

# Deprem'in Dış Merkez (Epicenter) ve Magnitüd'ünün Belirlenmesi



# Deprem Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

Tek İstasyon Metodu

Çoklu İstasyon Metodu

El ile Belirleme

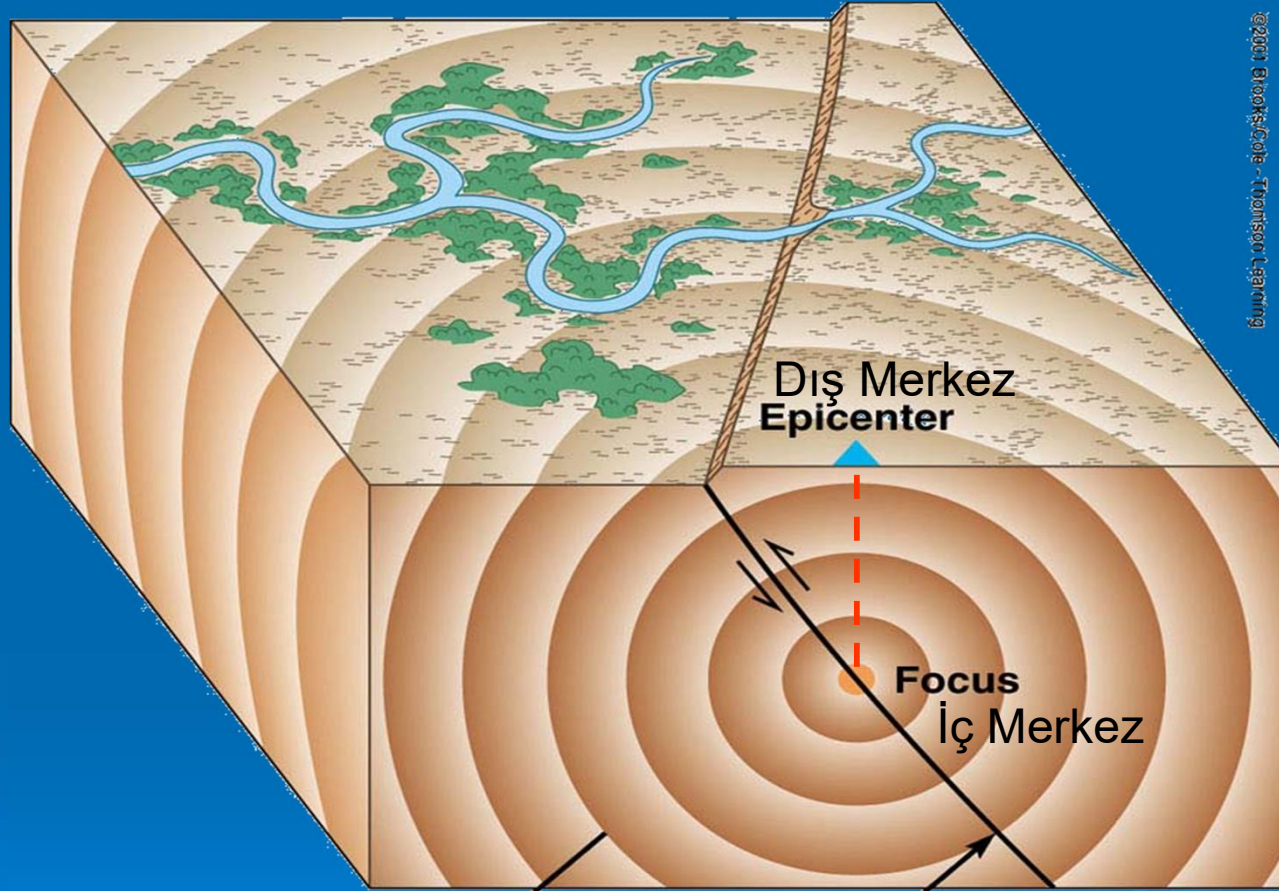
Bilgisayar ile Belirleme

Grid Araştırma

İterativ Methodlar



# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

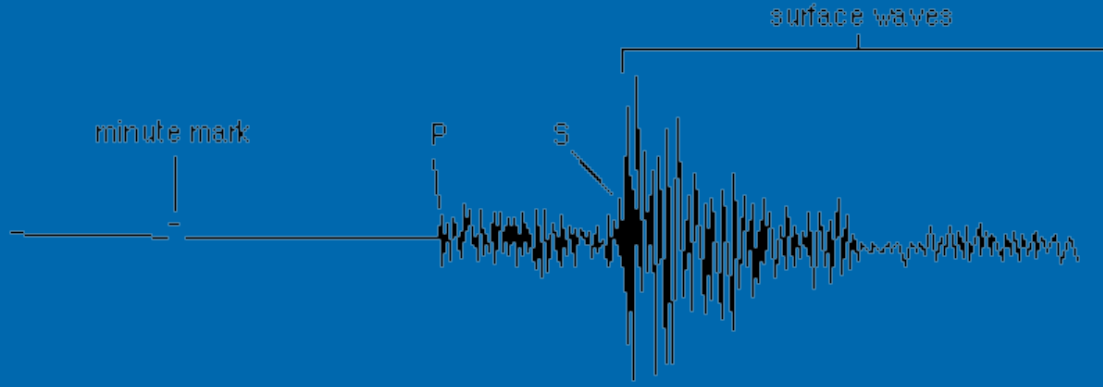


Dalgalar

Fay

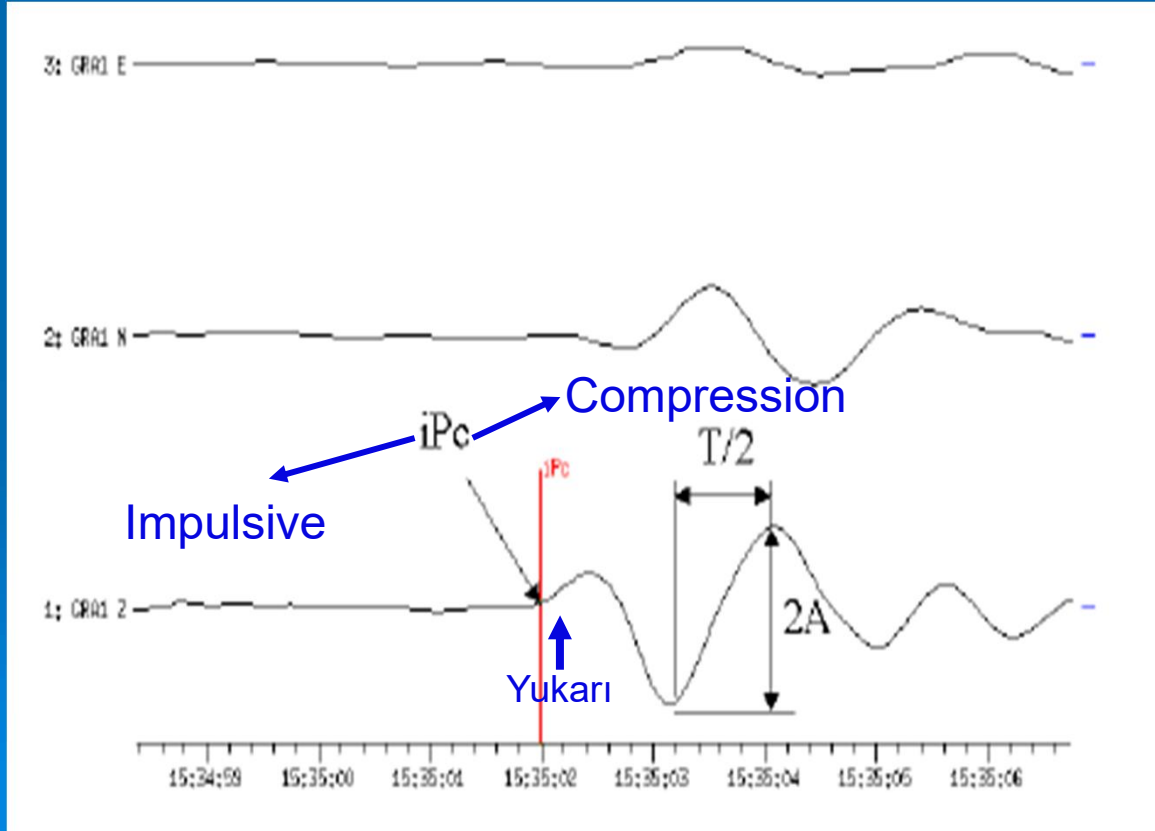
©2001 Brooks/Cole - Thomson Learning

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

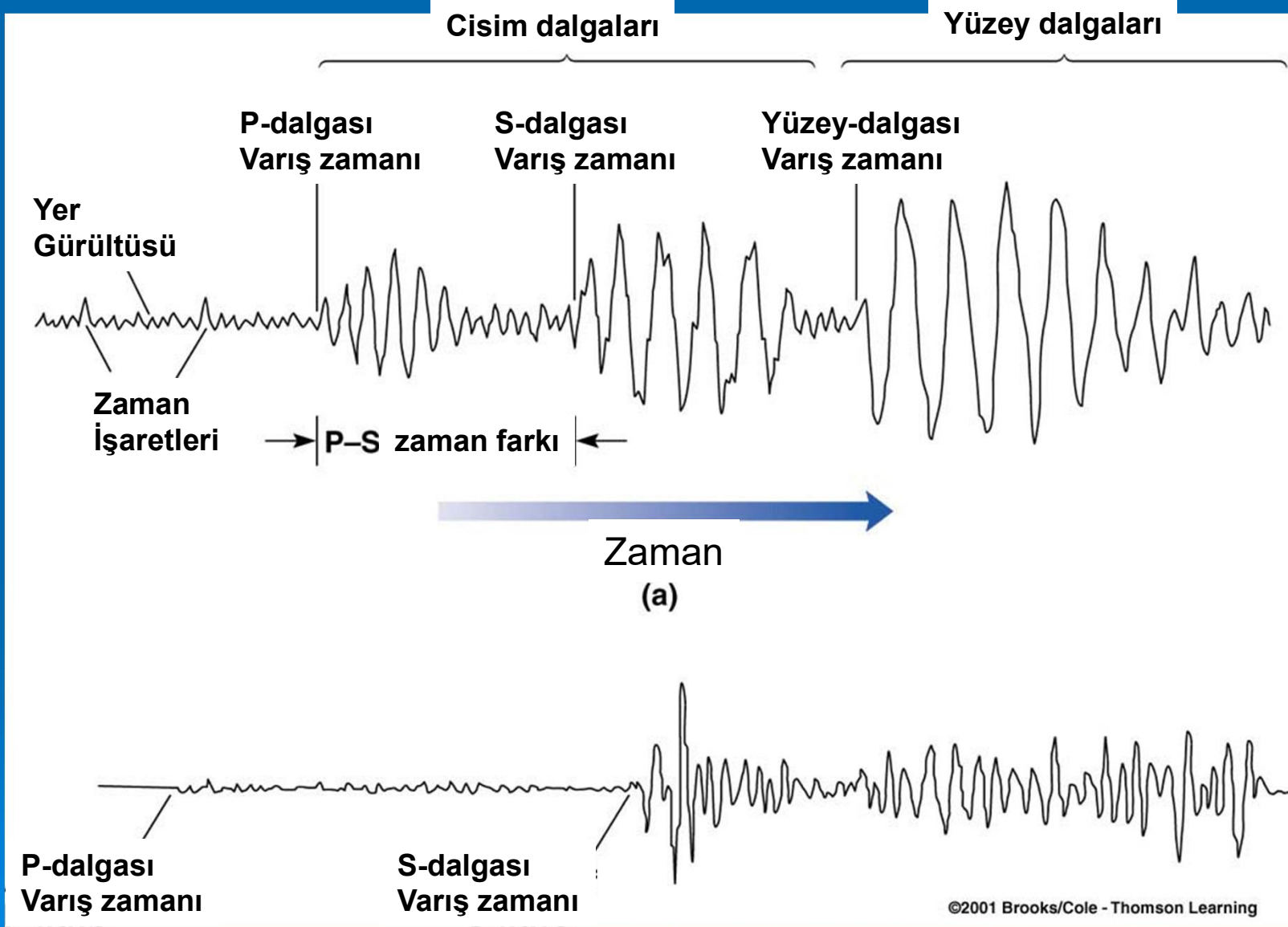


Sismogram analizi için Anahtar Parametreler

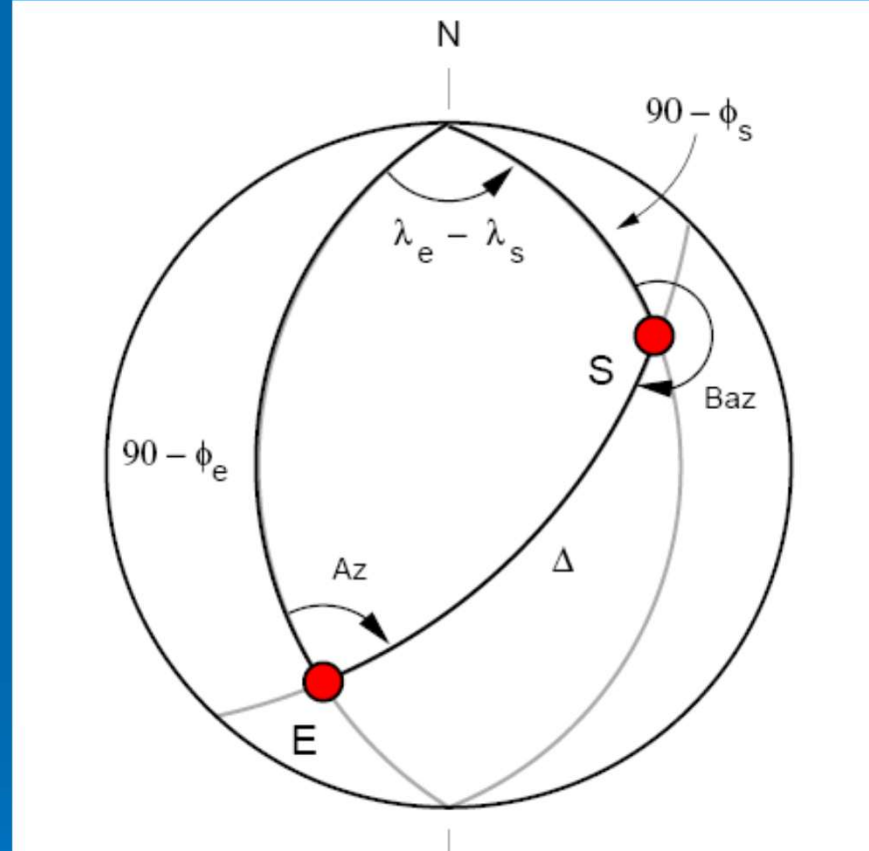
- Varış Zamanı
- Genlik
- Periyod
- Polarite



# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

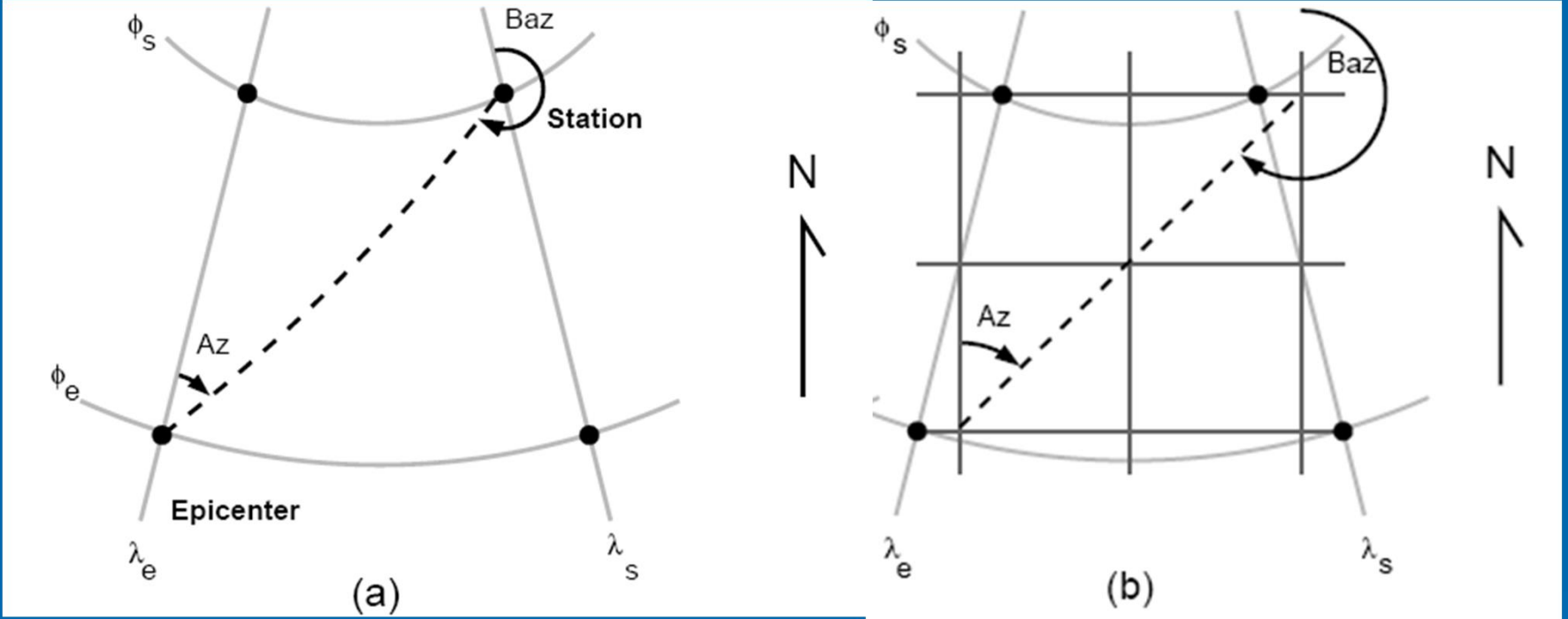


# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



Küresel bir arz yüzeyinde istasyon ve dış merkez konumları

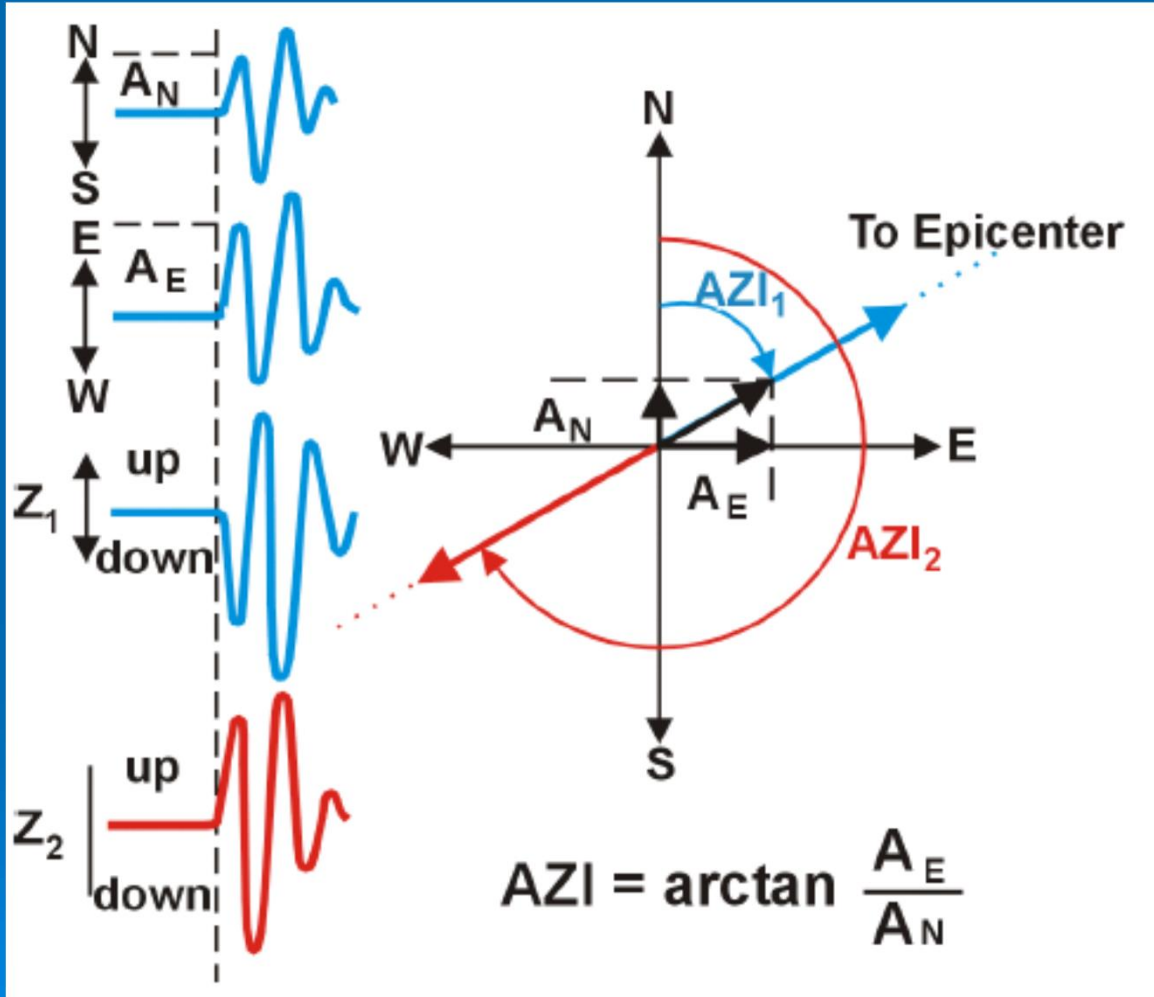
# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



