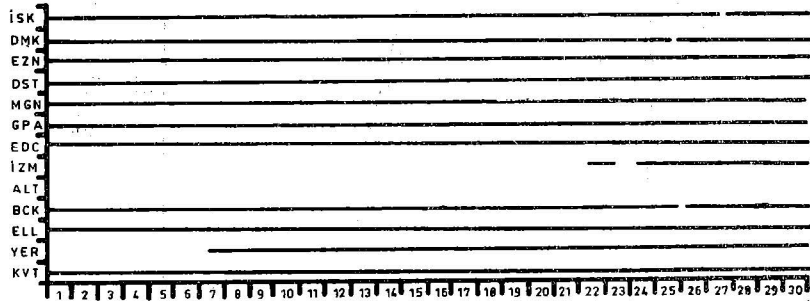
Şekil 1-t



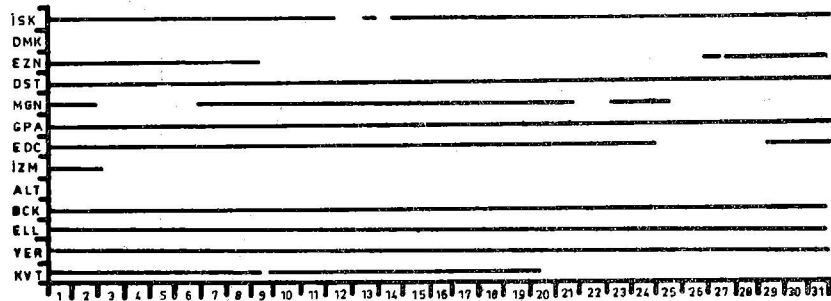
EYLÜL, 1976



EKİM, 1976



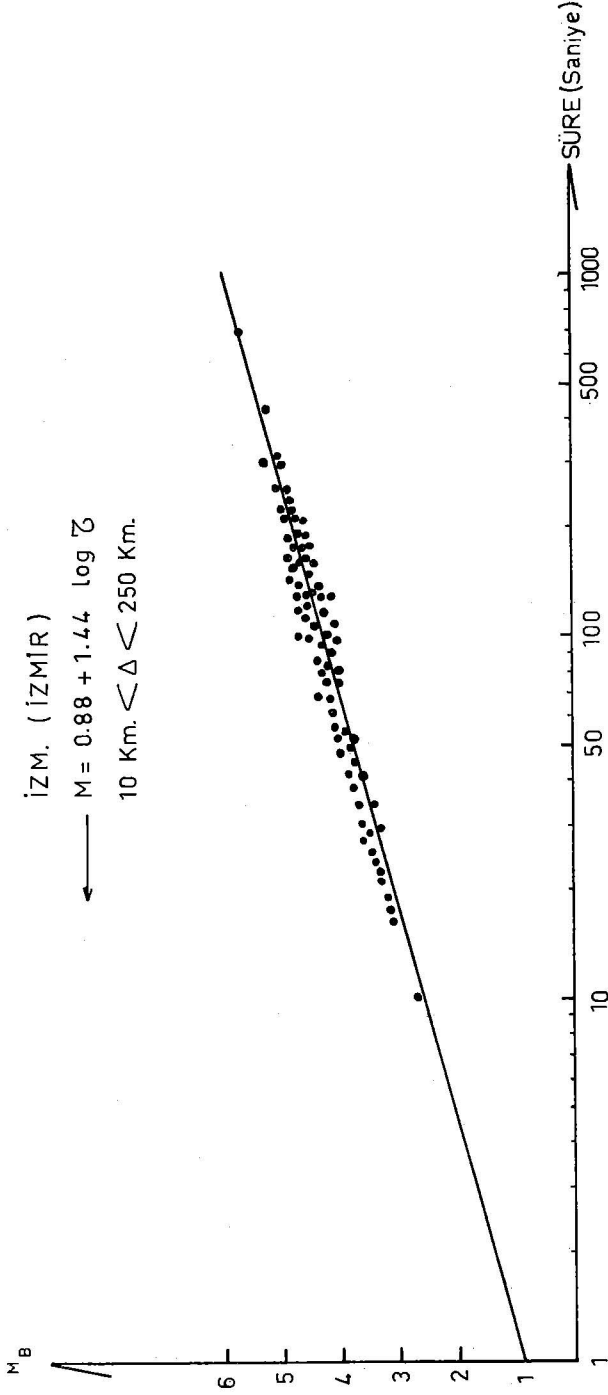
KASIM, 1976



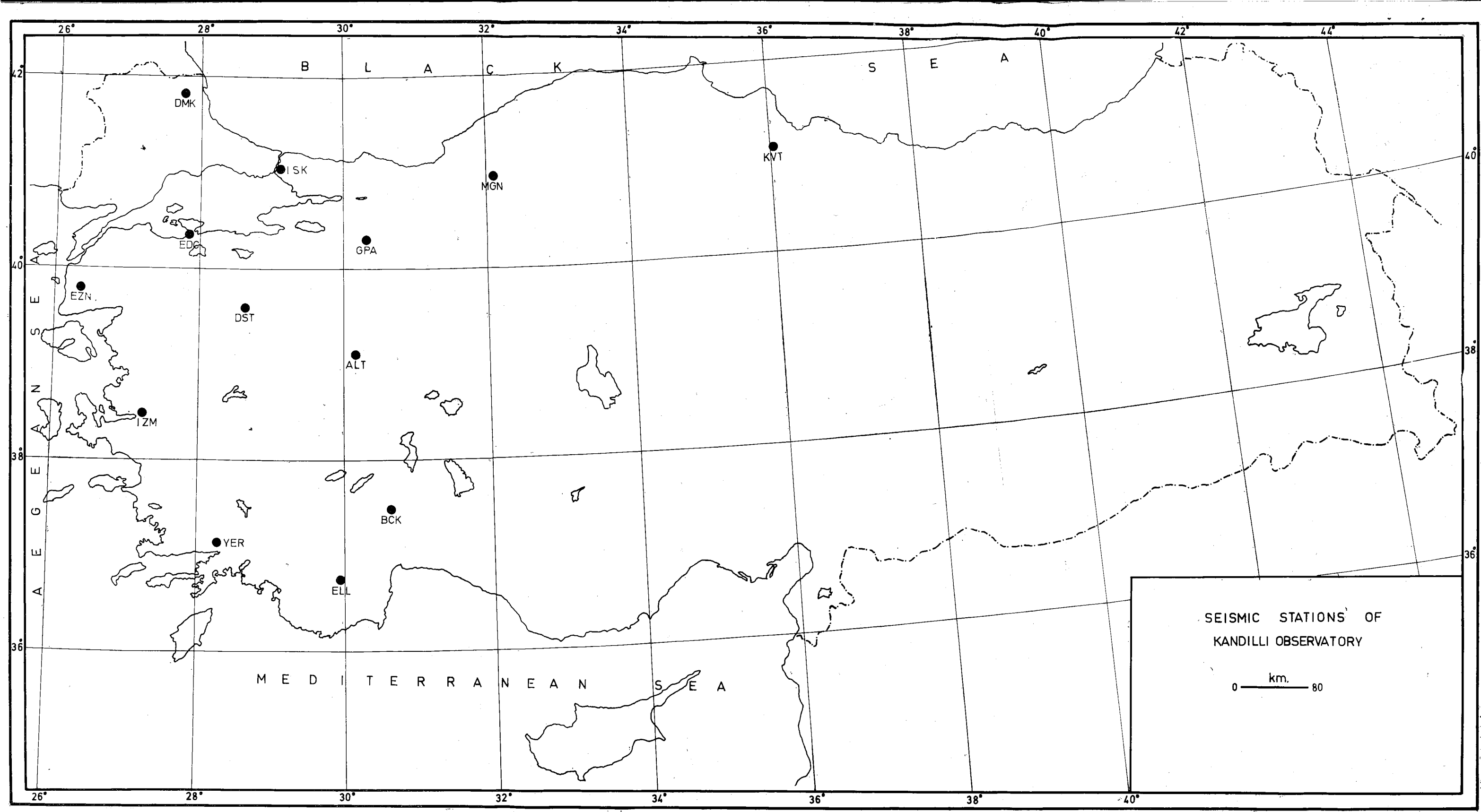
ARALIK, 1976

Sekil 2. Deprem istasyonlarının dört aylık süre içinde çalışma durumlarını gösteren grafikler.





ŞEKİL 3



## SİSMOLOJİDE SON 25 YIL \*

Yazan : Otto W. Nuttli

Çeviren : Ref'an Ateş (\*\*)

Günümüzde Sismoloji, çok iyi bir teknik programın ve aynı zamanda bu toplantılara katılma oranının da gösterdiği gibi, gelişen, sıhhatli ve oldukça geniş bir bilim dalıdır. İlk sismograf 100 sene kadar önce geliştirilmiştir. Sismoloji 25 sene önce ilmin ufak bir dalıydı, çok az kişi bu konuda araştırmaya yönelmişti ve parasal bütçesi çok ufaktı. Özellikle Birliğin genç üyeleri için, 1950 yıllarındaki sismolojinin genel durumunu anlatmada ve bugüne dek olan gelişmeleri-kanımca önemli olan gelişmeleri- belirtmede yarar görüyorum.

Amerikan Sismoloji Birliğinin bünyesini belirterek konuşmaya başlayabiliriz. 1950, 1951, 1952 yıllarının toplantılarından bazı ortalama sayılar saptadım. O zaman Birliğin 700 üyesi ve 250 abonesi vardı. Bu sayılar şimdi 1550 üye ve 900 abone olmuştur. Yıllık toplantılara 30-40 üye katılırdı. Bu durum, o tarihlerde başlıca ulaşımın trenle yapıldığı ve doğu kıyısından batıya gitmek için 3 gün tren yolculuğunun gerektiği düşünülürse, çok garipsenmeyecektir. Yıllık toplantılarda 25 bildiri verilirdi.

«Bulletin of the Seismological Society of America» dört ayda bir basılırdı, bir yıldaki toplam sayfa sayısı 400, ve 20 veya 25 bilimsel bildiri olurdu. Günümüzde Bülten iki ayda bir basılıyor sayfa sayısı 2000 ve bildiri sayısı ise 120 dir. Bildirilerin türünü belirtmek ilginç olacaktır. 1950-1952 arası 3 yıllık zamanda 4 büyük deprem çalışması, 18 cisim dalgaları (15 gözlemsel, 3 teorik), 14 yüzey dalgaları (8 gözlemsel, 6 teorik), 4 odak mekanizması ve kaynak türleri, 3 mikrosismik, 6 sismograf, 6 deprem mühendisliği, 3 volkanlar ve 10 diğer konularda çalışmalar basılmıştır. Yayın tutarları çok daha ucuzdu, 1950 yıllarında yıllık tutar \$ 6.000 olurken şimdi bu sayı \$ 120.000 olarak belirmektedir.