İstasyon ve dış merkez konumlarının Küresel koordinat ve Kartezyen Koordinat sistemlerinde gösterimi. Aralarındaki uzaklığa bağlı olarak İstasyon ve dışmerkez konumlarının nasıl farklılaştığına dikkat edin.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

## Tek İstasyon Metodu

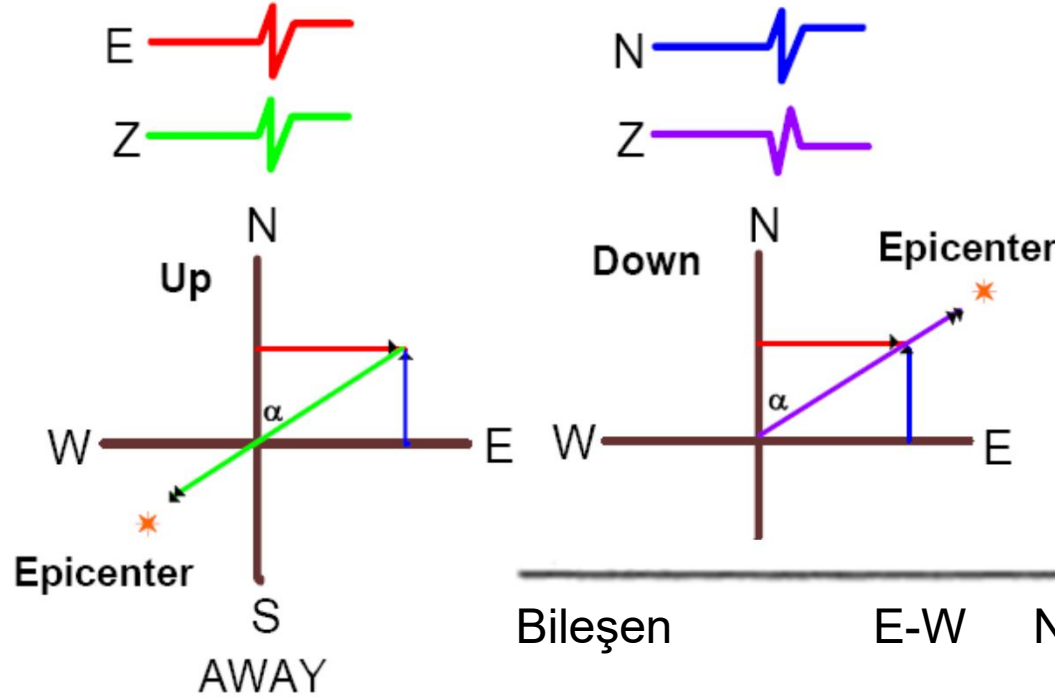


Dış Merkezin belirlenebilmesi için

- **Yatay geliş yönü**  
(Ters Azimut-BAZ)
- **Geliş açısı**  
(Incidence Angle)
- **İstasyona olan uzaklık**

bilinmelidir.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



Bileşen                      E-W      N-S      Z      Azimut  
İstasyon-Dışmerkez

İlk Hareket Yönü

E	N	U	$180^\circ < \alpha < 270^\circ$
W	S	D	$180^\circ < \alpha < 270^\circ$
E	N	D	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$
W	S	U	$0^\circ < \alpha < 90^\circ$
W	N	U	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$
E	S	D	$90^\circ < \alpha < 180^\circ$
E	S	U	$270^\circ < \alpha < 360^\circ$
W	N	D	$270^\circ < \alpha < 360^\circ$

## Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

Bir sismogramda ki **NS** ve **EW** bileşenler aşağıda ki formüller yardımıyla Radial ve Transverse bileşenlere dönüştürülür.

$$UR = -C * UN - S * UE$$

$$UT = S * UN - C * UE$$

Burada

**C** =  $\cos(\text{back\_azimuth})$

**S** =  $\sin(\text{back\_azimuth})$ ,

**UN**, NS bileşen üzerinde ki genlik (kuzey yön pozitiftir) ve

**UE**, EW bileşen üzerinde ki genliktir (Doğu yön pozitiftir).

Burada açı "**radyan**" olmalıdır.

$$\text{Açı (radians)} = \text{Açı (derece)} * 3.1419927 / 180$$

## Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

- Genel olarak deprem dış merkezinin birçok istasyon ve sismik dalga fazları kullanılarak belirlenmesine karşın 3-bileşenli tek istasyon ile de belirlemek olanaklıdır.

Öncelikle iki yatay bileşen genliklerinden (Kuzey-Güney  $A_N$  ve Doğu-Batı  $A_E$  bileşenleri) dış merkez yönü (Ters Azimut-BAZ) belirlenir. Ters azimut yönü P-dalgası ilk vuruş yönüne göre belirlenir.

- İkinci olarak, düşey bileşen genliği ( $A_Z$ ) ve yatay bileşenlerin genliklerinin bileşkesinden ( $A_R = \sqrt{A_E^2 + A_N^2}$ ) sismik dalganın istasyona geliş açısı hesaplanabilir.

$$i_{app} = \text{arc tan} (A_R / A_Z)$$

-Ters azimut ve geliş açısı belirlendikten sonra iki faz arasında ki (genelde P- ve S-dalgaları) varış zamanlarının farkından istasyona olan uzaklık hesaplanabilir. P- ve S- dalgaları varış zamanları

$$t_p = t_0 + D / v_p \quad t_s = t_0 + D / v_s$$

olarak yazılabilir. Burada  $t_0$  yok edilirse

>>>>>>

## Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

Dış merkez uzaklığı aşağıda ki şekilde yazılabilir.

$$D = (t_s - t_p) \frac{V_p \cdot V_s}{V_p - V_s}$$

Fakat bu eşitlik, kabuk kalınlığına ve deprem odak derinliğine bağlı olarak, sadece 100 km ile 250 km'ye kadar olan uzaklıklarda ki Pg ve Sg fazları için geçerlidir. Bu uzaklıkların ötesinde Pn ve Sn fazları ilk gelen dalgaları oluştururlar ve dış merkez belirlemesinde bu fazlar kullanılmalıdır.

Siğ odaklı bir deprem için Pn ve Pg (veya Pb) arasındaki 'cross over' uzaklığı yaklaşık olarak aşağıda ki formül ile hesaplanabilir.

$$X_{co} = 2 z_m \left\{ (V_m - \bar{V}_p) (V_m + \bar{V}_p) \right\}^{-1/2},$$

Kabuk kalınlığı

Moho altında ki P-dalga hızı (8 km/s)

Ortalama Kabuk içi P-dalga hızı (6 km/s)

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

Dış merkez uzaklığı  $P_n$ ,  $P_g$ ,  $S_n$  ve  $S_g$  fazlarının lokal seyahat zamanı grafiklerinden bulunabilir. L

olmadığı bölgelerde yaklaşık uzaklık yararlanarak yukarıda ki "D" formülü Katı ortamda ki ideal Poisson oranı

$$V_p = V_s \sqrt{3}$$

Bu kabuk içinde ortalama şartlarda Şüphesizdir ki, varsa, her bölgeye daha doğru olacaktır. Bu değer "D" düzenlenirse

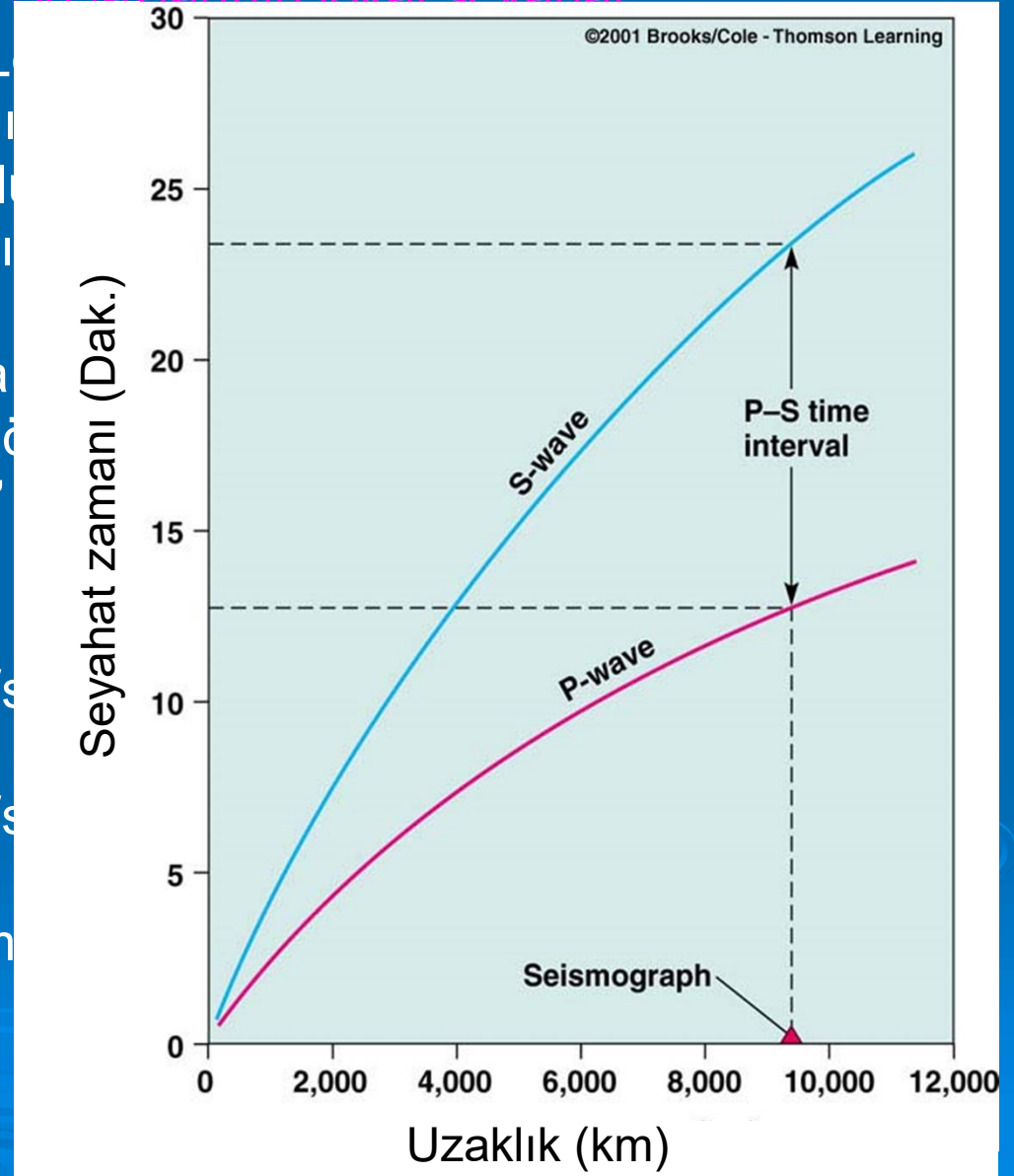
$$D = (t_{s_g} - t_{p_g}) \times 8.0 \quad V_p = 5.9 \text{ km/s}$$

$$D = (t_{s_g} - t_{p_g}) \times 9.0 \quad V_p = 6.6 \text{ km/s}$$

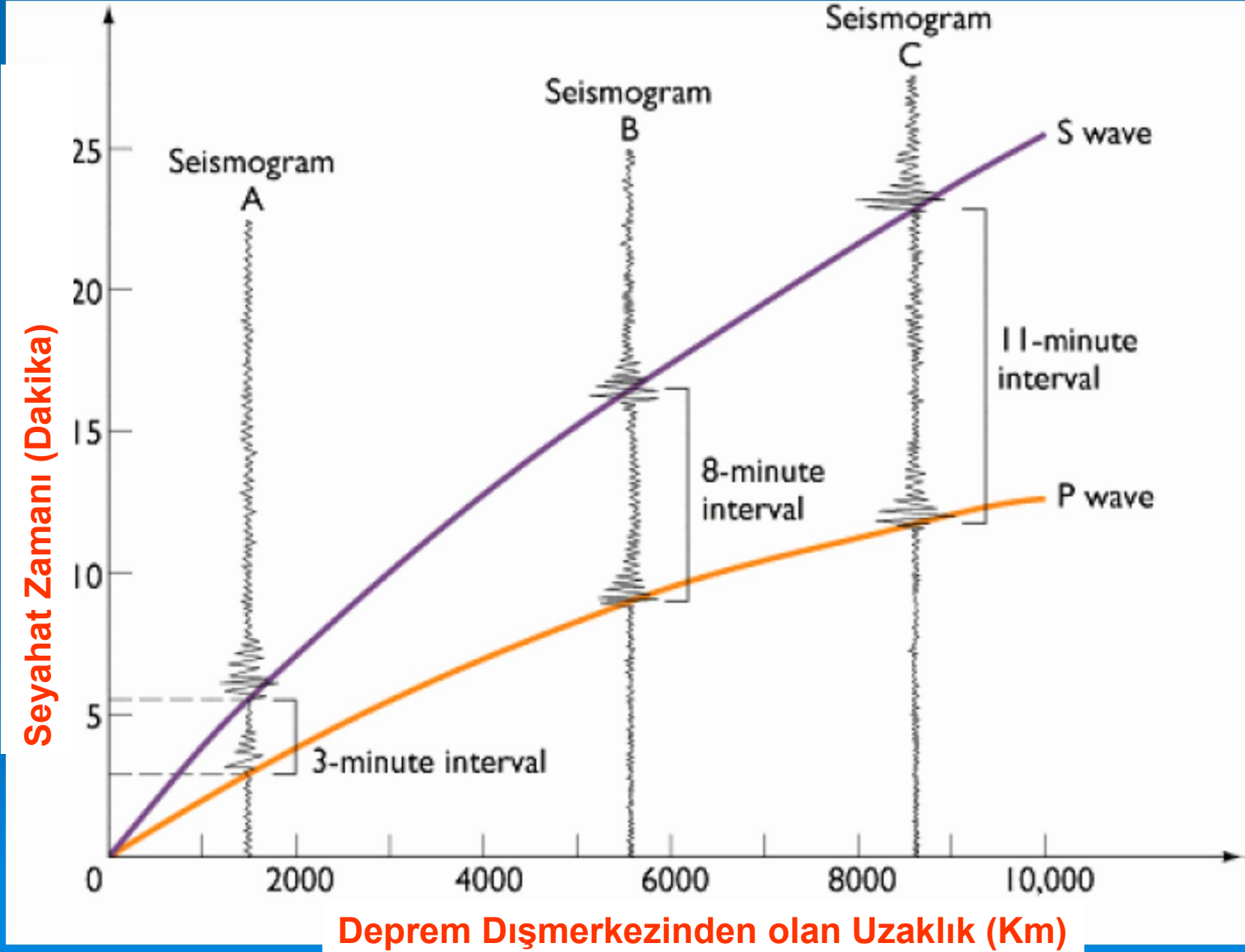
$$D = (t_{s_n} - t_{p_n}) \times 10.0 \quad V_p = 6.6 \text{ km/s}$$

$20^\circ < D < 100^\circ$  uzaklıklar için

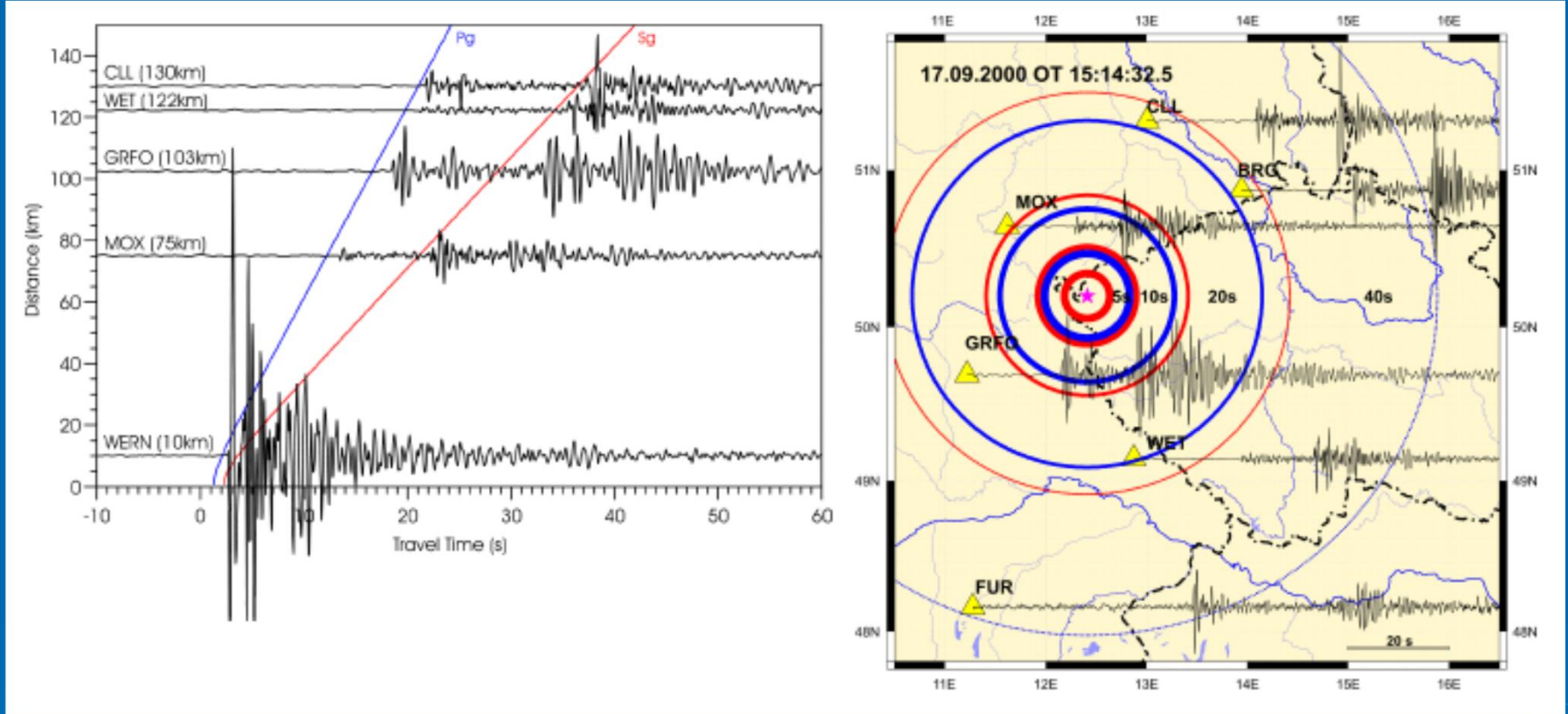
$$D = \left\{ (t_s - t_p)_{\text{min}} - 2 \right\} \times 10.0$$



# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

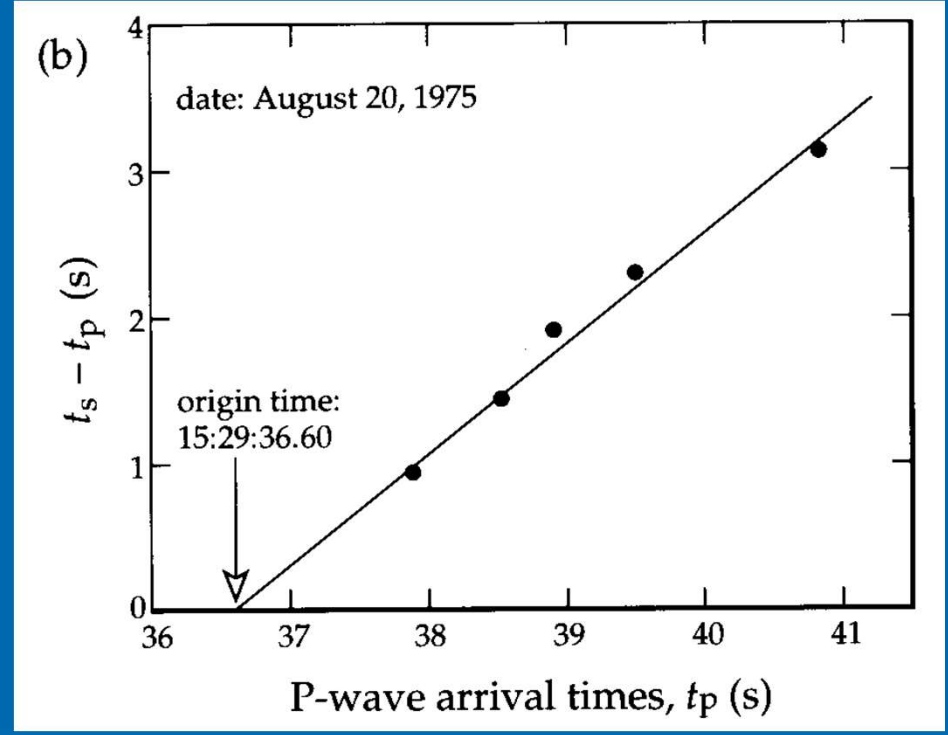
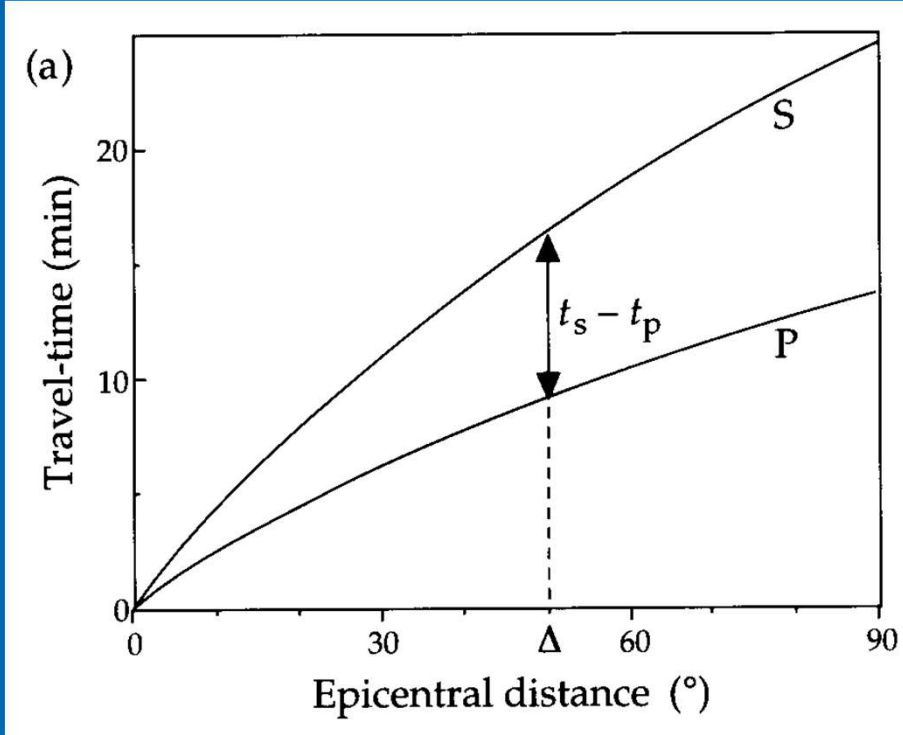


# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



Almanya'da lokal bir deprem kayıt ağında Vogtland depreminin (17 Eylül 2000;  $M_l=3.1$ ) sismogramları. **Solda**; Deprem odak uzaklığına göre dizilen sismogramlar. **Mavi ve kırmızı** çizgiler ortalama kabuk modeline göre hesaplanmış Pg- ve Sg- dalgalarının varış zamanları; **Sağda**: 5, 10, 20 ve 40 sn aralıklarla Pg (mavi) ve Sg (kırmızı) dalgalarının dalga cepheleri'nin pozisyonu.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



Bir depremin oluş zamanının belirlenebilmesi için mümkün olduğunca çok sayıda istasyonda P ve S dalgalarının varış zamanlarına gereksinim vardır. Okunan P ve S zamanları arasında ki farkların P varışlarına göre çizilmesi ile elde edilen grafik "Wadati Diyagramı" olarak adlandırılır. Yatay eksen istasyonlarda ki P dalgası varış zamanları ve düşey eksen ise P ve S varış zamanları arasında ki farktır. Sağda ki grafikte, işaretlenen noktalardan geçirilen doğrunun yatay eksenini kestiği yer depremin oluş zamanını verir.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

## Çoklu İstasyon Metodu

- Her bir istasyonda ki sismogramlar üzerinde sismik fazları belirleyin.
- Her bir istasyon için lokal 'seyahat zamanı-uzaklık' grafikleri vasıtasıyla belirlenen fazların zaman farklarına en iyi çakıştığı yerden uzaklığı belirleyin.
- **Eğer lokal grafik yok ise**, aşağıda ki formuller yardımıyla kabaca deprem odak uzaklığını:

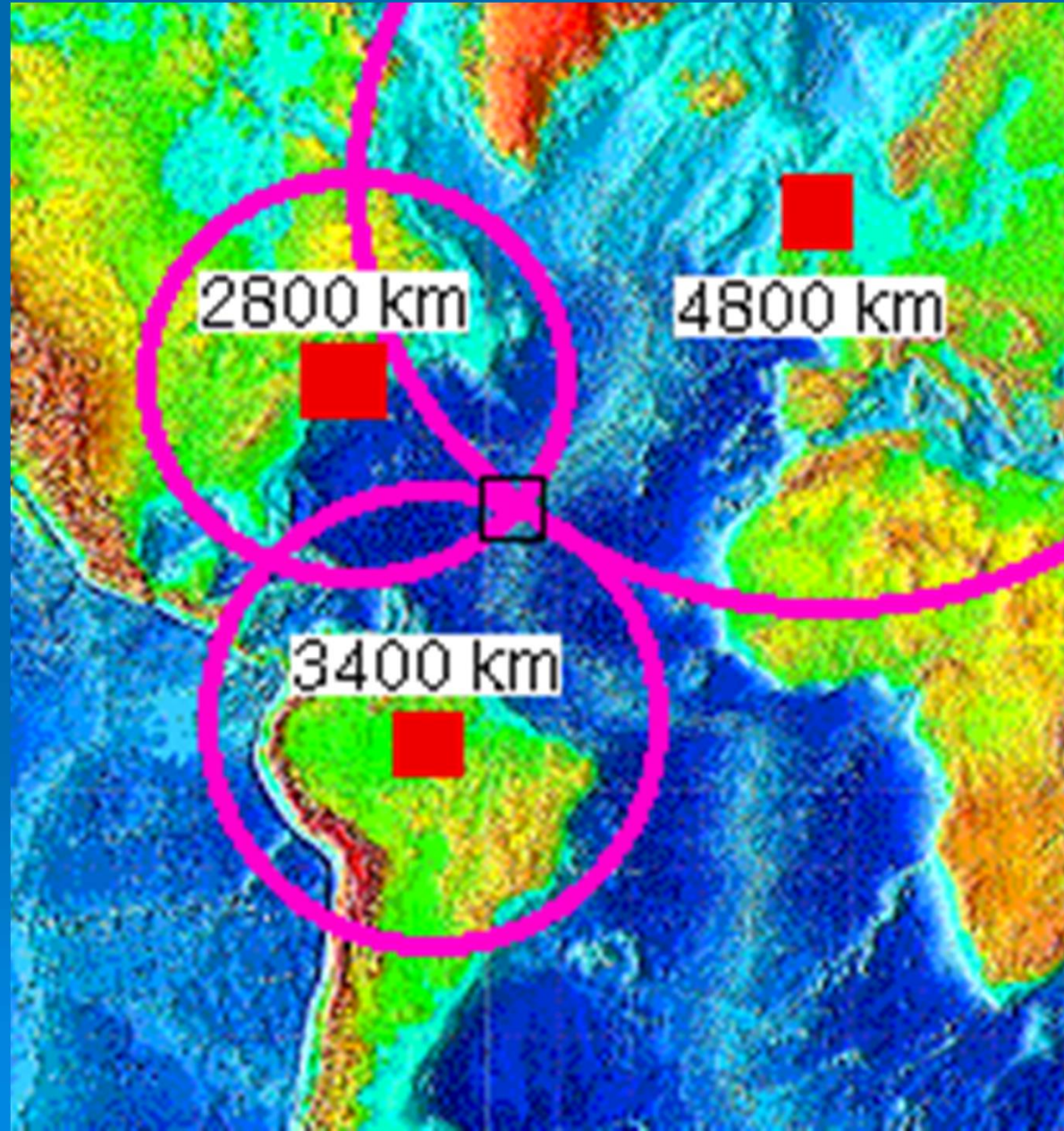
$$d \approx t (Sg - Pg) \times 8 \quad (1)$$

$$D \approx t (Sn - Pn) \times 10 \quad (2)$$

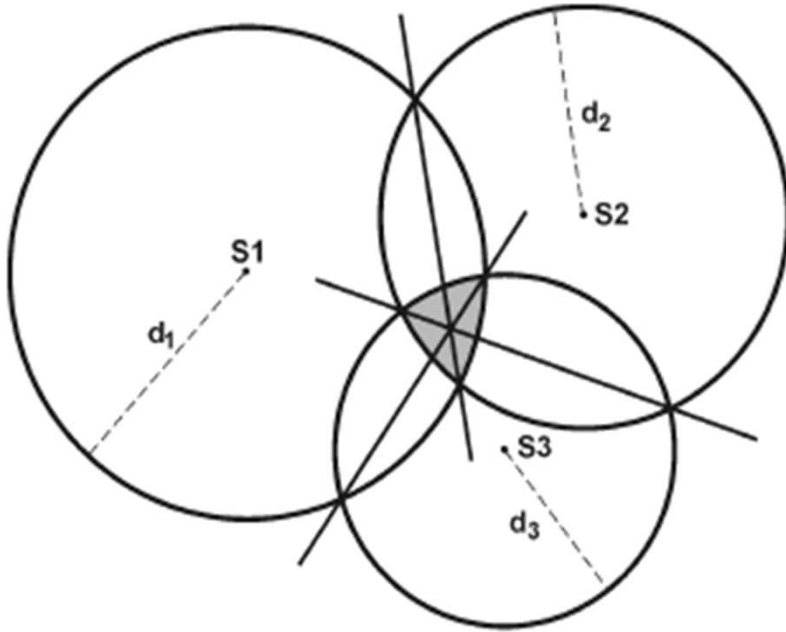
Bu formuller, ortalama Pg hızı 5.9 km/s ve Moho altında ki Pn hızı 8.0 km/s olan tek tabakalı bir kabuk modeli için geçerlidir. ( $Vp/Vs = 3^{1/2}$ )

- Kullanılan istasyonları içine alan bir harita üzerinde her bir istasyon için belirlenen uzaklıklara eşit yarıçaplı daireler çizin.

## Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

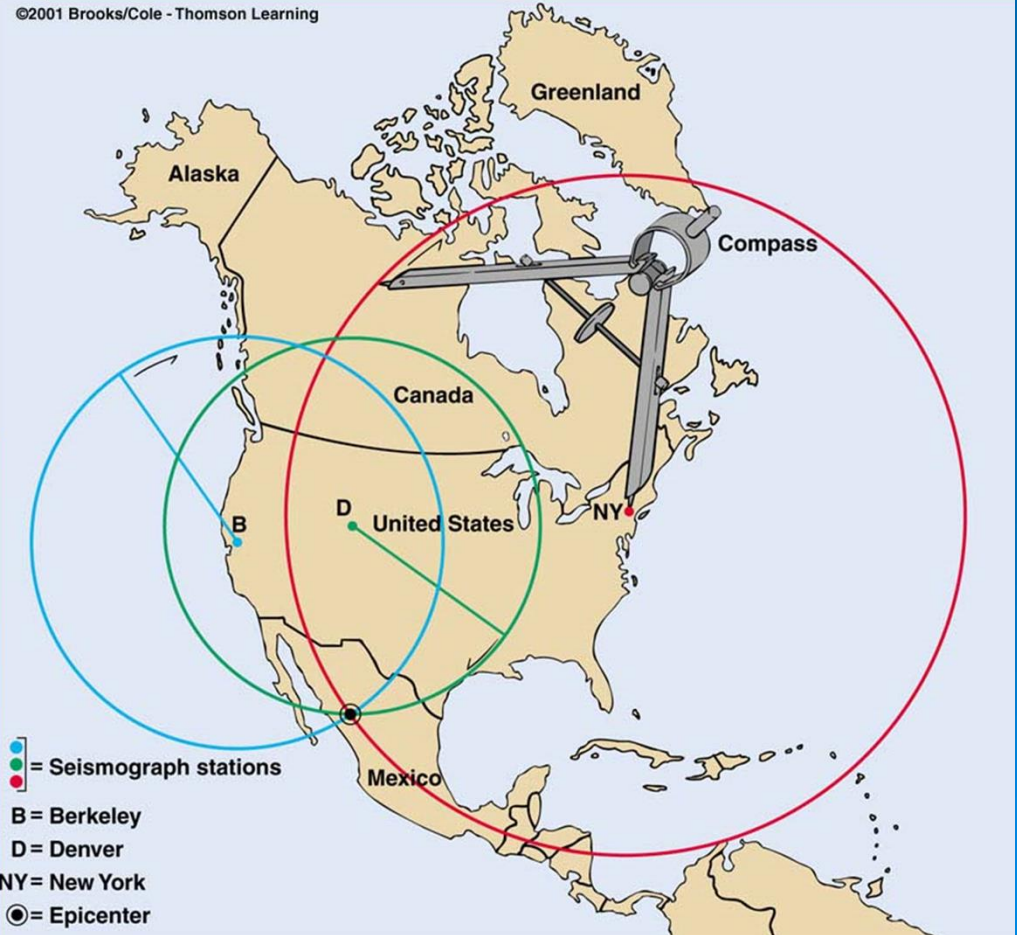


$$d = t(Sg - Pg) \times 8$$
$$d = t(Sn - Pn) \times 10$$

- Çizilen daireler birbirini iki noktada kesecektir. Deprem merkezi şekilde ki tarali alan içinde kalacaktır.

- Bu alan içine düşen deprem merkezini bulmak için birbirlerini kesen dairelerin kesiştikleri noktaları birleştirin. Çizilen bu doğruların kesim noktası deprem merkezini verecektir.

©2001 Brooks/Cole - Thomson Learning



● = Seismograph stations  
B = Berkeley  
D = Denver  
NY = New York  
● = Epicenter

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

## STEP 1: Measure

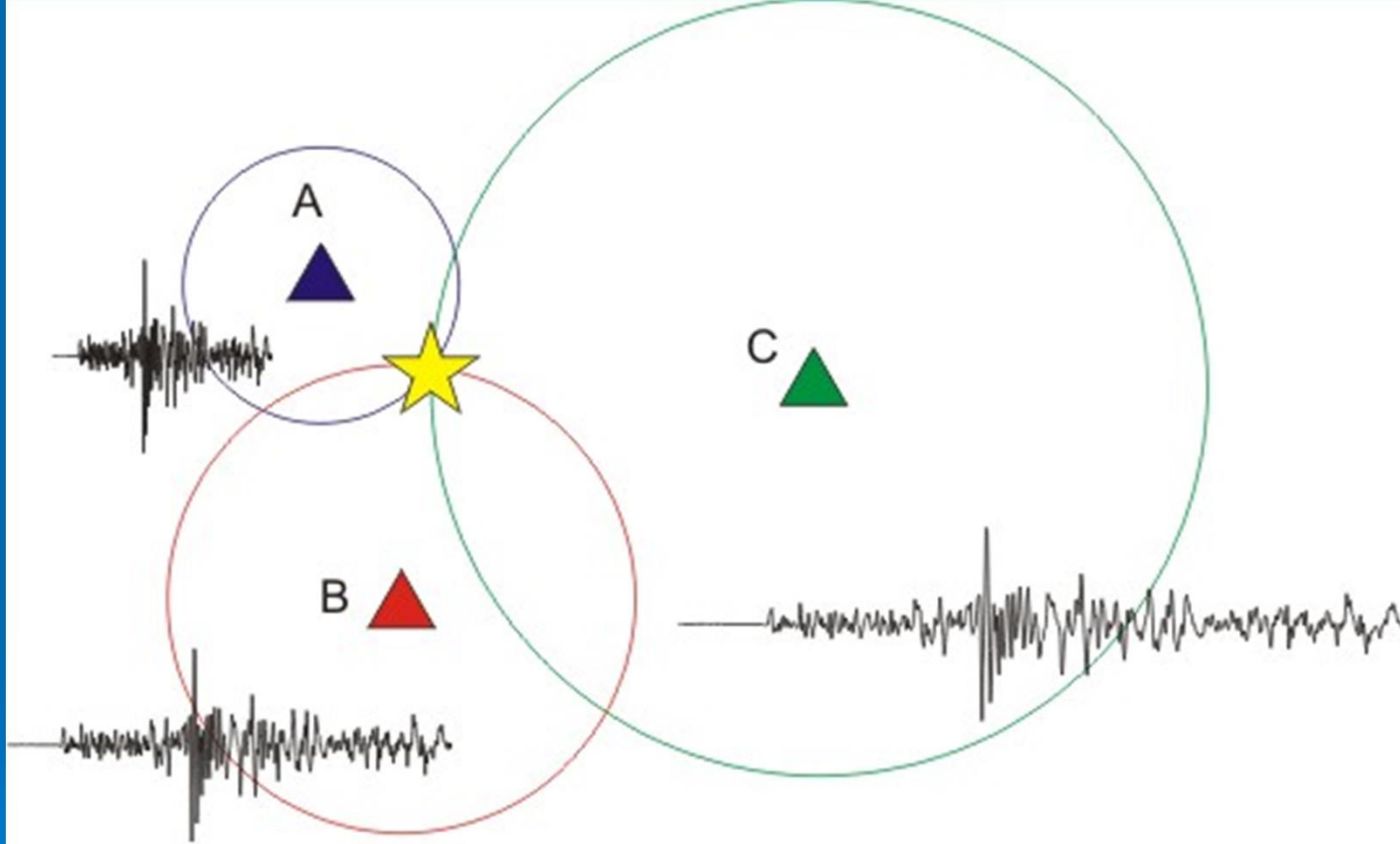
### STEP 2: Locate



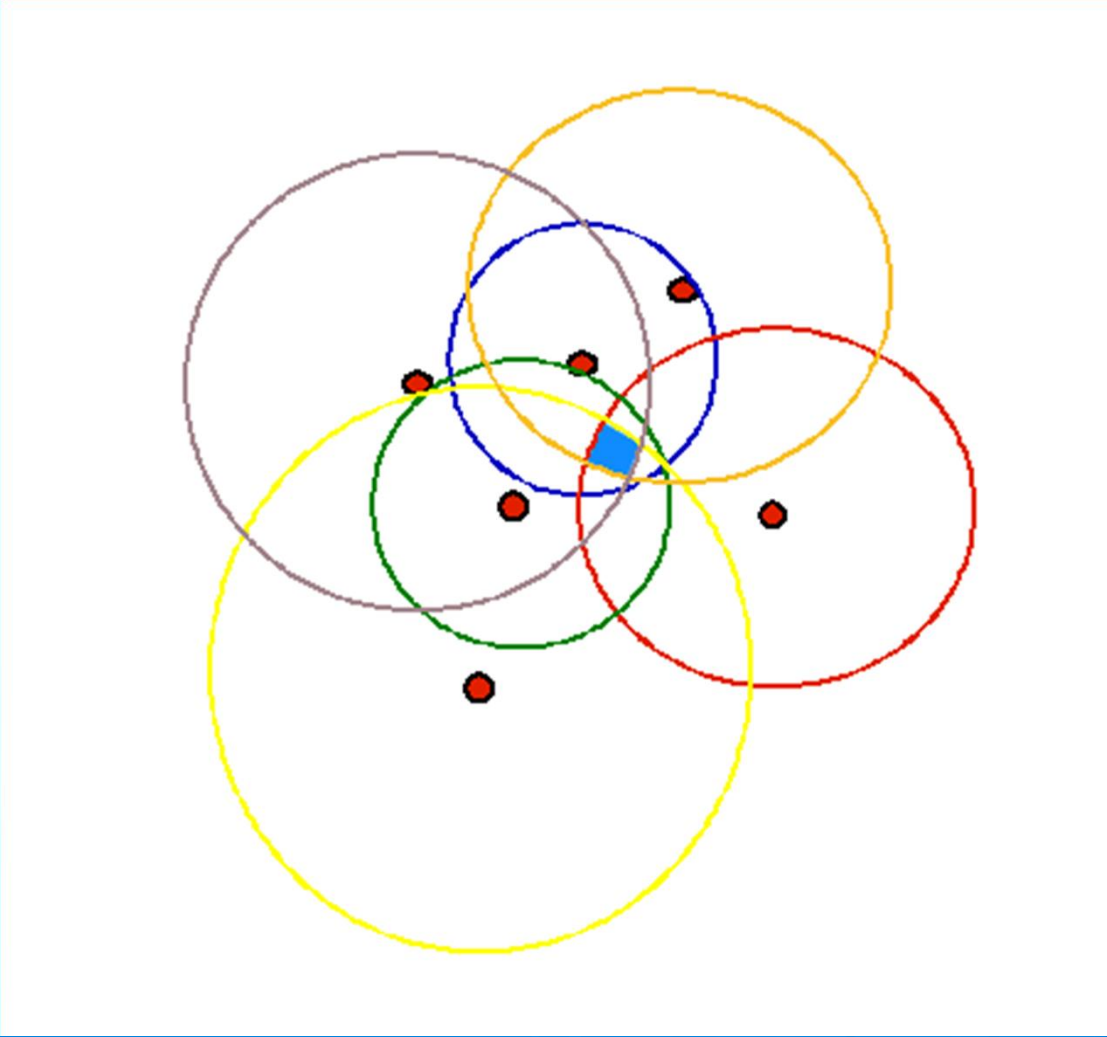
(SSPA)