— 1950 yılları ortalarında Federal Hükümetin desteği şimdikiinden çok daha azdı. National Science Foundation-Ulusal Bilim Kurumu - o zaman kuruldu ve araştırma bursu olarak yılda \$ 10.000 gerektiği belirtildi. Sismoloji konusundaki araştırmaların diğer bir desteği ise Office of Naval Research-Denizsel Araştırma Dairesi- idi. Bütün sismolojik çalışmalar «U.S. Coast and Geodetic Survey of Department of Commerce» -Birleşik Amerika Kıyı ve Jeodetik Haritalama Bölümü'nün denetiminde Federal Hükümet tarafından düzenlendi. O zaman sismolojide çalışan 20 kişi vardı. Başlıca aktivitelerinden

---

(\*) Amerika Sismoloji Birliği'nin (Seismological Society of America) 5 Nisan 1977 tarihli Sacramento, Kaliforniya'daki toplantısında Başkanlık Konuşması olarak yapılmıştır.

(\*\*) Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı

biri ise «Preliminary Determination of Epicenters» - Episentrların Ön Belirlenmeleri - idi. Episentrlar, küre üzerine yaylar çizilerek ve P varış zamanlarından faydalanılarak yapılırdı. Sismograf istasyonlarının azlığı ve sismograf büyütmelerinin küçük oluşu, magnitudü 6'dan küçük depremlerin episentri belirlenmelerini zorlaştırıyordu. Ancak, Japonya, Merkezi Avrupa, Kaliforniya ve Orta Mississippi Vadisi gibi sismoğraf ağının sık olduğu yerlerde episentri belirlenmeleri yapıyordu. Coast and Geodetic Survey (CGS)'in 27 istasyonu vardı. 1 Güney Amerikada, 1 Kanal Bölgesinde, 1 Porto Rikoda, 1 Havai ve 2 Alaskada ve 48 ise Amerika Birleşik Devletlerinin değişik eyaletlerindeydi. CGS, sismografları okumak ve yıllık bültenleri hazırlamakla sorumlu oldu. Batı Amerikanın izoseist haritalarının hazırlanmasında sorumlu olan CGS'in Seismological Field Service - Sismolojik Arazi Servisi - ile California Institute of Technology - Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü - ve University of California, - Berkeley - Kaliforniya Üniversitesi - işbirliği yapıyordu.

Amerika Birleşik Devletlerinin doğusu için izoseist haritalarının çizimi CGS'in Washington Ofisinin göreviydi. Yalnız Merkezi Mississippi Vadisinin şiddet dağılım haritalarını Jesuit Seismological Association'ın merkezi olan Saint Louis Üniversitesi yapıyordu. Ayrıca yılda 75 kadar depremin de episentri belirleniyordu.

— Birleşik Amerikada lokal depremlerin belirlenmesi için kurulan sismograf istasyonlarından Güney Kaliforniadakiler «California Institute of Seismology», Merkezi ve Kuzey Kaliforniya ve Nevada Şebekesi «University of California, Berkeley ve Merkezi Mississippi Vadisi şebekesi ise «Saint Louis University tarafından yürütülüyordu.

Kuvvetli hareket aletlerini ise CGS'in Seismological Field Service; çalıştırıyordu. Batı Amerika 60 tane kuvvetle hareket akselerografı ve 3 tiltmetre bulunuyordu.

Çok seyrek olan sismograf istasyonlarının sismograf karakteristikleri de aynı değildi. Lokal deprem çalışmaları için genellikle Wood-Anderson Torsiyon Sismografları kullanılıyordu. Telesismik kayıtlar için, İstasyonlarda kısa periotlu Benioff ve orta periotlu Galitzin sismografları bulunuyordu. CIT'in uzun periotlu dalgaları ölçmek için Benioff Strain-metresi vardı. Bazı istasyonlarda amatörce yapılmış aletler çalıştırılırdı. Sismografların çok azı kalibre edilmişti ve belki de sismograf istasyonu sayısı kadar farklı, sismograf sistemi davranışları elde edilirdi. Dalgaların varış zamanı okumaları, amplitüd okumalarından daha önemliydi, ve dalga hareketinin spektrumu çalışmaları daha sismolojide işitilmemişti. Saatler pandüllü olduğundan tam zaman ayarı bir problemdi, saatler günde birkaç dakika ileri gider veya geri kalırdı.

Araştırmanın kalitesiyle ilgili olarak çok ilginç bir noktayı belirtmek gerekir. O tarihlerde kullanılan Jeffreys-Bullen ve Gutenberg-Richter varış-zaman tabloları günümüzde de çok kullanılmaktadır. Cisim dalgalarının bütün önemli fazları 1950'nin ilk yıllarında belirlenmişti.

Ancak üst manto süreksizliğinin altında yansıyan fazlar bilinmekteydi. Genellikle, sismolojinin dalga varış zamanı okumalarıyla ilgili konuları oldukça geliştirdi.

Odak mekanizması çalışmaları Byerly tarafından geliştirilip P dalgasının ilk hareketini incelemek için stereografik projeksiyon kullanılmıştı. Byerly ve öğrencileri bu yöntemi birkaç depreme uyguladı. 1950 yıllarında J. Hodgson, büyük sayıda olan Pasifik marjinali depremlerin sistematik çalışmasına başladı.

Kabuk yapısı çalışmaları başlangıç safhasındaydı. Bu konudaki bilgi, dünyanın ancak birkaç yerinde bulunan yerel kayıt şebekelerinin kayıt ettiği kırılmış dalgaların geliş zamanlarıyla ilgili çalışmalardı. Patlama incelemeleri, özellikle okyanus kabuğu için, yeni başlıyordu. Pasifik Okyanusu Kabuğunun kıtalardan daha ince olduğu ve diğer okyanus kabuklarının ise kıtaların kabuğuna benzediğine inanılmıştı. Yüzey dalgaları grup hızları için ancak birkaç gözlem vardı. Dijital kompüter ve nümerik hesaplamalar gelişmediğinden, basit arz modeli olarak iki düzlem tabaka modelinden öteye gidilememişti. 1952 deki Kamçatka Depremi arzın serbest salınımlarının kayıt edildiği ilk deprem oldu. Ancak yıllar sonra Benioff, onların strain sismograflarında kaydedilen uzun periyotlu gürültüden çok serbest salınımlar olduğunu ileri sürdü.

1950'nin ilk yıllarında, Gutenberg veya Jeffreys'in üst-manto hız yapısı modelinin doğru olup olmadığı konusunda tartışmalar başladı. Gutenberg, yukarı mantoda alçak hızlı bir tabaka belirlerken, Jeffreys, 400 km derinlik yöresinde hızın çabuk arttığı bir bölge tarifliyordu. 5 ile 15 derece uzaklıklarda «gölge zonu»nun etkisinin varlığı Gutenberg'in fikrini destekliyordu. Jeffreys'in, hızın çabuk artması fikrinin tartışması ise, 20 derece yöresinde P ve S zaman-varış eğrilerinin değişmesi ve uzak mesafelerde büyük amplitüdü dalgalar varışlarının bulunmasına dayanıyordu. İlimde her zaman görüldüğü gibi, her iki araştırmacı da verisini doğru olarak değerlendiriyordu, fakat ikisi de sınırlı verilerle çalışıyordu. Daha sonraları, biz, nükleer patlamaların P dalgası varış zamanı ve uzun periyotlu yüzey dalgalarının dispersiyonunun incelenmesinden üst mantoda düşük hızlı astenosferin varlığını ve bir (aslında iki veya daha fazla) yüzeyden sonra hızın derinlikle arttığını bulduk. Bu konuda, yüzeylerin gerçek süreksizlik yüzeyleri mi yoksa hızın devamlı ve çabuk arttığı bölgeler mi olduğu konusunda tartışmalar yapılagelmektedir.

Jeffreys ve Gutenberg'in dış çekirdek ile iç çekirdek sınırları konusunda da fikirlerinde farklılık vardı. Jeffreys, hız azalmasını büyük bir hız artmasının izlediğini söyledi, oysaki Gutenberg, yalnız hız artımını tanımladı. Son yıllardaki modeller de dışdan içe doğru hız artımını içermektedir. Serbest salınımlarla ilgili modern çalışmalar, uzun periyotlu yüzey dalga dispersiyonu ve birçok kere yansımış çekirdek fazlarının varış zamanı çalışmaları, iç-dış çekirdek sınırı için 1950'lerde bilinenlere yeni bir katkıda bulunmamıştır.

Dalga amplitüdüleri başlıca, cisim ve yüzey dalga amplitüdülerinin belirlenmesinde kullanıldı. 1930 yıllarında Richter ve Gutenberg'in geliştirdiği çalışmalar 1950'lerde gerçekleşmeye başladı. Ancak değişik özellikteki aletlerin bulunuşu ve genel olarak kalibrasyonlarının olmayışı Pasadena ve Berkeley gibi birkaç istasyon hariç, diğer istasyonlarda depremlerin magnitüd belirlenmelerini zorlaştırıyordu. Bütün amplitüd ölçmeleri zaman ortamında (time domain) yapılıyordu. Frekans ortamı çalışmaları henüz sismolojiye uygulanmamıştı.