5 minutes = 3300 kilometers

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



## Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



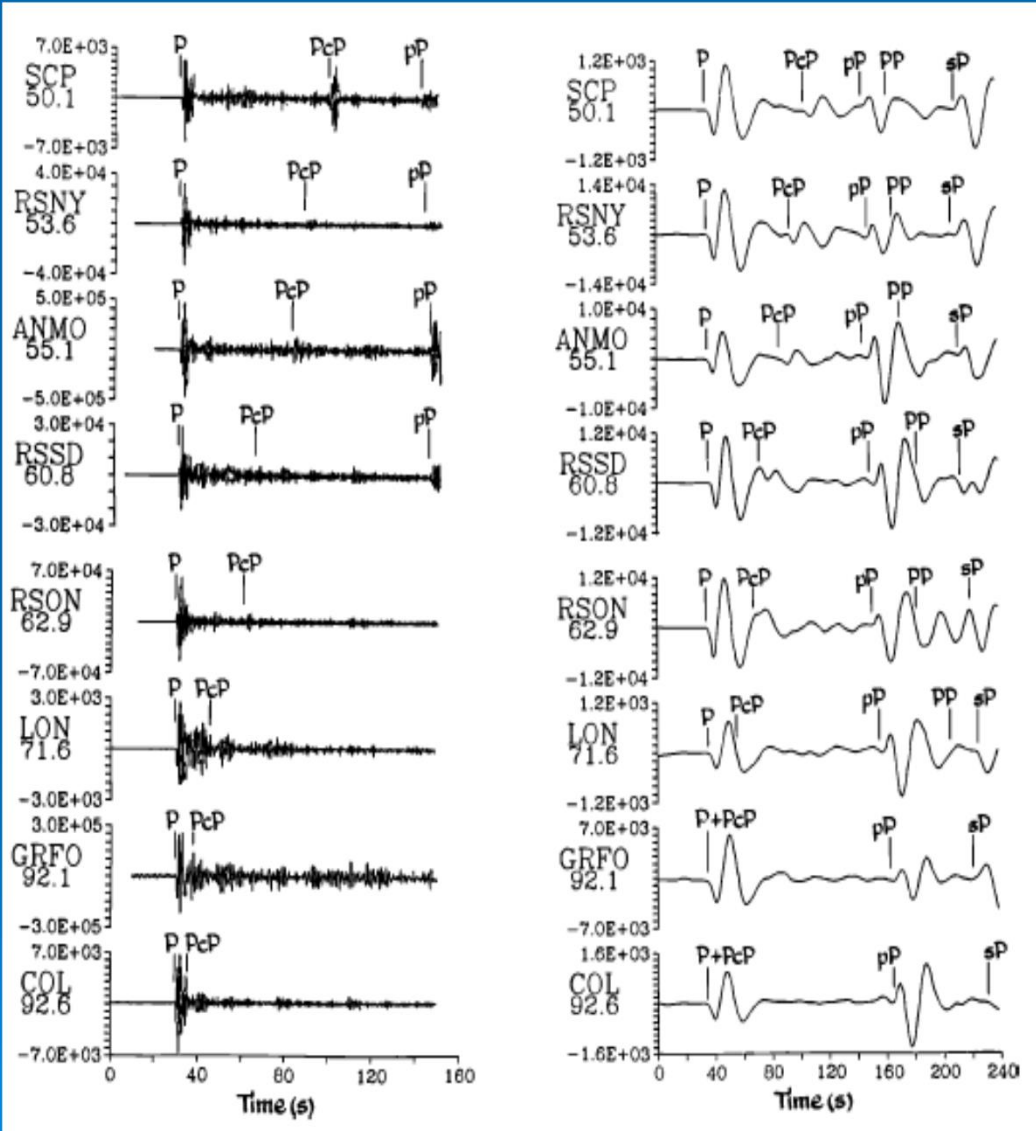
İstasyon sayısı arttıkça dış merkez belirlenmesinde yapılan hata miktarı azalır.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

Bir sismik kaynağın derinliğinin (H) daha hassas belirlenebilmesi için,  
>> ya sismik ağ içinde enaz bir istasyonun kaynak derinliğinden daha az bir dış merkez uzaklığında ( $D < H$ ) olması (çünkü P-dalgasının seyahat zamanı kaynak derinliğine bağlı olarak önemli değişiklik gösterir),  
>> ya da sismogramlar üzerinde derinlik fazlarının (pP, sP) ayırdedilebilmesi gerekir.

Bir depremin odak derinliğini belirlemede en doğru method (özellikle tek istasyon olması durumunda veya telesismik kayıtların olması durumunda) derinlik fazlarını tanımak ve geliş zamanlarını okumaktır. Uzak bir sismograf istasyonunda, pP veya sP derinlik fazları bir zaman farkıyla P-dalgasını takip ederler. **Bu zaman farkı uzaklıkla yavaş olarak değişir fakat derinlikle çok çabuk değişir.** Bununla beraber, PcP, PP, S, SS gibi diğer temel fazlar ile P-dalgası arasında ki zaman farkı uzaklıkla çok daha fazla değişir.

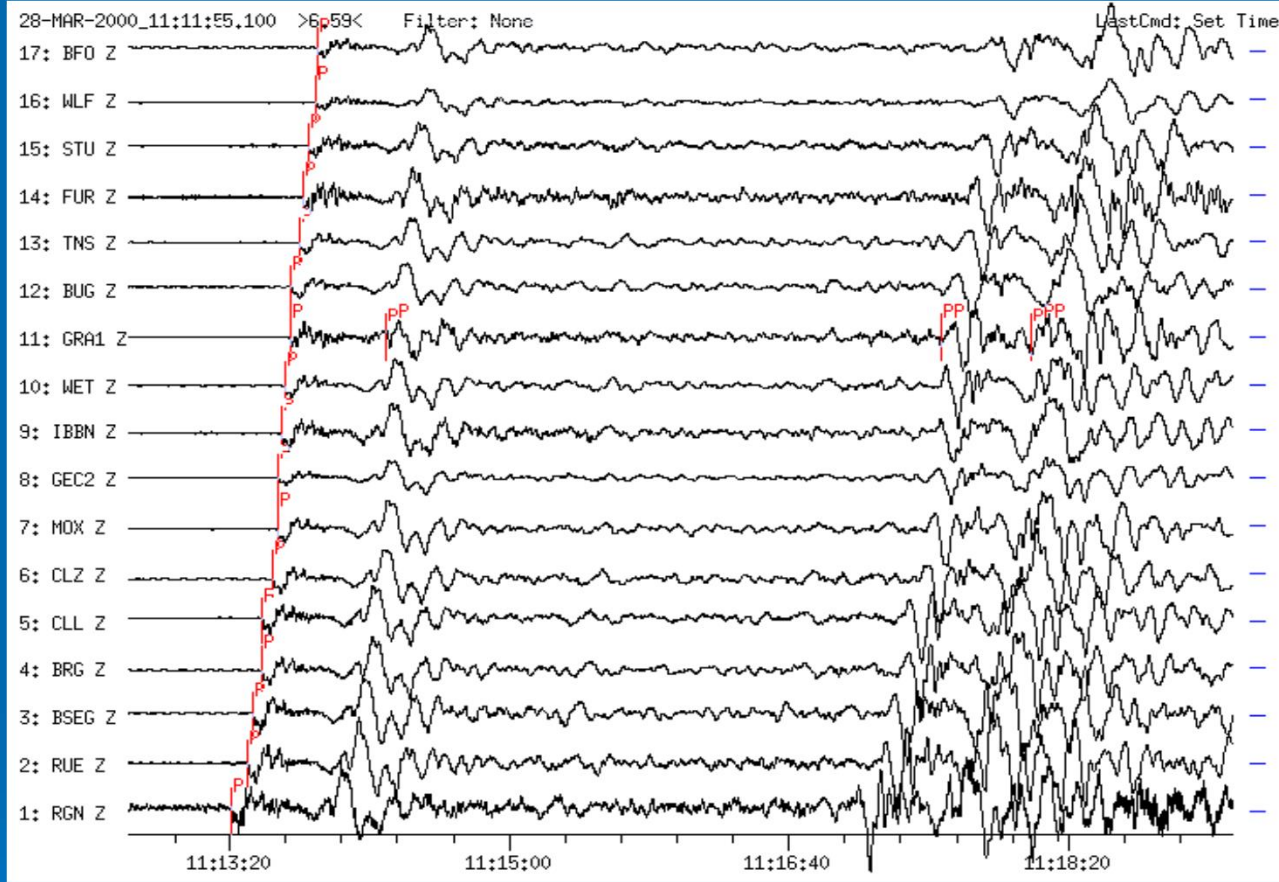
# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



Peru-Brezilya sınırında derin odaklı (mb=6.0; h=600 km) bir depremin 50.1° ile 92.2° uzaklıklarda bulunan istasyonlarca kaydedilen kısa periyod (solda ki sismogramlar) ve uzun periyod (sağda) sismogramları. Burada P dalgası ve onun derinlik fazları olan **pP** ve **sP** fazları arasında ki seyahat zamanı farklarına dikkat edin. Bu fazların seyahat zamanları uzaklıkla çok fazla değişmemektedir. Halbuki **PcP** fazı artan uzaklıkla beraber P dalgasına yaklaşmakta ve birleşmektedir.

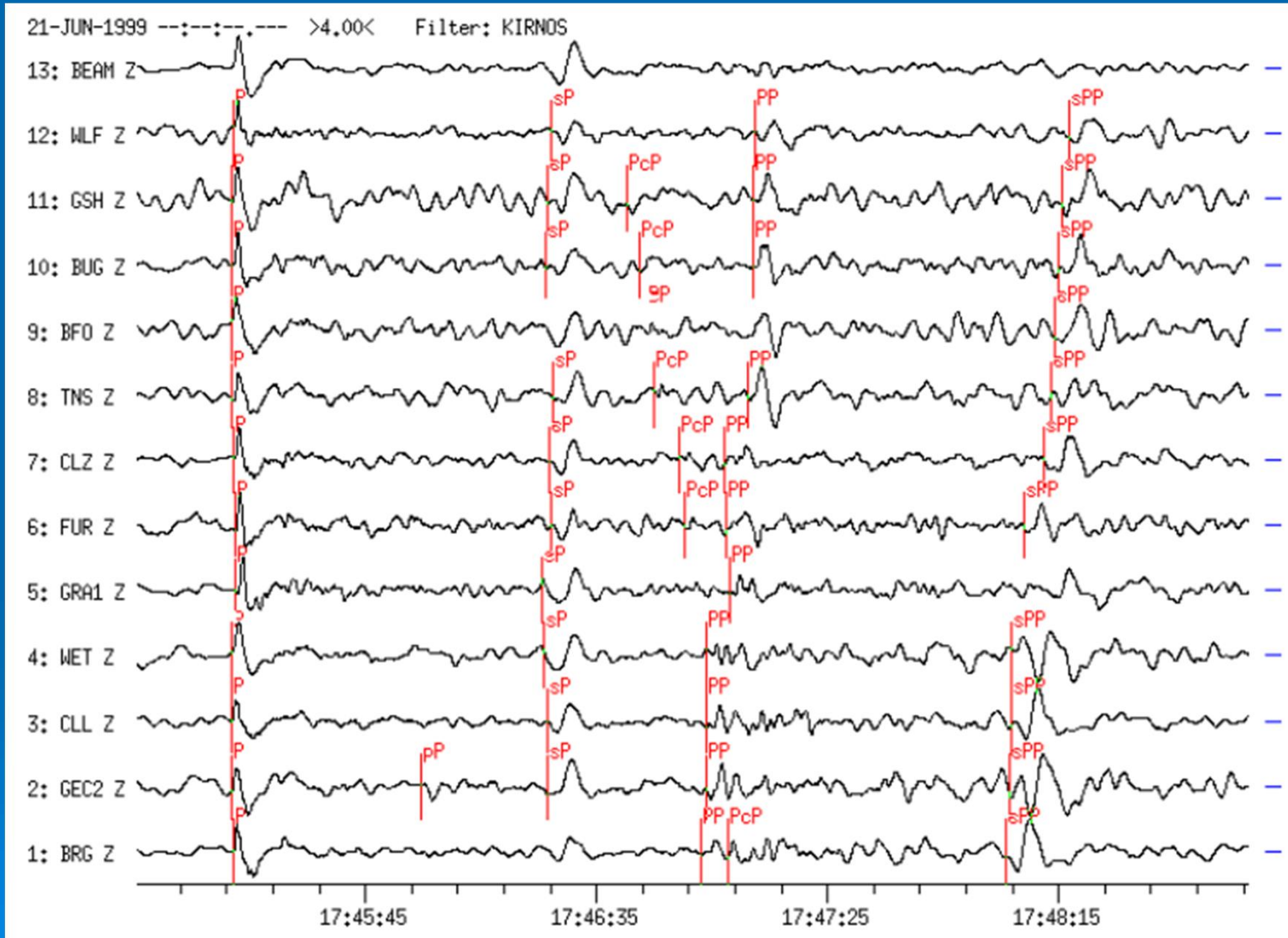
(Anatomy of Seismograms, Kulhánek, Plate 41, p. 139-140; 1990)

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

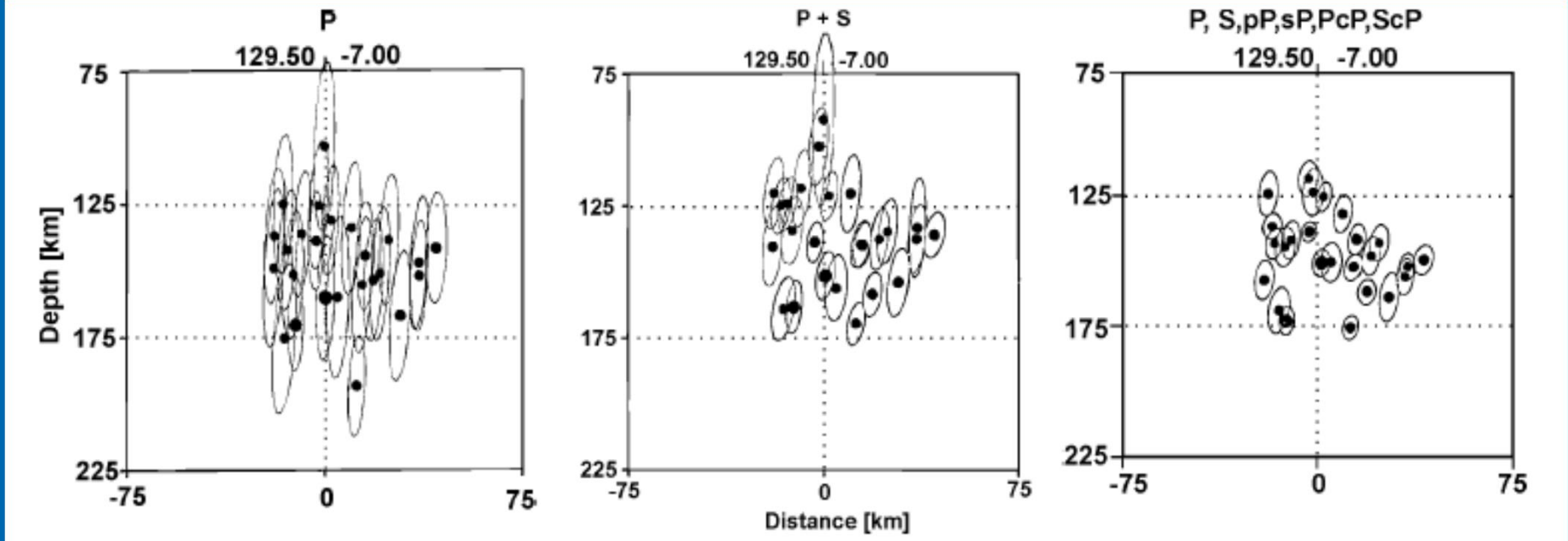


H= 199 km; mb=6.8 olan bir depremin geniş bant düşey bileşen sismogramları. Sismogramlar uzaklığa göre dizilmiştir. P dalgası amplitudleri pP genliklerinden daha küçüktür. Burada da P dalgası ve pP fazının seyahat zamanları arasında ki farkın uzaklıkla çok fazla değişmediği görülmektedir.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



İkincil fazların kullanılmasıyla deprem merkezinin lokasyonunun nasıl iyileştirdiğine dair bir örnek. Solda, sadece P-dalgalarını kullanarak yapılan belirleme; ortada, P- ve S- dalgalarını kullanarak yapılan belirleme ve ; sağda ise derinlik fazlarını ve çekirdekten yansıyan fazları kullanarak yapılan belirlemeler.

(modified from Schöffel and Das, J. Geophys. Res., Vol. 104, No. B6, page 13,104, Figure 2 )

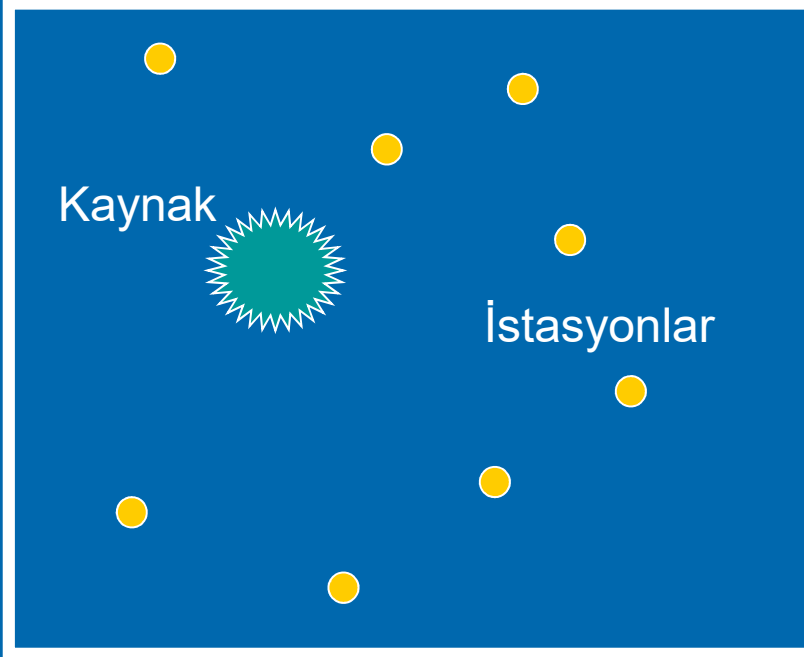
# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

## Önemli notlar

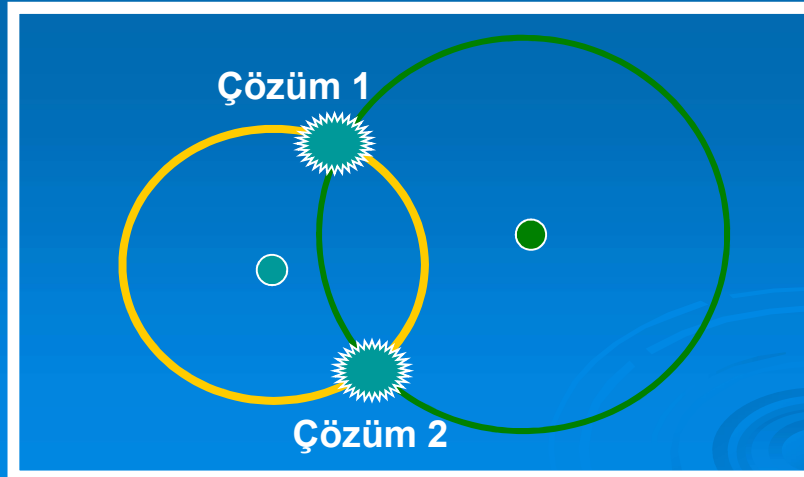
- 1) Kaynak derinliği ve derinlik-bağımlı seyahat zamanı grafikleri elimizde yoksa daha önce belirtildiği şekilde hesaplanan uzaklık, dış merkez uzaklığı değil iç merkez uzaklığı olacaktır. Bu nedenle, kaynak derinliği arttıkça çizilen daireler de hedeften o oranda sapacaktır.
- 2) Keza, ideal olarak çizilen dairelerin bir noktada kesişmesi için tüm sismik fazların doğru olarak tanınması, varış zamanlarının çok hassas olarak okunması ve bölge için seyahat zamanı-uzaklık eğrilerinin ve hız modellerinin tam olarak bilinmesi gerekir. Fakat bu asla mümkün değildir ve bu nedenle çizdiğimiz dairelerin tek bir noktada kesişmesini bekleyemeyiz.
- 3) Buna rağmen, eğer deprem odağı istasyon ağının içinde ise, ve iç merkez kabukta ise daireler birbirini yakın olarak (en azından 10-20 km) kesmelidir. Eğer değilse, faz tanımlamaları ve varış zamanı okumaları dolayısıyla her istasyon için uzaklık tahminleri kontrol edilmelidir.

# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi

## Önemli notlar (Devam)

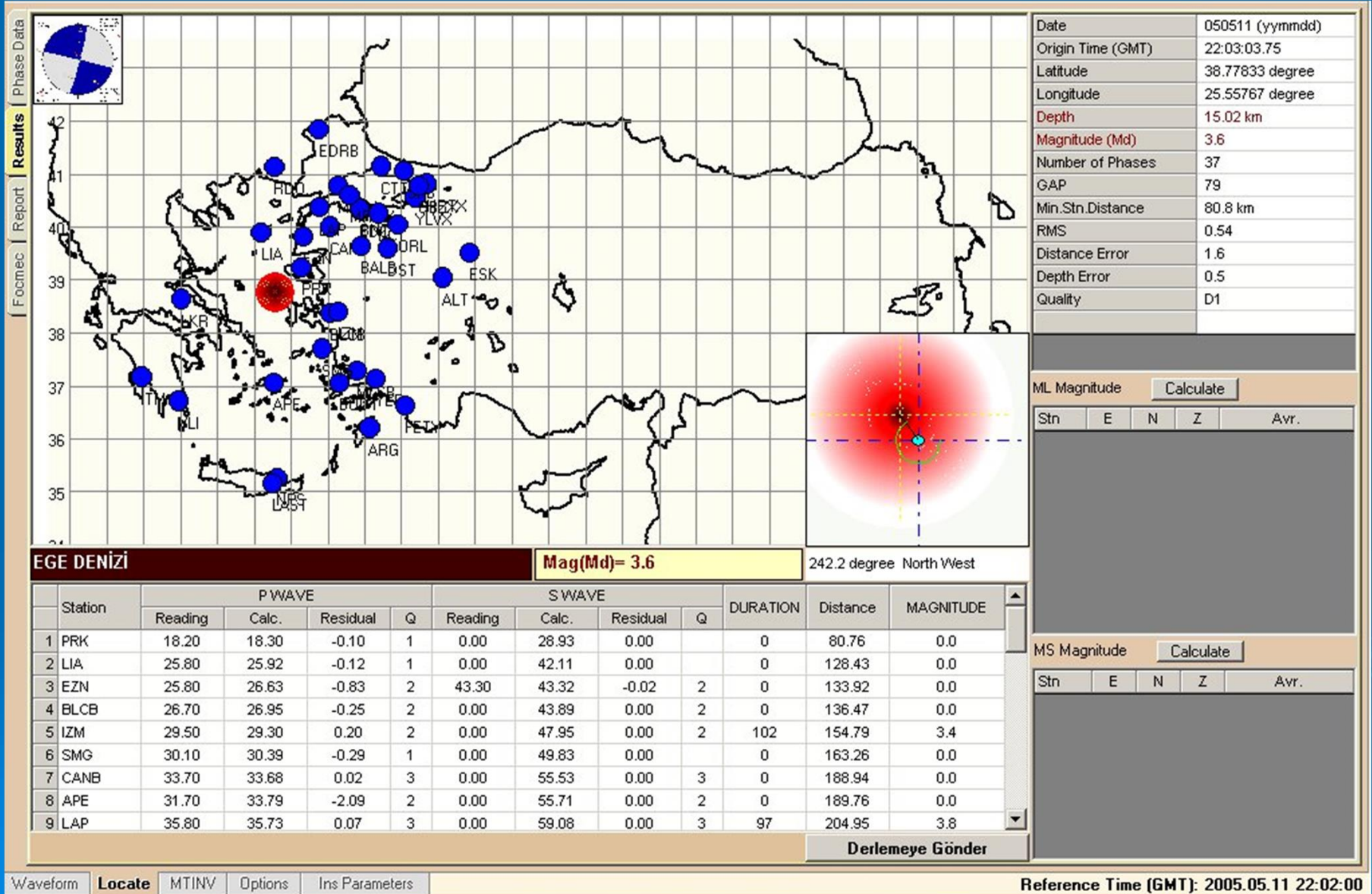


4) İstasyon ağının dışına düşen bir sismik kaynak için dairelerin kesişimi kötü olacak ve dış merkez tahmininde ki hata büyük olacaktır. Bu durumda iki faz arasında ki seyahat zamanı farkına dayalı (S-P) uzaklık kontrolü azimut kontrolünden daha iyidir. Eğer sismik kaynak istasyon ağı tarafından 3 yönden sarılıyorsa, azimut tahmini daha güvenilirdir. (yani azimutal boşluk  $180^\circ$  den daha az ise).



5) Kaynak yönü, her istasyondaki 3-bileşenli kayıtlarda fazların polaritelerinden belirlenmediği sürece sadece iki istasyon ile iki olası çözüm bulunur. Eğer 3 istasyondan fazla sismogram var ise hem dış merkez ve hem de iç merkez lokasyonları daha doğru olarak belirlenir.

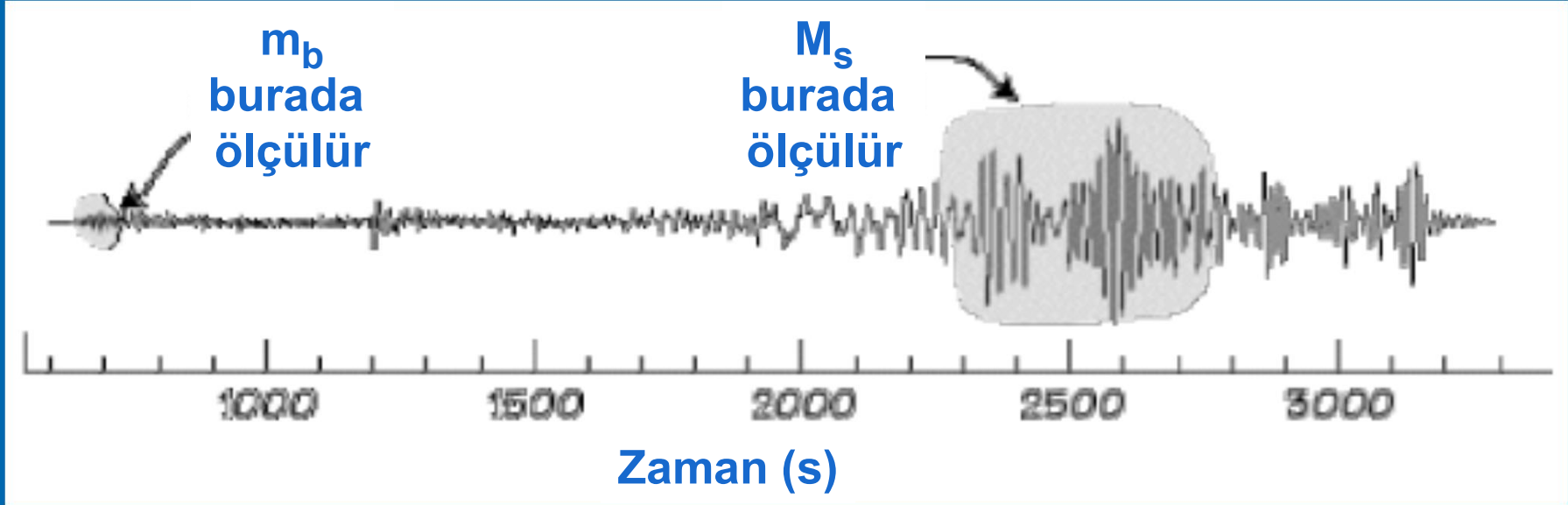
# Dış Merkez (Epicenter) Belirlemesi



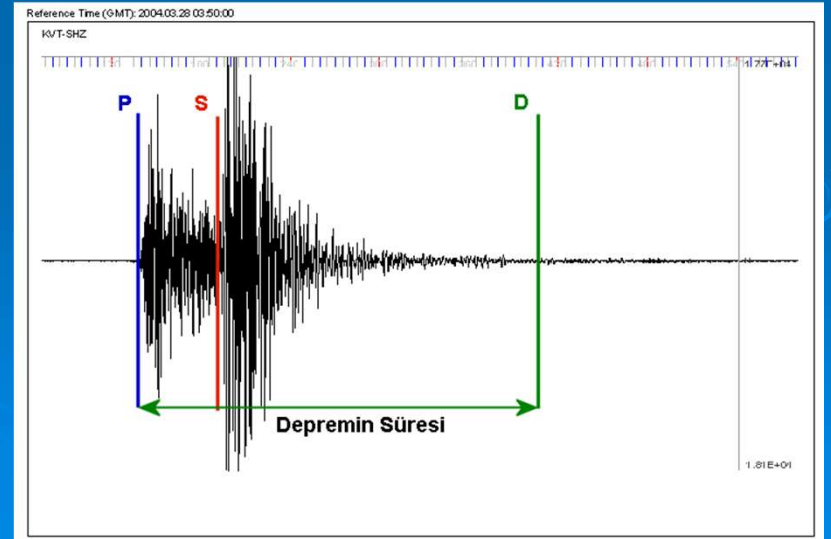
# Magnitüd

- Lokal Magnitüd ( $M_L$ )
- Süreden hesaplanan Magnitüd ( $M_d$ )
- Yüzey Dalgası Magnitüdü ( $M_S$ )
- Cisim Dalgası Magnitüdü ( $m_b$ )
- Moment Magnitüd ( $M_W$ )
- Enerji Magnitüdü ( $M_E$ )
- PKP dalgası Magnitüdü
- Lg Dalgası Magnitüdü
- Tsunami Magnitüdü

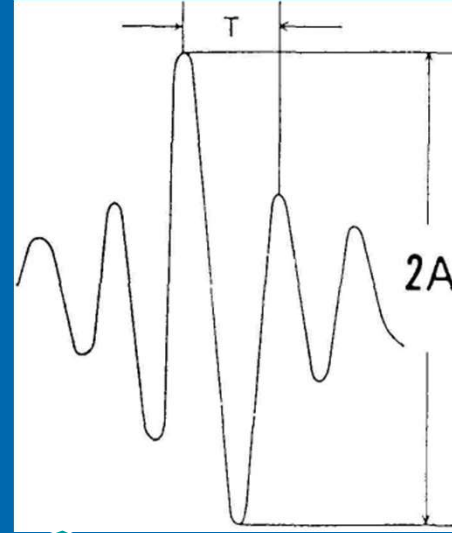
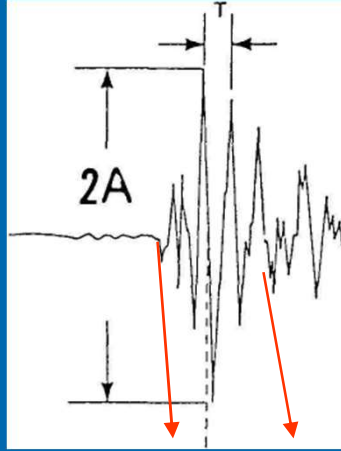
# Magnitüd



Bu magnitüdülerin herbiri sismogramların belli frekanslarda ki farklı kısımlarını kullanır.



# Magnitüd



*Deprem büyüklüğünü saptamak için sismogramlardan dalga genliği okumasının nasıl yapıldığının gösterilişi. 2A tepeden tepeye dalga genliği, T ise ilgili dalganın periyodudur.*

# Magnitüd

## Magnitüd Skalalarının Genel Formülü :

$$M = \log (A / T) + F (h, \Delta) + C$$

A >> Genlik

T >> Hakim Periyod

H >> Derinlik

$\Delta$  >> Uzaklık

F >> Derinlik ve Uzaklığa bağlı düzeltme faktörü

C >> Bölgesel skala faktörü

### Not :

Genel Magnitüd formülünden anlaşılacağı üzere magnitüd skalası logaritmiktir. Magnitüd değerindeki bir birim artış genlikte ki 10 kat artış demektir.

# Magnitüd

## Lokal Magnitüd (Richter Magnitüdü) $M_L$

- Deprem, yer içinde biriken strain enerjisinin açığa çıkmasıdır ve bu enerjinin sayısal bir değere dönüştürülmesi de deprem olayını ölçmenin temelini oluşturur.
- Lokal Magnitüd veya Richter Magnitüdü ilk defa 1935 yılında Güney Kaliforniyada Wood-Anderson sismografi (WA) ile kaydedilen depremleri sınıflandırmak için Charles Richter tarafından geliştirilmiştir.
- WA sismografinin özelliği

Doğal period	TS = 0.8 s
Sönüm faktörü	DS = 0.8
maximum büyütme	Vmax = 2800

Richter tarafından verilen magnitüd formülü :

$$M_L = \log A (WA) - \log A_o(\Delta)$$

Bu formülde  $A_o$ , Wood-Anderson sismografi ile 100 km uzaklıkta kaydedilen depremin en büyük genliğidir. A ise  $\Delta$  uzaklığında ki depremin genliğidir ve bu genliği ölçmek (mm olarak) yeterlidir.

**Dikkat edilmelidir ki yukarıda ki formül sadece belli özelliklere sahip WA sismografi için geçerlidir.**

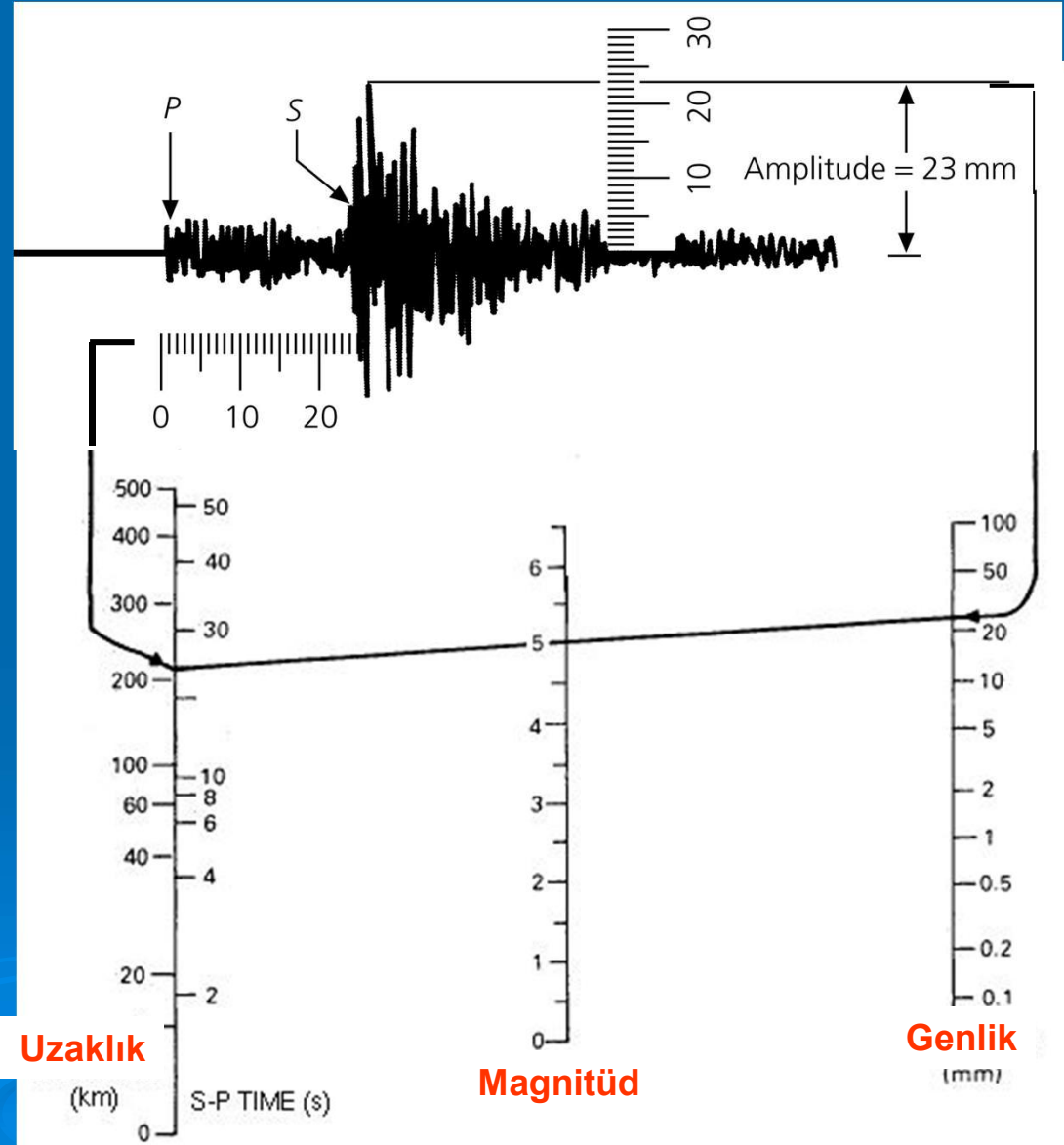
- Lokal Magnitüd 1000 km den yakın depremler için kullanılır.
- Kabukta meydana gelen depremler için kullanılır.

# Magnitüd

## Lokal Magnitüd (Richter Magnitüdü)

$M_L$

Richter tarafından verilen formül sadece belli özelliklere sahip sismograflar için ve Kaliforniyada olan depremler için geçerli olduğundan, sismologlar bu formülü diğer birçok sismometre için ve dünyanın herhangi bir yerinde olan depremler için de kullanabilmek amacıyla “dönüşüm skalaları” oluşturmuşlardır. Yanda Kaliforniyada, lokal magnitüd belirlemek için kullanılan diagram verilmiştir.