Belki bu özet, size 1950 yılları başlarında sismolojideki durum için bir fikir verebilecektir. Şimdi de, o tarihtenberi ilmin hızla gelişmesine neden ola-

rak gördüğüm başlıca gelişmeleri belirteceğim. Kanımca en önemli neden, dijital kompüterin geliştirilmesiydi. Onsuz sismoloji bugün de 1950 yıllarındaki gibi kalacaktı. Düşünebilir misiniz, eğer kompüter olmasaydı araştırmayı nasıl yapardınız. Bir örnek olarak, serbest salınımlar ve yüzey dalgalarıyla ilgili teorik ve gözlemsel çalışmaların gelişmesinin ancak kompüter kullanılmasıyla gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Diğerleri arasında sonlu-elemanlar analizi, spektral analiz, sentetik sismografların yapımı ve sismik şebeke verisinin değerlendirilmesini gösterebiliriz.

Sismolojinin gelişmesiyle ilgili diğer bir neden ise VELA UNIFORM programıydı. 1960 yıllarında yeraltı nükleer patlamalarını saptamak ve onları depremlerden ayırabilmek amacıyla başladı. Programın amacına ulaşmasındaki ilerlemeler sismolojinin hemen hemen her konusunu kapsıyordu. Program oldukça iyi desteklendiğinden, sismolojik problemlerin bütün spektrumunu kapsamak için yeterli destek vardı. Program, World Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN), LASA, NORSAR şebekeleri çalışması ve onların magnitüd saptamalarını geliştirmelerinden sorumluydu. Dijital kompüterden sonra 1960 yıllarında sismolojideki hızlı gelişmelere en büyük katkısı WWSNN'indi. VELA UNIFORM desteğinden oluşan gelişmeleri özetlemeye çalışmak bile olanaksız. Herkes kendi özel çalışma konularıyla ilgili olarak, gelişmeleri listeleyebilir. Kaynak mekanizması, yayının etkileri, istasyon yeri ve kayıta etkilerinin tamamıyla çalışıldığını söyleyebiliriz.

VELA UNIFORM programının sismolojiye en büyük katkısı düzeltilmiş ve tamamlanmış episentr belirlenmeleri, okyanus tepelerindeki odak mekanizması çalışması, kırılma ve dalma zonları, dalma zonlarındaki derin odaklı depremlerin dalga yayınımlarının gözlemleri, okyanus litosferindeki yüzey dalga hızlarının okyanustabını sirtlarından uzaklaştıkça artması konularındaki çalışmaların ve diğer çalışmaların sonucu plaka tektoniği teorisinin geliştirilmesiydi. Plaka tektoniği anlayışı son yıllarda sismolojideki büyük gelişmelerden biridir. Teori, ilimdeki daha önceki buluşların bir sentezi ve depremlerin neden ve nerede olduklarını açıklayan iyi bir görüştür.

Son yıllarda, deprem hasarları ve hasarın nasıl azaltılacağı problemi bu artan sismoloji çalışmaları için başka bir amaç olmuştur. Özellikle nükleer santrallerin ve yüksek barajların yapımı gibi teknolojik gelişmeler insanların başarısızlığa uğramasına olanak vermemektedir. Şehirleşme de insanları beraber ve çoğu zaman çok katlı yapılarda oturmaya itmektedir. Böylece, günümüzde bir deprem sonucu meydana gelecek can kaybı veya yaralanma olasılığı 25 sene öncesinden daha fazla olacaktır.

Deprem mühendisleri ve sismolojistler, deprem hasarı azaltma konusunda artan bir önem vermektedirler ve gelecek yıllarda da bu problemin önemseneyeceği kesindir. Günümüzde, birçoğumuz, depremlerin önceden bilinmesi konusunda ayrıntılı bir program veya depremlerin önceden bilinmesini sağlayabilecek gelişmeleri içeren bir araştırma programı beklemektedir. Böyle bir araştırmadaki yönelim, deprem anında ve depremden önce kaynak bölgesinde oluşan fiziksel değişimlerin anlaşılması olacaktır. Ve böylece bizim hangi fiziksel parametreleri izleyip ve onların değişimlerini nasıl değerlendirebileceğimiz ortaya çıkacaktır. Diğer bir yaklaşım ise belirgin bir parametreyi kontrol ederek, deprem öncesi ve deprem sonrası değişimini çalışmaktır. Bu da, yüksek sismisitesi olan bölgelere aletler yerleştirilmesini gerektirir. Gördü-

ğüm kadarıyla, sismolojinin geleceği için birkaç kelime söyleyerek konuşma son vereyim. Son 25 yılda depremle ilgili problemlerde çalışan profesyonel sayısında ve onların araştırmalarının desteklenmesinde 100 defa artma olmuştur.

Sismoloji, 1950'lerin ilk yıllarındaki uyuyan bir ilim olmaktan çıkıp gelişen bir ilim olmuştur. Federal Hükümet, bu düzeydeki parasal desteği sağlamıştır. Araştırma, deprem nedeniyle hayat kaybı ve mal kaybını azaltma gibi Ulusal ihtiyaca hizmet edecektir. Böylece, bazısı teorik araştırma gerektirirse de, hepsinin uygulamasının bir amaca yönetilmesi gerekir. Bundan dolayı, çoğumuzun zamanını uygulamalı veya pratik problemlere vereceğini, laboratuvarlarımızda çalışmaktan çok hükümet yetkilileri ,planlamacılar, sosyologlar ve ekonomistlerle çalışacağını bekleyebiliriz. Sismoloji, gelecek 25 yıl içinde arz içi fiziğiyle daha az fakat yıkıcı bir olay olan depremlerle daha çok ilgilenecektir.

## YENİ BİR DEPREM MONİTÖR SİSTEMİ

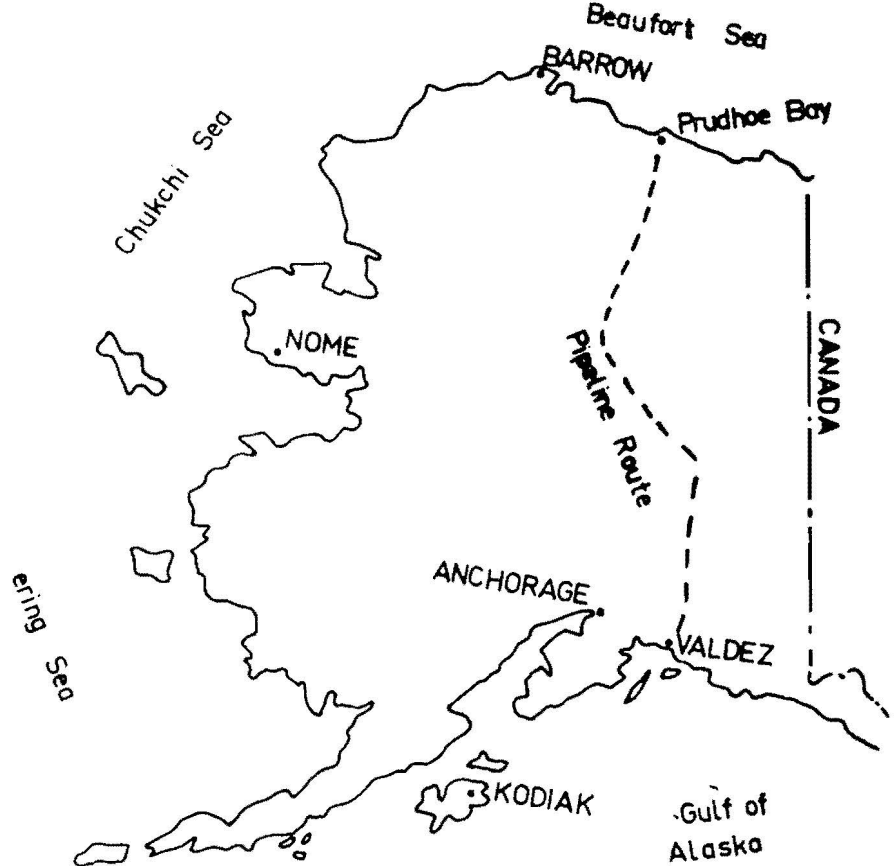
EOS (American Geophysical Union) haberler'inden alınmıştır.

(Mart 1977)

Çeviren : Ref'an ATEŞ

ALYESKA Pipeline Service Company, 1290 km'lik pipeline-petrol boru hattı (Şekil 1) boyunca meydana gelecek ani bir deprem aktivitesini belirleyecek yeni bir 'monitoring system' geliştirmiştir

Alyeska sismik mühendisi Douglas Nyman'dan alınan bilgiye göre, sistemin, bu boru hattı boyunca oluşacak bir depremin önem derecesini ve episentr lo-





kasyonunu saniye gibi kısa bir zamanda belirleyecektir. Sonra sistem bu boru boyunca değişik noktalarda, sarsıntının derecesini bir dakika içinde saptayacak, böylece Alyeska operatörleri boruyu kapayıp kapamayacaklarına, nerede ve ne tip hasar arayacaklarını bileceklerdir.

Pipeline Şirketinin üç ayda bir çıkarttığı Alyeska Reports'daki bir makaleye göre, sistem içinde birçok strong motion accelerograph yöredeki zemin hareketini ölçebilmek için yerleştirilmiştir. Sensörler boru boyunca 11 noktada ana kaya veya stable soil (duraylı zeminler) üstünde beton pilyelere yerleştirilmiştir. Herbiri microcomputerli olan elektronik panellerle birbirine ve sonra Valdez terminalinde master komputer sistemine bağlanmıştır.

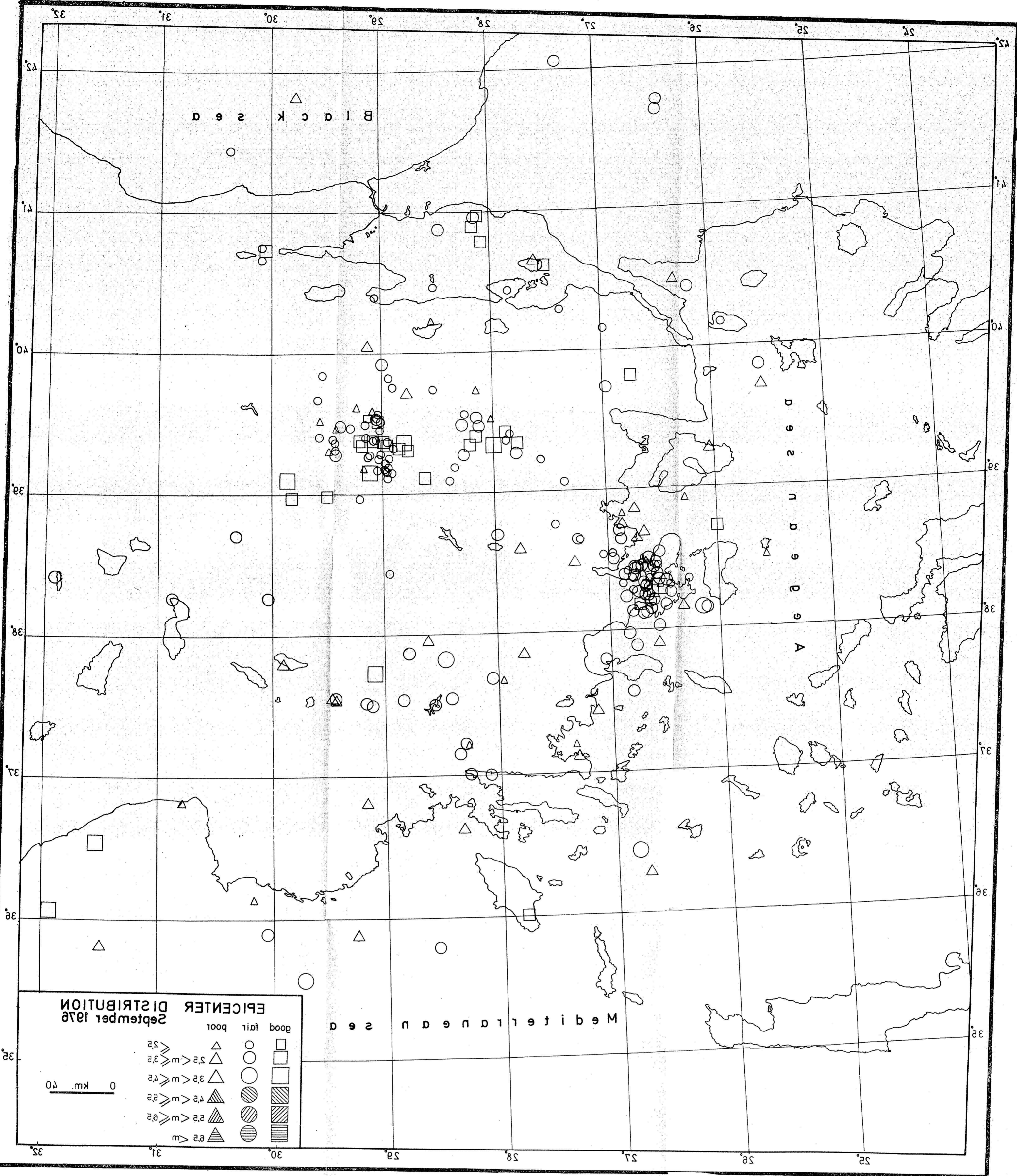
Deprem anında her noktadaki ufak komputerler deprem hareketinin şiddetini belirleyip depremin etki alanı içindeki noktalarda pipeline'a gelecek olasılı etkiyi saptayacaktır.