# Magnitüd

## Süreye bağlı Magnitüd ( $M_d$ )

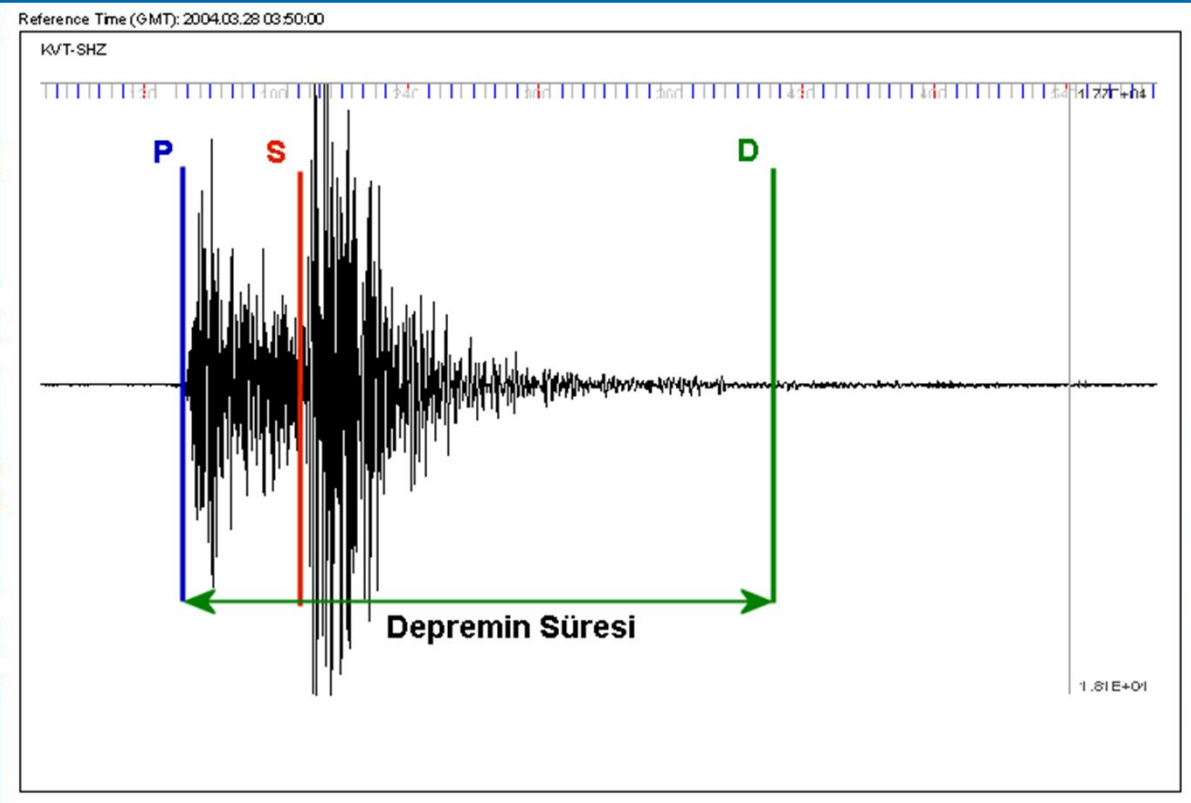
Yüksek büyütme sismograflarla kaydedilen yakın depremlerde sık-sık dalga genlikleri tam olarak kaydedilemez ve dolayısıyla genlik bilgisi kullanılmaz hale gelir. Bu nedenle, süreden hesaplanan alternatif magnitüd skalası geliştirilmiştir. Bu magnitüd skalası sinyalin süresini temel alır ve 200 km'ye kadar olan depremler için

$$M_d = a_0 + a_1 \log d$$

olarak verilir. Burada  $a_0$ ,  $a_1$  Japon Meteoroloji Kurumu

$$M_d = 2.85 \log d$$

Burada P: P-dalgasının  
F: P-dalgasının  
Kuzey Kaliforniya Sismik  
formülü



$$M_d = 2.00 \log d + 0.0035 \Delta - 0.87 \quad (0.5 < M_I < 5)$$

# Magnitüd

## Cisim Dalgası Magnitüdü

$m_b$

Cisim dalgası magnitüdü'nün genel formülü;

$$M_b = \log (A/T) + Q ( h, \Delta )$$

Burada  $A \gg$  alet etkisi giderildikten sonra, yer hareketinin mikron cinsinden genliği  
 $T \gg$  periyod (  $< 3$  sn)  
 $Q \gg$  uzaklığa ( $\Delta$ ) ve deprem iç merkezine ( $h$ ) bağlı ampirik (deneysel) terim

# Magnitüd

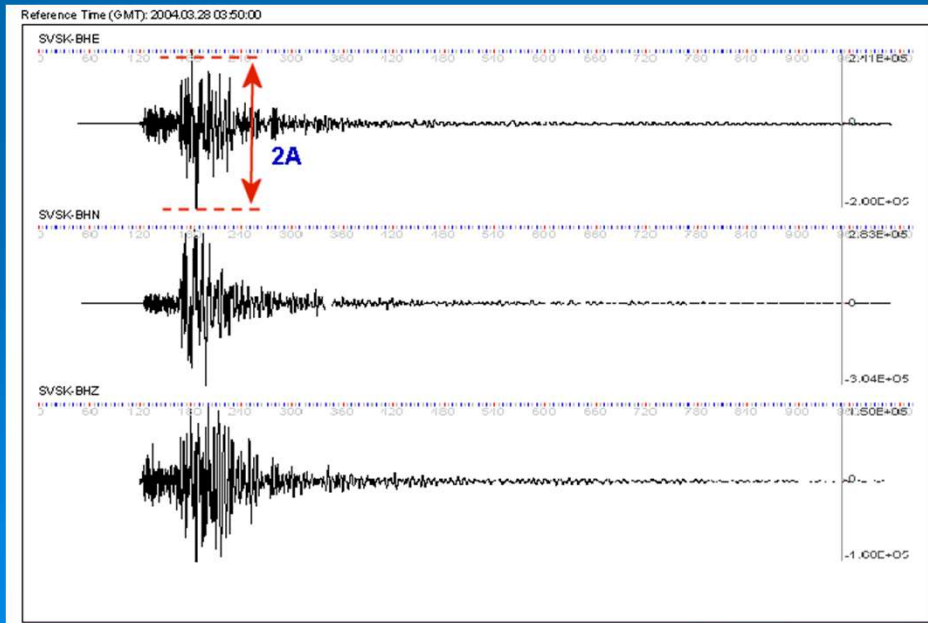
## Yüzey Dalgası Magnitüdü

$$M_s$$

Yüzey dalgası magnitüdü, sismogramda ki en büyük yüzey dalgası genliğinden bulunur. Genel formülü;

$$M_s = \log (A/T) + \alpha \log \Delta + \beta$$

$$M_s = \log (A/T_{20}) + 1.66 \log \Delta + 3.3$$



20 sn periyodlu Rayleigh dalgaları için geliştirilen formüldür (IASPEI). Burada  $\Delta$  derece cinsinden uzaklıktır.

Yüzey dalgası magnitüdü 1936 yılında Gutenberg ve Richter tarafından, lokal magnitüd'ün telesismik depremler için geliştirilmiş şeklidir.

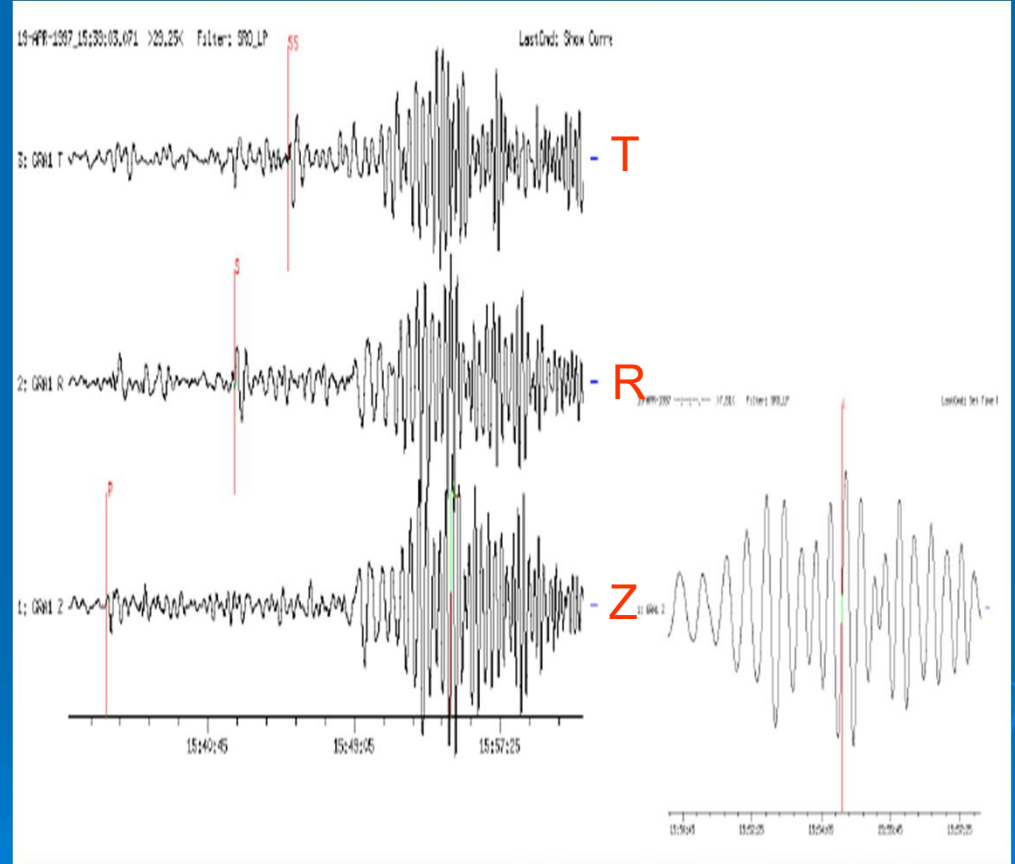
# Magnitüd

## Yüzey Dalgası Magnitüdü

$M_s$

Yüzey Magnitüd skalası Lokal Magnitüde göre bazı üstünlüklere sahiptir. Lokal magnitüd belirlemesinde ki standard Wood-Anderson (WA) sismografından okunan enbüyük genlik yerine yüzey dalgası magnitüdü en büyük yerdeğiştirmeyi kullanır. Bunun önemi, WA sismografı yerine yüzey dalgası magnitüdünü ( $M_s$ ) belirlemede herhangi bir sismograf kullanılabilir.

Bu Magnitüd skalası sığ odak derinliğine (70 km'den az) sahip orta büyüklükteki veya büyük depremler için ve 20-180 derece uzaklıklarda ki depremler için kullanılır.



Düşey bileşen üzerinde, 20 sn-periyodlu yüzey dalgasının ( $17\text{sn} < T < 23\text{sn}$ ) en büyük genliği.

# Magnitüd

## Moment Magnitude

$$M_w$$

Moment magnitüd, magnitüd belirlemelerinde ki en son yöntemdir. Daha önce ki magnitüd belirlemelerinde sismogramda ki en büyük genlik temel alınmıştır. Hanks ve Kanamori (1979) tarafından verilen formül ile hesaplanır.

$$M_w = (2/3) \log M_o - 10.7$$

burada  $M_o$  dyne/cm cinsinden deprem kaynağında ki sismik momenttir.

$M_w$ , deprem kaynağında ki sismik momenti temel alır. Moment Magnitüdü, yer hareketinin sadece belli bir kısmını kullanan magnitüd skalalarının aksine, sismogramlardan veya fay düzleminin geometrisinden belirlenen ve fiziksel bir nicelik olan **momenti** temel alır. **Sismik Moment** fay boyunca olan yerdeğiştirmenin ve bölgede ki kayaçların rijiditesinin fay alanı ile çarpımına eşittir.

Çeşitli araştırmalar göstermiştir ki arazide fay uzunluğunu ölçen jeologlarca belirlenen moment sismologlarca sismogramlardan yararlanarak belirlenen moment ile uyum göstermiştir.

# Magnitüd

Moment Magnitude

$M_w$

$$M_w = 2 / 3 (\log_{10}(M_0) - 10.73)$$

Bir depremin Sismik Momenti

$$M_0 = \mu \cdot A \cdot u$$

formülü ile hesaplanır. Burada

$\mu$  deprem bölgesinde ki kayaçların “kesme modülü” (shear modulus),

$A$  depremin olduğu bölgede ki fay boyunca olan “kırık alanı”,

$u$  fay boyunca oluşan ortalama “yerdeğiştirme”dir (slip).

# Magnitüd

$$M_w = \frac{2}{3} \left( \log_{10} \frac{M_0}{\text{N} \cdot \text{m}} - 9.1 \right) = \frac{2}{3} \left( \log_{10} \frac{M_0}{\text{dyn} \cdot \text{cm}} - 16.1 \right)$$

Soru:

$M_0 = 1.4 \times 10^{25}$  dyn.cm ise **Mw (Moment Magnitüdü)** hesaplayın.

# Magnitüd

## Moment Magnitude

$M_w$

*(Moment) = (Rock Rigidity) × (Fault Area) × (Slip Distance)*

$$M_0 = \mu Ad$$

$$(\text{dyne-cm}) = \left[ \frac{\text{dyne}}{\text{cm}^2} \right] \times (\text{cm}^2) \times (\text{cm})$$

$$M_0 = 3 \times 10^{13} \text{ dyne-cm}$$

$$M_w = \frac{2}{3} \left[ \log_{10}(3 \times 10^{13} \text{ dyne-cm}) - 16.0 \right]$$

$$M_w = \frac{2}{3} \left[ \sim 13.5 - 16.0 \right]$$

$$M_w \sim \frac{2}{3}(-2.5)$$

$$M_w \sim -1.7$$

$$M_0 = 1.4 \times 10^{25}$$

$$M_w = \frac{2}{3} \left[ \log_{10}(1.4 \times 10^{25} \text{ dyne-cm}) - 16.0 \right]$$

$$M_w = \frac{2}{3} \left[ \sim 25.2 - 16.0 \right]$$

$$M_w \sim \frac{2}{3}(9.2)$$

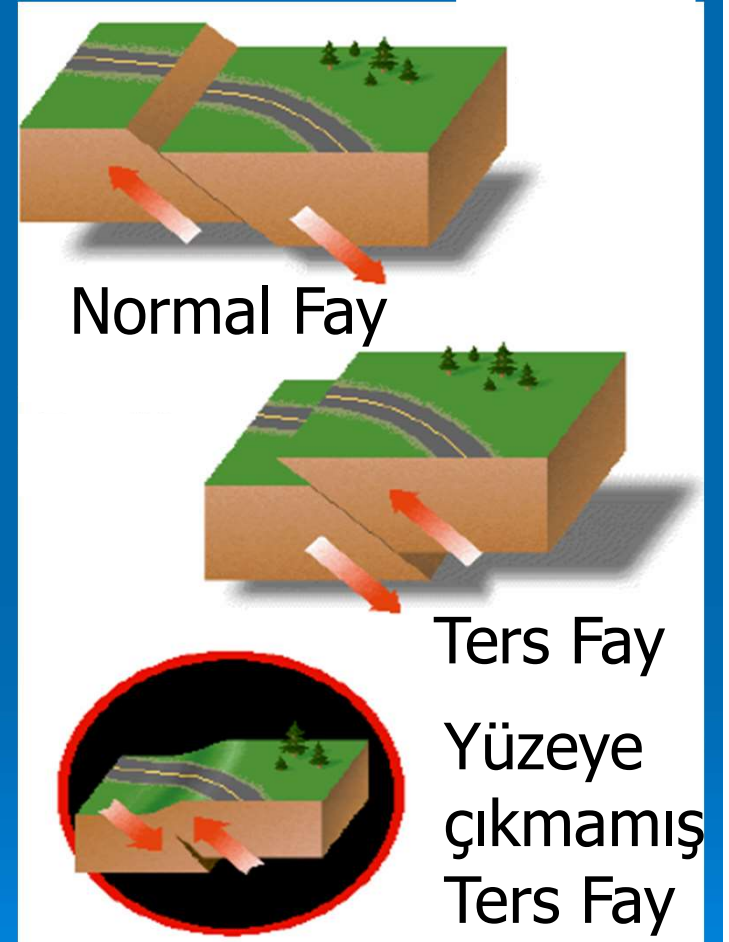
$$M_w \sim 6.1$$

# Magnitüd

## Moment Magnitude

### $M_w$

Birçok sismolog deprem magnitüdünü tahmin etmek için sismik momenti kullanmayı tercih eder. Büyük bir depremden sonra arazide fayı haritalayan jeologlar veya artçı şok çalışması yapan sismologlar fay uzunluğunu, odak derinliğini ve atım miktarını (yerdeğiştirme) belirleyebilirler fakat bu parametreleri belirlemek uzun zaman alır. Ayrıca, bazı büyük depremlerde moment magnitüdü belirlemede kullanılan ne yüzey kırığı oluşur ne de yeterince artçı şok. Bu nedenle sismologlar arazi çalışmaları yerine doğrudan deprem sismogramlarını kullanan bilgisayar metodları geliştirmişlerdir. Bunlardan biri de Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen Centroid Moment Tensor adı verilen yöntemdir ve rutin olarak dünyada olan her önemli depremin hemen arkasından moment magnitüd belirlenir.



# Magnitüd

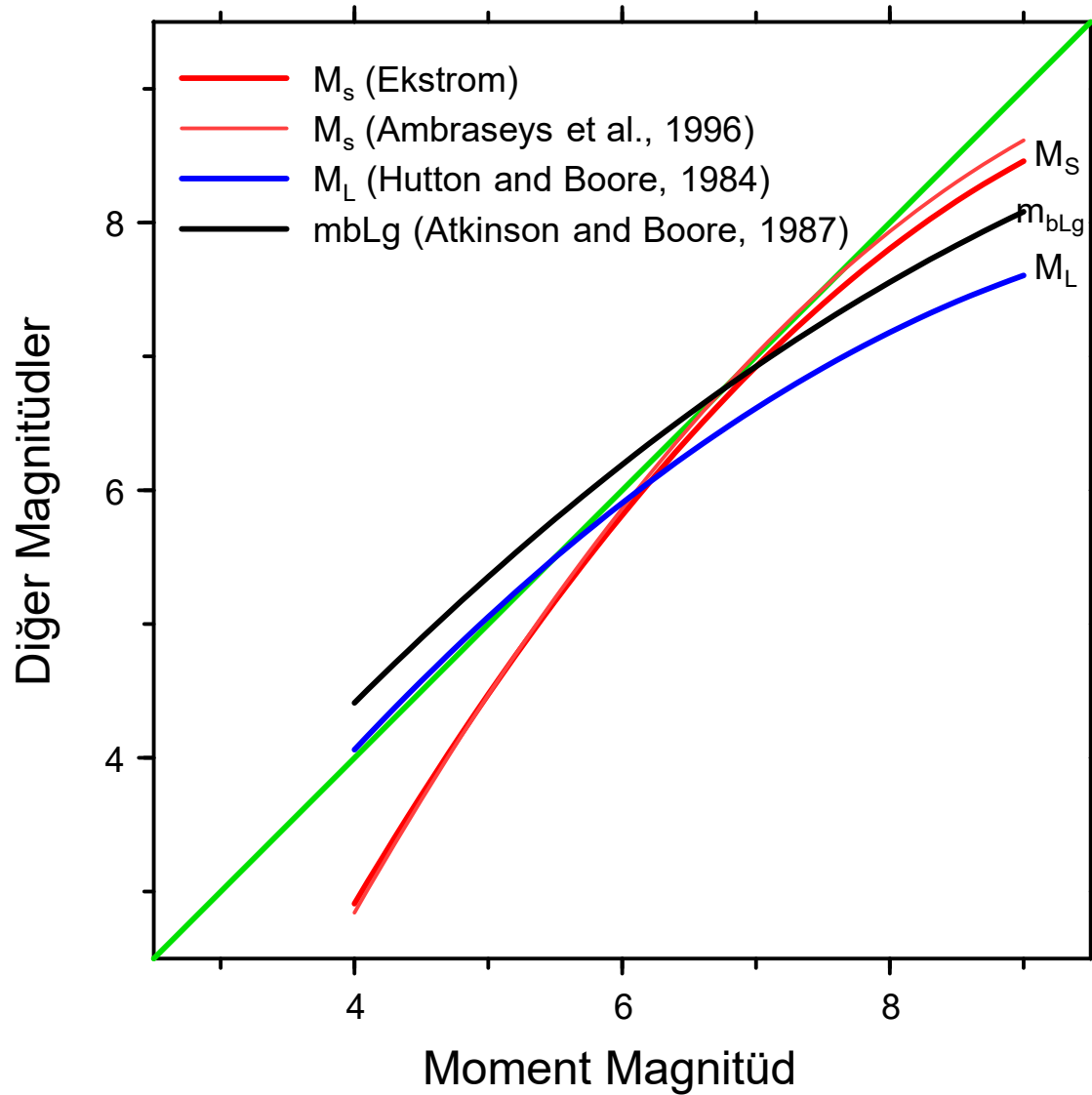
## Moment Magnitude $M_w$

**Moment Magnitüd diğer magnitüd skalalarına göre birçok üstünlüğe sahiptir.**

- \*  $M_w$  tüm sismogramı kullanır ve dolayısıyla çok büyük depremlerin magnitüdüleri belirlenebilir.
- \*  $M_w$ , hem aletsel olarak ve hemde arazi çalışmaları ile belirlenebilir. Bu sismologlara eski depremlerin büyüklüklerini belirleme olanağı da verir.
- \*  $M_w$  tahminleri daha **güvenilirdir.**

# Magnitüd

## Magnitüd Skalaları arasında ki ilişkiler



File: C:\metu\_03\regress\MLMSMN\_M.draw; Date: 2003-09-05; Time: 20:51:43

$$m = 2.5 + 0.63 M_s \quad (3.34)$$
$$m = 1.7 + 0.8 M_L - 0.01 M_L^2$$
$$M_s = 1.27 (M_L - 1) - 0.016 M_L^2$$
$$M_b = 2.5 + 0.65 M_s$$

# Magnitüd

Magnitüd Çeşidi	Magnitüd Aralığı	Uzaklık Aralığı	Açıklama
Süreye bağlı (Md)	4 <	0 – 400 km	Süreyi temel alır. Max. Genliğin ölçülemediği durumlarda kullanılır.
Lokal (MI)	2 – 6	0 – 400 km	WA sismogramında max. genliği temel alır. WA bugün yaygın olarak kullanılmadığından uygun dönüşüm skalaları ile hesaplanır.
Yüzey Dalgası (Ms)	5 - 8	20 – 180 (Derece)	Uzak depremler için kullanılan bir magnitüd olup, 20 sn-periyodlu Rayleigh dalgalarını temel alır.
Moment (Mw)	3.5 >	Hepsi	Depremin momentini temel alır. ( $M_o = \mu \cdot A \cdot u$ )
Cisim Dalgası (mb)	4 – 7	16°– 100° (Sadece derin depremler için)	P-dalgalarının genliklerini temel alır. Derin odaklı depremler için en uygun magnitüd skalasıdır.
Yüzey Dalgası (MLg)	5 - 8	Hepsi	Love dalgalarının genliklerini temel alır ve uzak depremler için kullanılır.
Enerji (Me)	3.5 >	Hepsi	Depremde açığa çıkan sismik enerji miktarını temel alır.