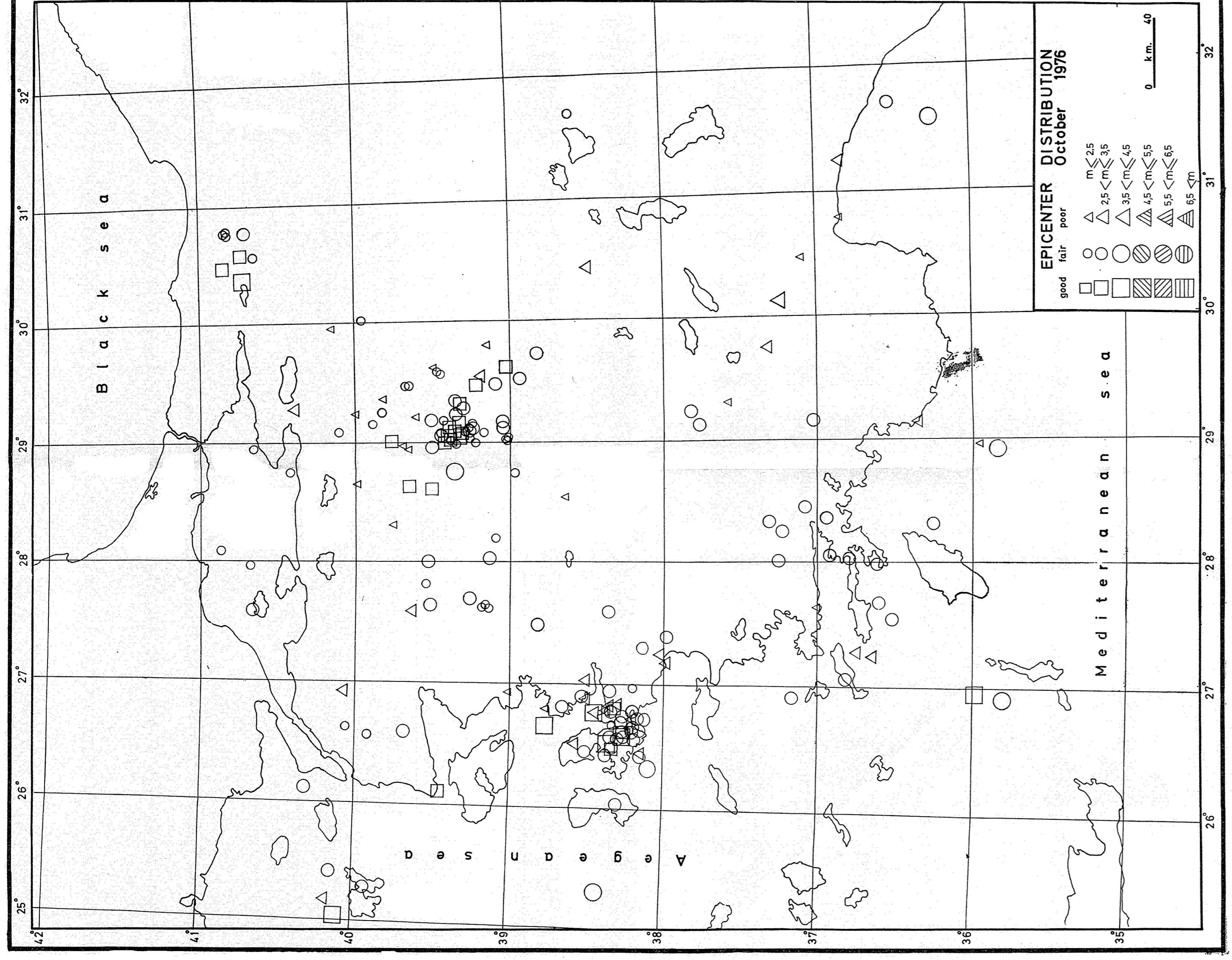
Zemin hareketinin verisi magnetik bantlarda toplanıp, bilimsel analiz için Alyeska'nın mühendislik merkezinde proses edilecektir. Monitor ekipmanları çok zor çevre koşullarının bulunduğu yerlerde de kurulduğundan sisteme "self-checking" -kendi kendini kontrol- yeteneği eklenmiştir. Bir kere Valdez'den 'check' kumandası gelmi mi aletler yapay bir deprem geliştirip, alarmlar verip ve veri alacaklardır sanki gerçek bir deprem olmuştur gibi.

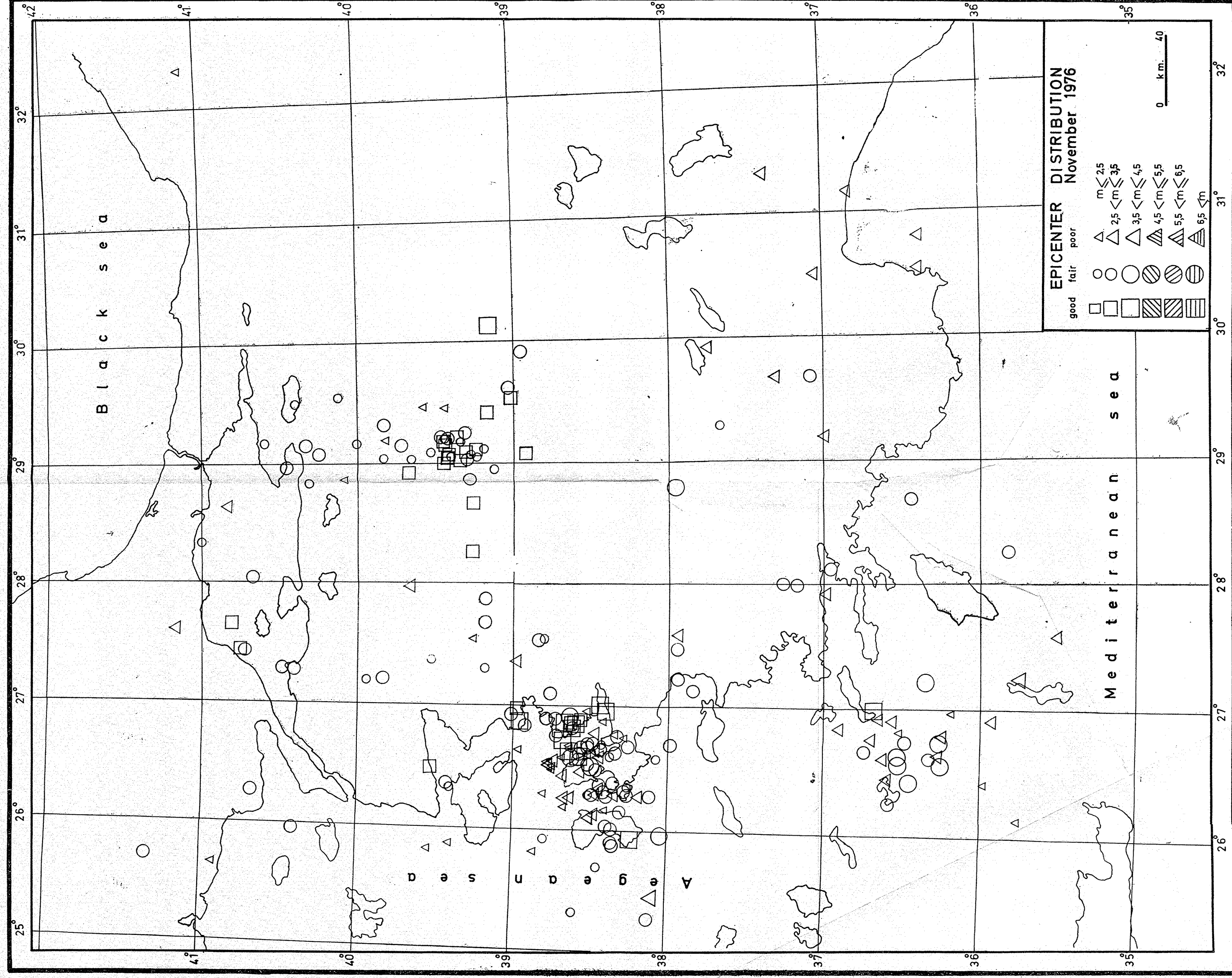
Petrol borusu 5 baz sismik zondan geçmektedir ve bu zonların deprem dizayn düzeyleri saptanmıştır. Dizayn magnitüdüleri, kuzeyde Richter 5.5'dan Alaska Range ve Valdez yakınlarında 8 ve 8.5 Richter uç değerlerine erişmektedir.

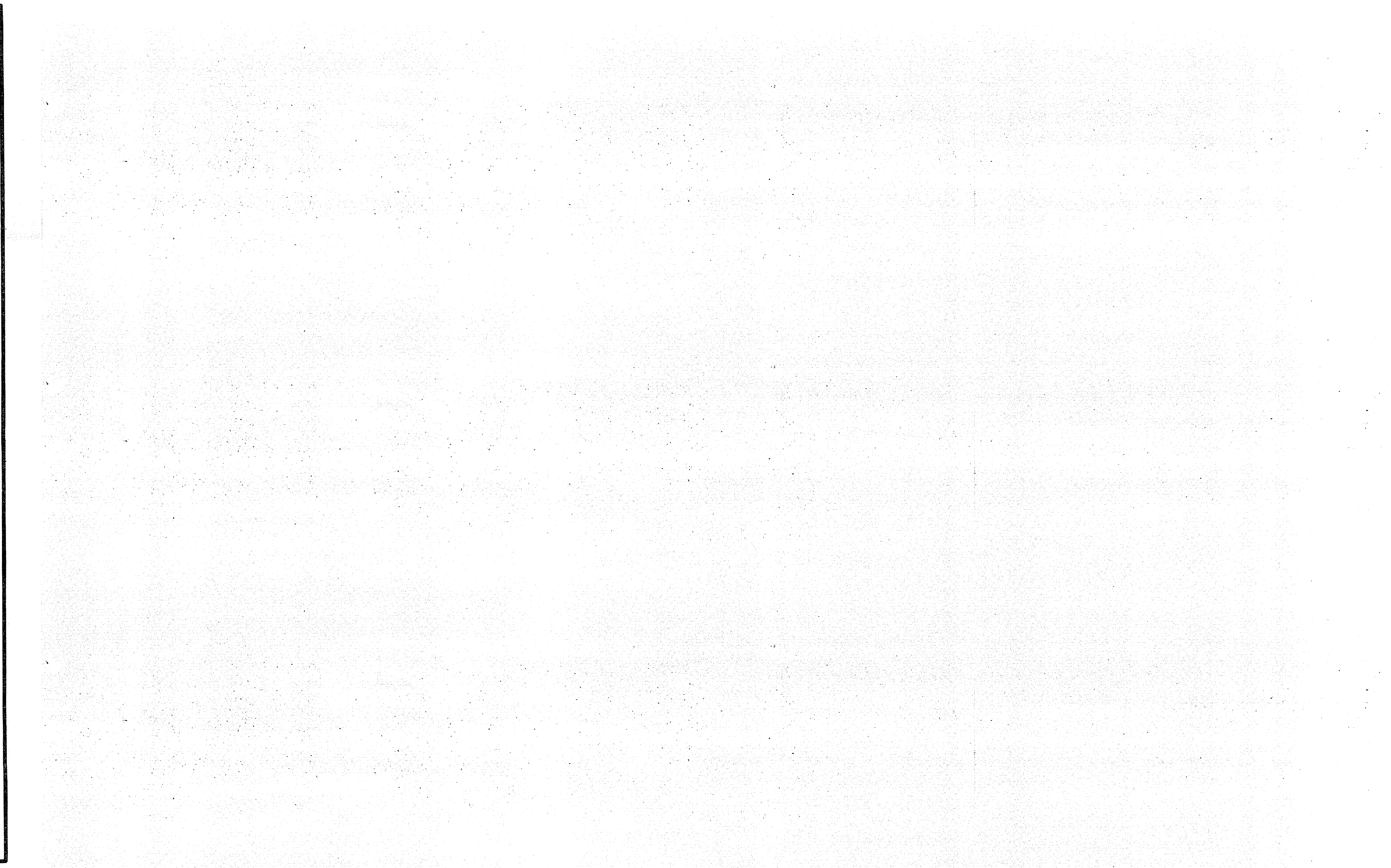
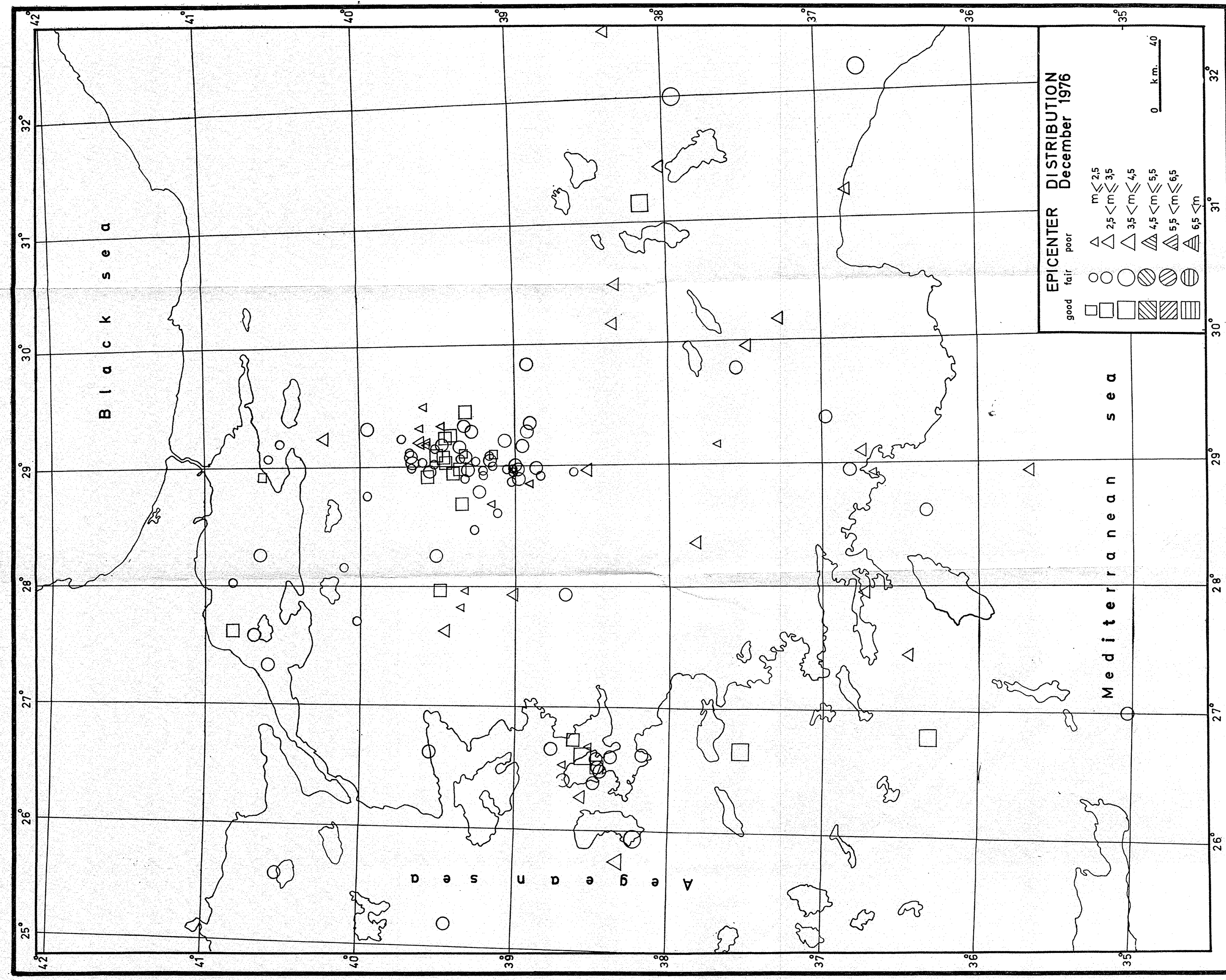