# Magnitüd

## Özet

- **Magnitude, yer sarsıntısının genliğinin bir ölçüsüdür.**
- **Deprem çalışmalarında birden fazla magnitüd skalası kullanılır.**
- **Bütün magnitüd skalaları aynı logaritmik forma sahiptir.**
- **Herbir magnitüd skalası için farklı dalga fazları ve farklı salınım periyodları kullanıldığı için her zaman aynı değeri vermezler.**

<u>Magnitude</u>	<u>Sembol</u>	<u>Dalga Fazı</u>	<u>Period</u>
Lokal (Richter)	$M_L$	S veya Yüzey Dalgası	0.8 s
Cisim-Dalgası	$m_b$	P	1 s
Yüzey-Dalgası	$M_s$	Rayleigh	20 s
Moment	$M_w, M$	Kırık alanı, Atım	100's-1000's

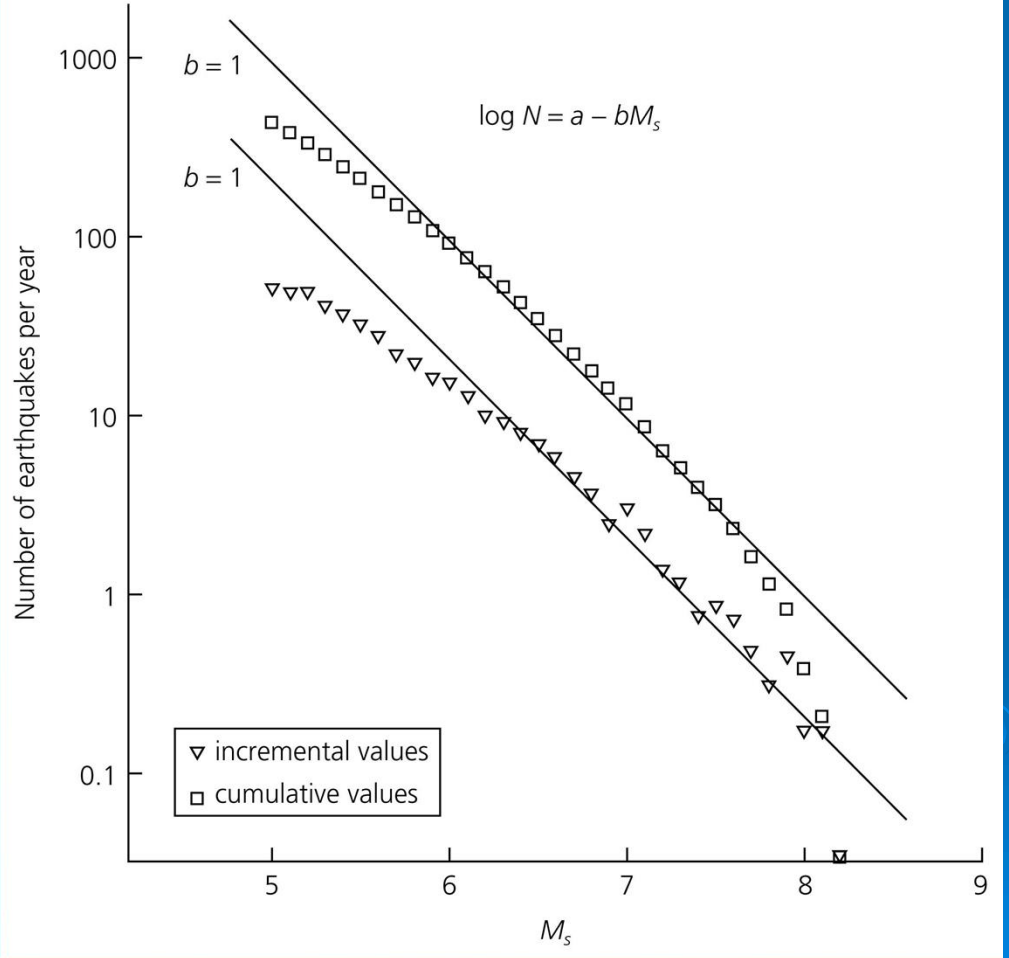
# Magnitüd

## Magnitüd – Frekans İlişkisi

$$\text{Log } N = a - b M$$

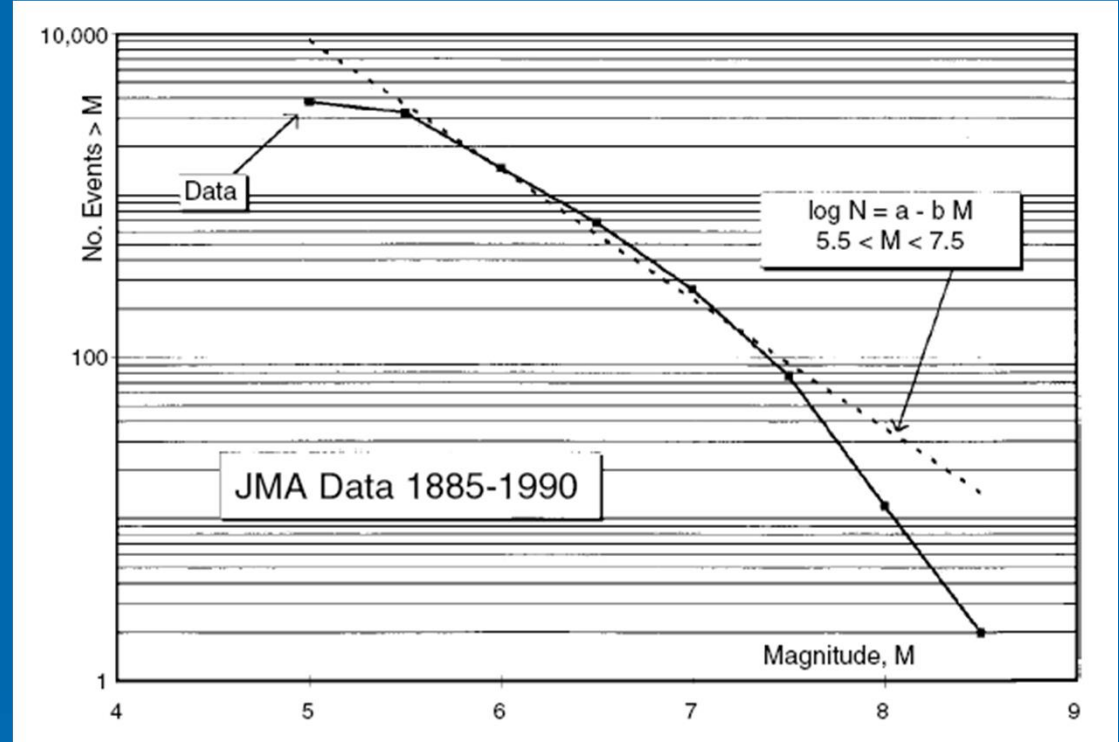
$N \gg$  Belli bir bölgede belirli bir zaman dilimi içinde oluşmuş depremlerin sayısı

**Figure 4.7-1: Frequency-magnitude plot for earthquakes during 1968-1997.**



# Magnitüd

Bu ilişki Gutenberg-Richter tarafından 1954 yılında geliştirilmiştir. Belirli magnitüd aralığında bu ilişki doğrusalken, yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi, küçük ve büyük magnitüd değerleri için bu doğrusal ilişki bozulmaktadır. İncelenen zaman aralığında ki küçük magnitüd değerleri için doğrusallıktan sapmanın nedeni bu zaman aralığında sismometrelerin duyarlılığının ve sayılarının yeterli olmayışı gösterilebilir. Son yıllarda sismometrelerdeki teknolojik gelişmeler uzak ve küçük depremleri belirlemeye olanak vermektedir.



Büyük magnitüd değerlerinde ki sapmalar ise iki nedenle açıklanabilir.

- İlgilenilen zaman aralığı büyük magnitüdü depremlerin tekrarlanma aralığından daha kısadır,
- Gutenberg-Richter ilişkisi belli büyüklüğü aşan depremler için geçersizdir.

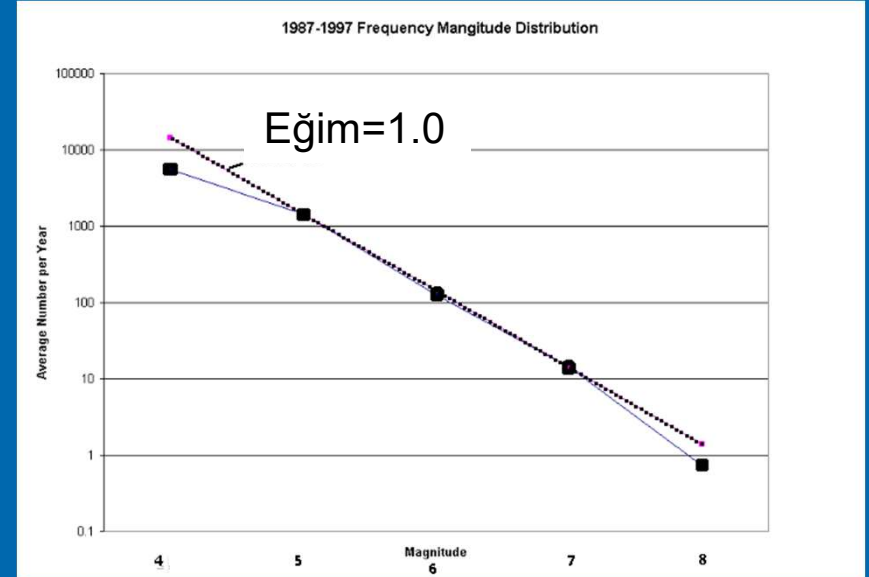
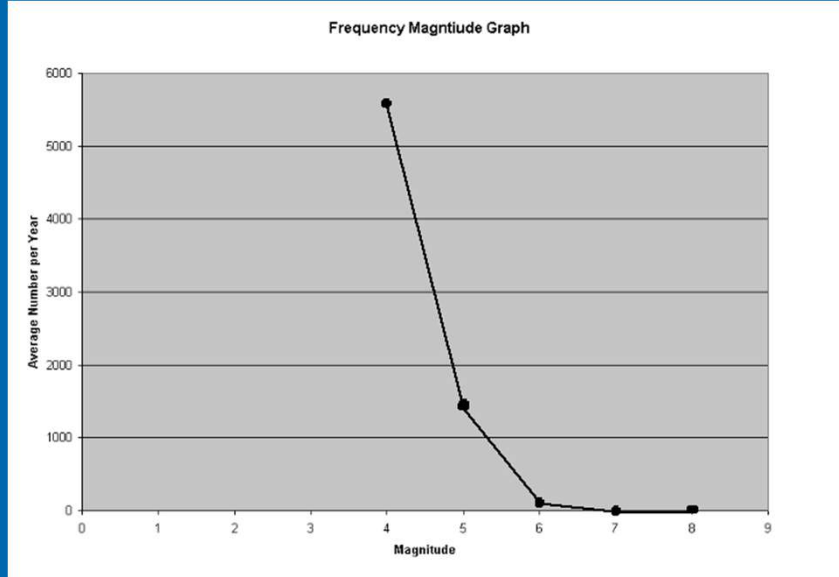
# Magnitüd

Tüm dünyada 1987 – 1997 yılları arasında oluşmuş depremlerin yıllık sayıları (<http://www.geo.lsa.umich.edu/~crlb/COURSES/117/Lec15/eqfreq.html>)

M	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
8.0 to 8.9	0	0	1	0	0	0	1	2	3	1	0
7.0 to 7.9	11	8	6	12	11	23	15	13	22	21	18
6.0 to 6.9	112	93	79	115	105	104	141	161	185	160	124
5.0 to 5.9	1437	1485	1444	1635	1469	1541	1449	1542	1327	1223	1099
4.0 to 4.9	4146	4018	4090	4493	4372	5196	5034	4544	8140	8794	8522

Magnitude Aralığı	Yıllık Ortalama Oluşum Sayısı 1987-1997
4.0 - 4.9	5577.182
5.0 - 5.9	1422.818
6.0 - 6.9	125.363
7.0 - 7.9	14.545
8.0 - 8.9	0.727

# Magnitüd



Tabloda ki verilerin iki grafiği; Soldaki grafik yıllara göre her magnitüd aralığında ki deprem oluşum sayılarının **linear skalada** gösterilmiş grafiği, sağda ise eğimi 1.0 olan doğru ile beraber verilerin **logaritmik skalada** gösterilmesi. Görüldüğü gibi eğimi 1.0 olan bu doğrudan sapmalar çok azdır. 4.0-4.9 aralığında ki deprem sayıları eğimi 1.0 olan doğrudan beklenenden daha azdır. Çünkü kullanılan kataloglar küçük depremler için tam değildir.

# Şiddet (Intensity)



# Şiddet

Sismografların olmadığı dönemlerde, depremin ölçüsünü belirlemek amacıyla depremlerin canlılar, yapılar ve toprak üzerindeki etkileri sınıflanmış ve “Şiddet” adı verilen ölçek ortaya çıkmıştır. Çok çeşitli deprem şiddet ölçekleri önerilmiş ve kullanılmıştır. Örneğin Rossi-Forel (RF), Mercalli-Sieberg (MS), Omori-Cancani (OC), Mercalli-Cancani (MC), Değiştirilmiş Mercalli (MM), Medvedev-Sponheur-Karnik (MSK) ve Japon (JMA) ölçekleri bunlardan bazılarıdır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan ölçekler EMM, MSK, MM ve JMA'dir.

# Şiddet

## Modified Mercalli Şiddet Skalası (MMS)

**I. Derece** Genellikle insanlar tarafından duyulmaz. Ancak duyarlı sismograflar tarafından kaydedilir.

**II. Derece** Ancak istirahat eden (oturan, yatan) ve özellikle yapıların üst katlarındaki kişiler tarafından duyulur. Asılmış konumdaki bazı eşyalar sallanabilir.

**III. Derece** Yapıların içinde ve özellikle yapıların üst katlarında bulunan kişiler tarafından duyulur. Asılı cisimler sallanır. Birçok kişi bunun deprem olduğunu anlayamaz. Duran motorlu araçlar hafifçe sallanabilir. Ağır bir motorlu araç geçiyormuş gibi duyulur. Süresi algılanabilir.

**IV. Derece** Gündüzleri, yapıların içinde bulunan birçok kişi, dışarıda ise bazı kişiler tarafından duyulabilir. Büyük bir kamyon geçiyormuş gibi algılanabilir. Geceleri, bazı kişileri uyandırabilir. Tabaklar, pencereler, kapılar sallanır, duvarlar gıcirdama sesleri çıkarır. Duran araçlar sarsılır.

**V. Derece** Hemen herkes tarafından duyulur, birçok kişi uyanır. Yönü izlenebilir. Mutfak eşyalarından ve pencere camlarından bir bölümü kırılabilir. Sıvalar çatlayabilir ya da düşebilir. Kararlı olmayan eşyalar devrilebilir. Bazan ağaçların direkleri ve diğer yüksek eşyaların sallandığı görülür. Sarkaçlı saatler durabilir. Kötü yapılmış bacalar ve bahçe duvarları yıkılabilir.

# Şiddet

VI. Derece Herkes tarafından duyulur. Birçok kişi korkar ve dışarı fırlarlar. Yürümek zorlaşır. Pencere camları, tabaklar ve cam eşyalar kırılır. Ağır eşyalardan bir bölümü yerinden oynar, kitaplar raflardan düşer. Sıvalar ve D turu yapılarda çatlaklar oluşur. Bacaların düştüğü görülür. Ağaçlar ve dallar sallanır ya da hışırdar.

VII. Derece Ayakta durmak zorlaşır. Herkes dışarı koşar. Araç kullanan kişiler depremin farkına varırlar. Asılı cisimler düşer. Eşyalar hasar görür. D türü yapılarda çatlak ve hasar oluşur. Zayıf tutturulmuş bacalar düşer. Sıva, zayıf tutturulmuş tuğla, taş ve fayans, kornis, parapet ve yapı dekorasyon malzemeleri gibi cisimler düşer. C türü yapılarda çatlaklar oluşur. Havuzda dalgalanma, su birikintilerinde çamurlanma, kum ve çakıl birikintilerinde küçük kaymalar ve çukurlar oluşur. Beton kanaletlerde hasar olur.

VIII. Derece Araba sürmek zorlaşır. C turu yapılarda hasar ve kısmen yıkılma, B türü yapılarda az hasar, A türü yapılarda hasar yok. Zayıf duvarlar yıkılır. Heykeller, yüksekte duran su tankları, yığılmış malzemeler, kuleler ve bacalar yıkılır. Temeli zayıf ahşap yapılar devrilir, ağaç dalları kırılır. Ağır eşyalar ters döner, araç kullananlar rahatsız olurlar. Su kaynaklarının debisi ve sıcaklığı değişir. Arazide kum fışkırması (sıvılaşma), çatlaklar ve faylar (kırıklar) olur. Kayalar düşer ve heyelanlar olabilir.

# Şiddet

X. Derece Genel bir panik olur. D türü yapıların tümü yıkılır. C türü ağır hasara uğrar. B türü önemli derecede hasar görür. Bir çok yapının temelinde hasar olur. Yeryüzünde büyük yarık ve çatlaklar oluşur. Yeraltıdaki borular kopar. Kumlu zeminlerde sıvılaşma olur.

XI. Derece B, C ve D türü yapıların büyük bir çoğunluğu yıkılır. İyi yapılmamış ahşap karkas, betonarme yapılarda çok ağır hasar ya da kırılma başlangıcı görülür. Baraj ve bentlerde önemli hasar gözlenir. Yeryüzünde büyük çatlaklar ortaya çıkar. Raylar bükülür, ırmak kıyılarında ve dik yamaçlarda heyelanlar olur, kum ve çamur akmalan (sıvılaşma) görülür.

XII. Derece Pek az yapı ayakta kalır. Köprüler yıkılır. Yeryüzünde geniş çatlaklar oluşur. Yeraltı boruları tümüyle işe yaramaz duruma gelir. Yumuşak zeminde yer kaymaları ve toprak yığıntıları olur. Raylar çok fazla eğilir.

## Genel Sınıflama

### Şiddet Etki

I-V	İnsanlar tepki verir
VI	Mimari hasar
VII-IX	Yapısal hasar
X-XII	Yeryüzeyi değiştirir

# Şiddet

*Çizelge 2: Bazı Şiddet ölçeklerinin karşılaştırılması.  
Parantez içinde verilen tarihler ilgili şiddet ölçeklerinin  
kullanılmaya başladığı tarihlerdir.*

**MSK (1964) = MM (1931)      Rossi-Forel (1874)      Japon-JMA (1950)**

I	I	0
II	II	1
III	III	2
IV	IV	2-3
V	V-VI	3
VI	VII	4
VII	VIII	4-5
VIII	IX	5
IX	X	6
X	X	7
XI	X	8
XII	X	9

**JMA ve EMS skolarının karşılaştırılması.**

JMA	EMS
1	2
2	3
3	5
4	6
5	8
6	10
7	11

**Table 1.** Summary of the 1998 European Macroseismic Intensity scale in terms of observed effects on people and buildings.

<b>Intensity</b>	<b>Definition</b>	<b>Effects on People and Buildings</b>
I	Not felt	Not felt – only detected by sensitive instruments
II	Scarcely felt	Felt by very few people, who are in particularly favourable conditions at rest and indoors
III	Weak	Felt by a few people, mostly those at rest
IV	Largely observed	Felt by many people indoors and very few outdoors; a few people are woken by the shaking
V	Strong	Felt by most people indoors and a few outdoors; a few people are frightened and many who are sleeping are woken by the shaking
		Fine cracks in a few of the most vulnerable types of buildings, such as adobe and unreinforced masonry
VI	Slightly damaging	Shaking felt by nearly everyone indoors and by many outdoors; a few people lose their balance
		Minor cracks in many vulnerable buildings, and a few poor quality reinforced concrete (RC) structures; a few of the most vulnerable buildings have cracks in walls and spalling of fairly large pieces of plaster
VII	Damaging	Most people are frightened by the shaking, and many have difficult standing, especially those on upper stories of buildings
		Many adobe and unreinforced masonry buildings sustain large cracks and damage to roofs and chimneys; some will have serious failures in walls and partial collapse of roofs and floors; minor cracks in RC structures with some earthquake-resistant design, more significant cracks in poor quality RC structures

VIII	Heavily damaged	Many find it difficult to stand.
		Many vulnerable buildings experience partial collapse and some collapse completely; large and extensive cracks in poor quality RC buildings, and many cracks in RC buildings with some degree of earthquake-resistant design
IX	Destructive	General panic (this is the highest degree of intensity that can be measured from human response)
		General and extensive damage in vulnerable buildings; cracks in columns, beams and partition walls of RC buildings, some of those of poor quality suffering heavy structural damage and partial collapse; non-structural damage in RC structures with high level of earthquake-resistant design
X	Very destructive	Partial or total collapse in nearly all vulnerable buildings; extensive structural damage in RC and steel structures.
XI	Devastating	Extensive damage and widespread collapse in nearly all building types; very rarely observed, if ever.
XII	Completely devastating	Cataclysmic damage; has never been observed and is probably not physically realisable

## Modified Mercalli (MM) Intensity Scale

- I** Not felt. Marginal and long period effects of large earthquakes.
- II** Felt by persons at rest, on upper floors, or favorably placed.
- III** Felt indoors. Hanging objects swing. Vibration like passing light trucks. Duration estimated. May not be recognized as an earthquake.
- IV** Hanging objects swing. Vibration like passing of heavy trucks; or sensation of a jolt like a heavy ball striking the walls. Standing motor cars rock. Windows, dishes, doors rattle. Glasses clink. Crockery clashes. In the upper range of IV, wooden walls and frame creak.
- V** Felt outdoors; direction estimated. Sleepers wakened. Liquids disturbed, some spilled. Small unstable objects displaced or upset. Doors swing, close, open. Shutters, pictures move. Pendulum clocks stop, start, change rate.
- VI** Felt by all. Many frightened and run outdoors. Persons walk unsteadily. Windows, dishes, glassware broken. Knickknacks, books, etc., off shelves. Pictures off walls. Furniture moved or overturned. Weak plaster and masonry D cracked. Small bells ring (church, school). Trees, bushes shaken (visibly, or heard to rustle).
- VII** Difficult to stand. Noticed by drivers of motor cars. Hanging objects quiver. Furniture broken. Damage to masonry D, including cracks. Weak chimneys broken at roof line. Fall of plaster, loose bricks, stones, tiles, cornices (also unbraced parapets and architectural ornaments). Some cracks in masonry C. Waves on ponds; water turbid with mud. Small slides and caving in along sand or gravel banks. Large bells ring. Concrete irrigation ditches damaged.

- VIII** Steering of motor cars affected. Damage to masonry C; partial collapse. Some damage to masonry B; none to masonry A. Fall of stucco and some masonry walls. Twisting, fall of chimneys, factory stacks, monuments, towers, elevated tanks. Frame houses moved on foundations if not bolted down; loose panel walls thrown out. Decayed piling broken off. Branches broken from trees. Changes in flow or temperature of springs and wells. Cracks in wet ground and on steep slopes.
- IX** General panic. Masonry D destroyed; masonry C heavily damaged, sometimes with complete collapse; masonry B seriously damaged. (General damage to foundations.) Frame structures, if not bolted, shifted off foundations. Frames racked. Serious damage to reservoirs. Underground pipes broken. Conspicuous cracks in ground. In alluvial areas sand and mud ejected, earthquake fountains, sand craters.
- X** Most masonry and frame structures destroyed with their foundations. Some well-built wooden structures and bridges destroyed. Serious damage to dams, dikes, embankments. Large landslides. Water thrown on banks of canals, rivers, lakes, etc. Sand and mud shifted horizontally on beaches and flat land. Rails bent slightly.
- XI** Rails bent greatly. Underground pipelines completely out of service.
- XII** Damage nearly total. Large rock masses displaced. Lines of sight and level distorted. Objects thrown into the air.

# Şiddet

## • Makrosesmik verinin toplanması

- Makrosismik anket formları
- Arazide ki incelemeler

## • Macrosismik verinin işlenmesi

- Veriden şiddeti değerlendirme
- Eş şiddet haritalarının hazırlanması
- Makrosismik veriden deprem parametrelerinin belirlenmesi

Dışmerkez şiddeti  
Macrosismik magnitüd  
Odak derinliğinin tahmini

- Şiddet azalımı
- Şiddet-Yer hareketi parametreleri ilişkisi

## Makrosesmik verinin toplanması

Makrosismik veriler temel olarak iki kaynaktan üretilir; Anket formları ve arazi çalışmaları. Depremin büyüklüğüne göre ikisinden birine veya herikisinede gerek görülür. Genel kural olarak anket formları 2 ile 6 büyüklüğünde ki depremlerde kullanılırken 7 ve daha büyük depremler için arazi çalışmaları gereklidir.

Üçüncü bir kaynak daha vardır; yazılı dökümanlar, tarihi depremlerin makrosismik verilerinin kaynağıdır. Bu kaynaktan elde edilen verinin işlenmesi ayrı bir uzmanlık alanıdır ve sismologla birlikte profesyonel bir tarihçi gerektirir.

# Şiddet

## Anket Formları

• Anket formları ya serbest form şeklinde (open-ended) ya da çoktan seçmeli olarak düzenlenir. Serbest form şeklinde düzenlenen anket formlarında soru sorulan kişiye kendi düşüncelerini kendi cümleleri ile anlatma olanağı verilir (Örneğin “Sarsıntıyı veya sarsıntı anını anlatırmısınız?” gibi). Çoktan seçmeli anket formlarında ise birden fazla seçenek verilir. Çoktan seçmeli anket formlarının değerlendirilmesi daha kolaydır fakat öngörülen kategorilere uymayan bilgiyi kaybetme riski vardır. Bu iki anket türünün kombinasyonu da mümkündür.

• Keza Anket Formunun uzunluğuda önemlidir. Çok uzun ve zor sorular insanları formu doldurmamaya yöneltebilir. Bu nedenle form kısa, net ve anlaşılabilir sorulardan oluşmalıdır.

## EARTHQUAKE QUESTIONNAIRE

The following questionnaire is part of a study of the effects of the \_\_\_\_\_ (name) earthquake, which occurred on \_\_\_\_\_ (date) at \_\_\_\_\_ (time). You are invited to use it to record what you experienced. If you did NOT feel the earthquake, or notice it at all, please tick here [ ] and complete questions 1, 2 and 5, below. This information will still be useful for our study. Please send completed questionnaires to this address:

### SECTION A – WHERE YOU WERE

1. At the time of the earthquake, where were you?

Address (including post code).....  
Outdoors [ ] Ground floor [ ] Upper floor [ ]; If so, which floor? .....  
Stationary vehicle [ ] Moving vehicle [ ] Other .....  
If indoors, please describe the type of building:  
Function (house, school, church, etc) .....  
Height (number of stories) .....  
Construction (brick, stone, wood, etc) .....

2. What were you doing?

Walking [ ] Standing [ ] Sitting [ ] Kneeling [ ]  
Lying down [ ] Sleeping [ ]

### SECTION B – EARTHQUAKE SHAKING AND SOUND

3. What best describes the shaking you felt?

No shaking [ ] Trembling [ ] Swaying [ ] Jerky motion [ ]  
Impact [ ] Rolling motion [ ] Other [ ] .....  
It was ... Weak [ ] Moderate [ ] Severe [ ]

4. What best describes any sound you heard?

No sound [ ] Rumbling [ ] Roaring [ ] Explosion [ ]  
Other [ ] .....  
It was ... Faint [ ] Moderate [ ] Loud [ ]

### SECTION C – EFFECTS ON PEOPLE AND ANIMALS

5. Which best describes what happened where you were (your house, neighbours)?

Nobody noticed it [ ] Only one or two people noticed it [ ]  
Some people noticed it, but not many [ ] Many people noticed it [ ]  
Most people noticed it [ ] Everyone noticed it [ ]  
People indoors noticed it, but not those outside [ ]  
People upstairs noticed it, but not those on the ground floor [ ]  
I don't know whether other people noticed it or not [ ]

6. (Only for earthquakes that happened at night) Did the earthquake wake you?

No [ ] Yes [ ] I wasn't asleep [ ]  
Were other people where you were woken up?  
No [ ] Yes, a few [ ] Yes, many [ ] Yes, most/all [ ] Don't know [ ]

7. Were you frightened?

No [ ] Yes [ ]  
Where you were, did anybody run outdoors in fright?  
No [ ] Yes, a few [ ] Yes, many [ ] Yes, most/all [ ] Don't know [ ]

8. Were any animals nearby frightened?

No [ ] Yes, pets [ ] Yes, farm animals [ ] No animals nearby/don't know [ ]

### SECTION D – EFFECTS ON OBJECTS, BUILDINGS, ETC

9. Did any of the following things happen?

	Yes	No	Don't know
Windows/doors rattled	[ ]	[ ]	[ ]
Crockery, etc rattled	[ ]	[ ]	[ ]
Hanging objects swung	[ ]	[ ]	[ ]
Pictures moved askew	[ ]	[ ]	[ ]
Small objects shifted or fell	[ ]	[ ]	[ ]
Books or similar shifted or fell	[ ]	[ ]	[ ]
Furniture shook visibly	[ ]	[ ]	[ ]
Furniture shifted out of place	[ ]	[ ]	[ ]
Furniture toppled over	[ ]	[ ]	[ ]
Pendulum clocks stopped	[ ]	[ ]	[ ]
Plants shook	[ ]	[ ]	[ ]
Liquids splashed or spilled	[ ]	[ ]	[ ]

Please give details, or note any other things that you noticed:.....

10. Was there any damage to buildings where you were?

No [ ] Yes [ ] Don't know [ ]  
If yes, please describe the damage .....

11. Were there any effects on natural surroundings where you were, for example, landslips, cracks in ground, effects on ponds or streams, etc?

No [ ] Yes [ ] Don't know [ ]  
If yes, please describe the effects .....

12. Have you any other comments about the effects of the earthquake that might be useful?

.....  
.....

# Şiddet

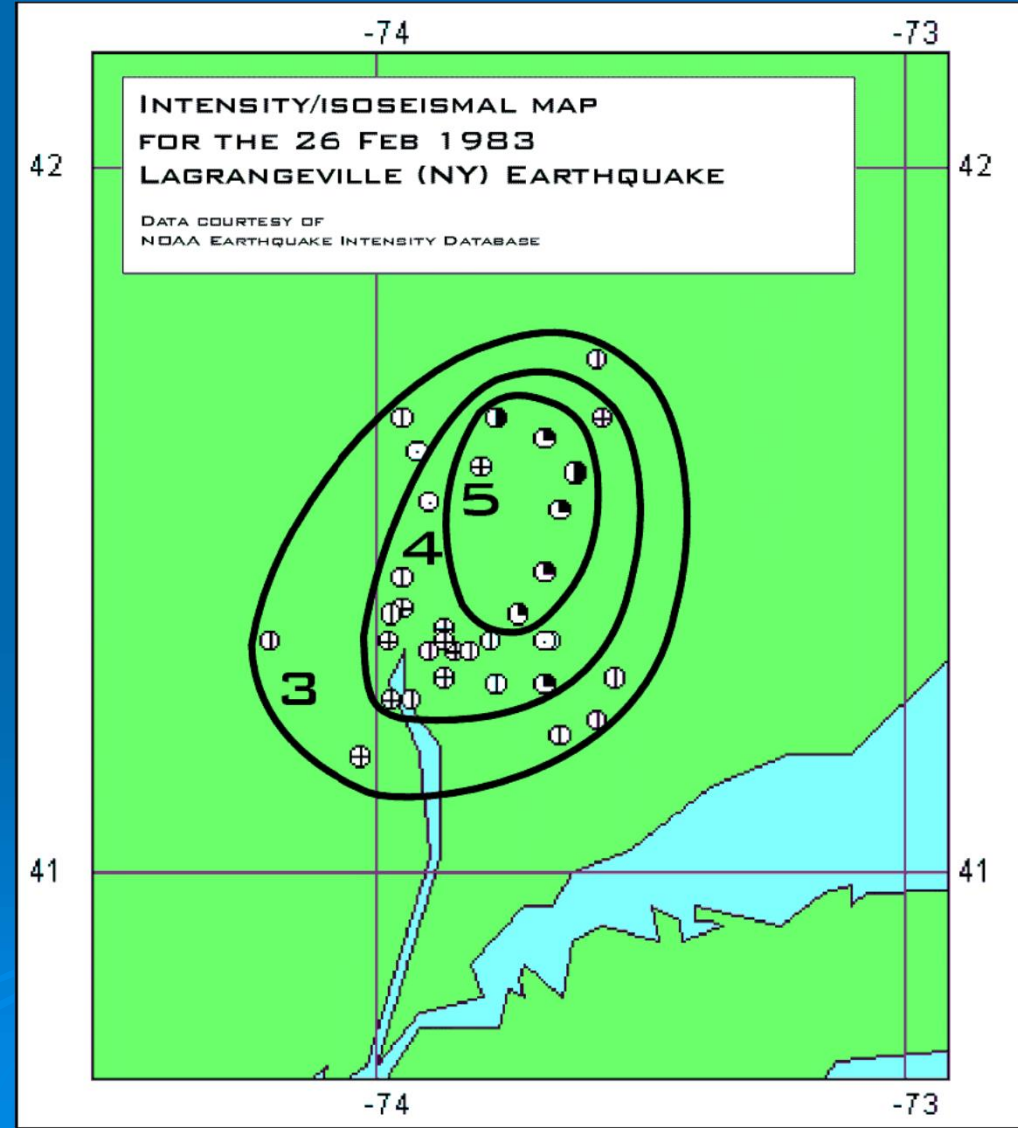
## Arazi Çalışmaları

- Arazi çalışmaları depremden hemen sonra yapılmalıdır.
- Arazi ekibinde, deprem mühendisliği, jeoteknik mühendisliği ve aynı zamanda sismoloji alanlarında deneyimli kişiler bulunmalıdır.
- Arazide, hem ayrıntılı ve hemde genel yapısal incelemeler yapılmalıdır. Bu incelemeler;
  - Farklı bina tiplerinin dağılımı
  - Depreme karşı dirençliliği veya dirençsizliği
  - her bina tipi içinde ki farklı hasar derecelerinin dağılımı
- Yapılar dikkatle incelenmeli ve fotoğraflarıyla birleştirilerek kayıtlarının yapılmasına dikkat edilmelidir. Mühendislik yapılarının içinde ve dışında oluşan hasarlar tiplerine göre kaydedilmelidir. Oluşan hasarı şiddet skalası ile ilişkilendirebilmek için bina dayanıklılık bigisi gereklidir. Yani, inşa tekniğindeki zayıf ve kuvvetli yanlar, depreme karşı zayıflığın veya yüksek dayanımın tipik noktaları, bina dizaynında ki simetrik ve asimetriclik, kullanılan malzemelerin kalitesi vb. Mühendislik yapıları olmayan yapılar için de durum aynıdır. Bu tür yapıların ana yapısal özellikleri ve yaşları belirlenmelidir. Gene bina içinde ve dışında ki hasar tipleri ve dereceleri ayrıntılı olarak kayıt edilmelidir.
- Hasar gören bölgelerde ki jeoteknik özellikler incelenmelidir. Lokal jeoloji ile hasar dağılımı arasında ki ilişki incelenmeli ve bu ilişkinin gözlenen şiddetin lokal değişimleri ile bir bağlantısının olup-olmadığına bakılmalıdır.

# Şiddet

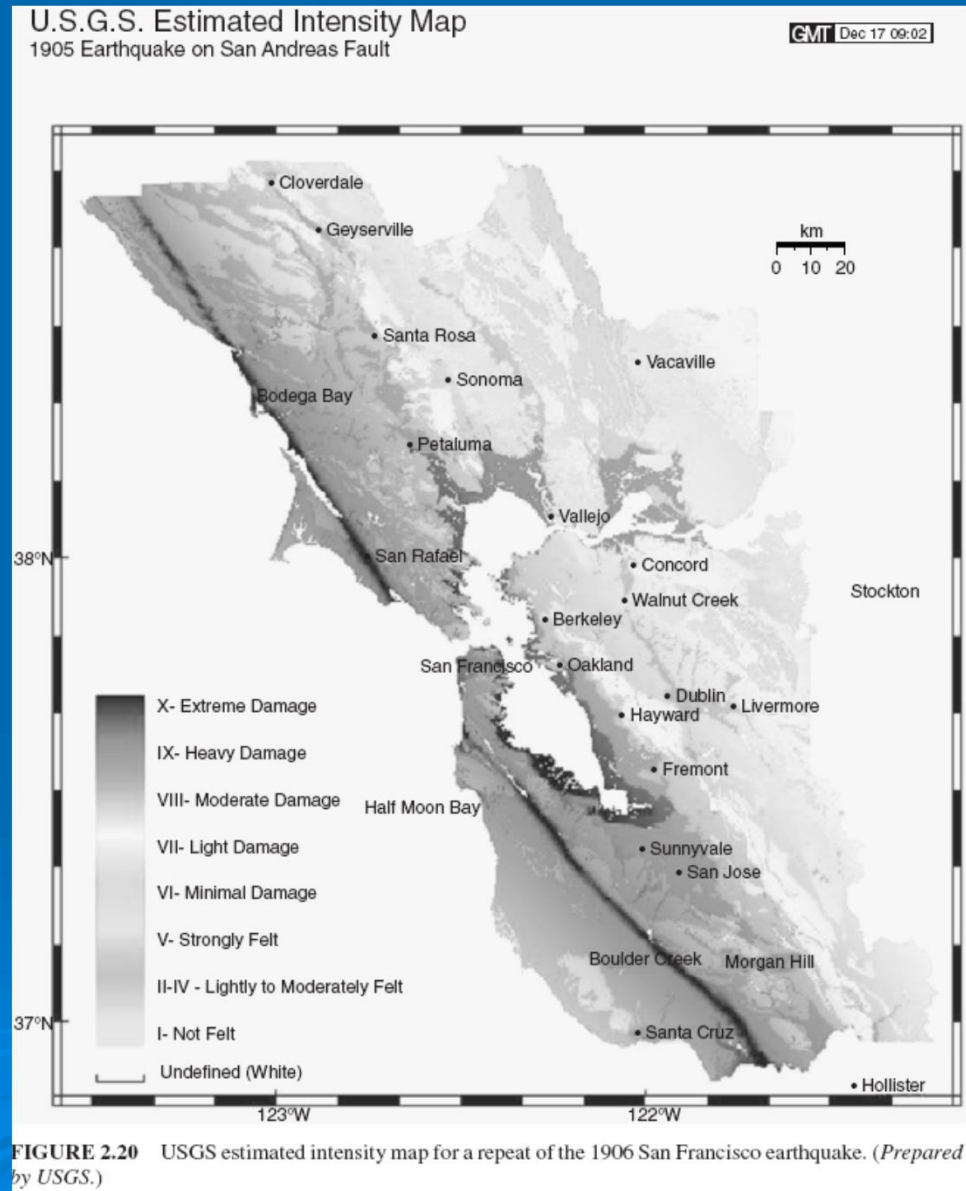
## Macrosismik verinin işlenmesi

### Eş Şiddet Haritası



# Şiddet

## Eş Şiddet Haritası



# Şiddet

## Şiddet Haritaları