Yukarıda, Livengood, Alaska'nın 24 km güneyinde Tatalina River vadisini geçen trans-Alaska petrol boru hattı görülmektedir. Borunun zig zag şekli temperatur değişmelerinden doğacak sıkışma ve açılmaya izin verebilecektir. (Alyeska Pipeline Service Company'nın izinleriyle alınmıştır).









## DEPREM ARAŞTIRMA ENSTİTUSU BULTENİ YAYIN KOŐULLARI

1. Bültene gönderilecek telif ve tercüme yazıların :
  - a) Depremle doğrudan doğruya, ya da dolaylı yoldan ilgili olması
  - b) Bilimsel ve teknik bir değer taşıması
  - c) Yurt içinde daha önce başka bir yerde yayınlanmamış olması
  - d) Daktilo ile ve kağıdın yalnız bir yüzüne en az iki nüsha olarak yazılmış bulunması
  - e) Şekillerin aydınlatılmış kağıdına çini mürekkebi ile çizilmiş olması
  - f) Fotoğrafların net ve klişe alınmasına müsait bulunması gerekmektedir.
2. Telif araştırma yazılarının baş tarafına araştırmanın genel çerçevesini belirten en az 200 kelimelik İngilizce, Fransızca ya da Almanca bir özet konulmalıdır.
3. İmar ve İskân Bakanlığı mensubu elemanlar tarafından hazırlanan ve telif ya da tercüme ücreti ödenerek yayınlanacak olan yazıların, mesai saatleri dışında hazırlanmış olduğu yazan, derleyen, ya da çevirenin bağlı bulunduğu birim amiri tarafından (genel müdürlüklerde daire başkanı, müstakil birimlerde birim amiri) verilecek bir belge ile belgelendirilmesi zorunludur. Bu belge ile birlikte verilmeyen yazılar için ücret ödenmez.
4. Telif ve tercüme ücretleri ancak yazı bültende yayınlandıktan sonra tahakkuka bağlanır.
5. Bültende yayınlanacak yazıların 300 kelimelik beher standart sayfası için telliflerde 75, tercümelerde 50 TL. ücret ödenir.
6. Yazılarda bulunan şekiller için, gerekli olan asgari alan içinde bulunabilecek kelime sayısına göre ücret takdir edilir.
7. Telif ve tercüme ücretlerinin gelir vergisi stopaj yoluyla kesilir.
8. Yazıların bültende yayınlanması Deprem Araştırma Enstitüsü bünyesinde teşekkül eden Uzmanlar Kurulu'nun kararı ile olur.
9. Seçmeyi yapacak Uzmanlar Kurulu 5. maddede sözü edilen asgari alanları hesaplamaya, yazı sahiplerine gereksiz uzatmaların kısaltılmasını teklif etmeye, verilecek ücrete esas teşkil edecek kelime sayısını tesbit etmeye ve yazıların yayın sırasını tayine yetkilidir.
10. Kurulca incelenen yazıların bültende yayınlanıp yayınlanmayacağı yazı sahiplerine yazı ile duyurulur.
11. Yayınlanmayacak yazılar bu duyurmadan sonra en geç bir ay içinde sahipleri tarafından geri alınabilir. Bu süre içinde alınmayan yazıların korunmasından Enstitü sorumlu değildir.
12. Diğer kuruluşlar ve Bakanlık mensupları tarafından bilgi, haber tanıtma v.b. gibi nedenlerle gönderilecek not ve açıklamalar, ya da bu nitelikteki yazılar için ücret ödenmez.
13. Enstitü mensupları Enstitüce kendilerine verilen görevlere ait çalışmalarından ötürü herhangi bir telif ya da tercüme ücreti talep edemezler.