

**TMMOB JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI İSTANBUL ŞUBESİ**



**PETROL ARAMALARINDA  
SİSMİK YÖNTEM**

**2022**

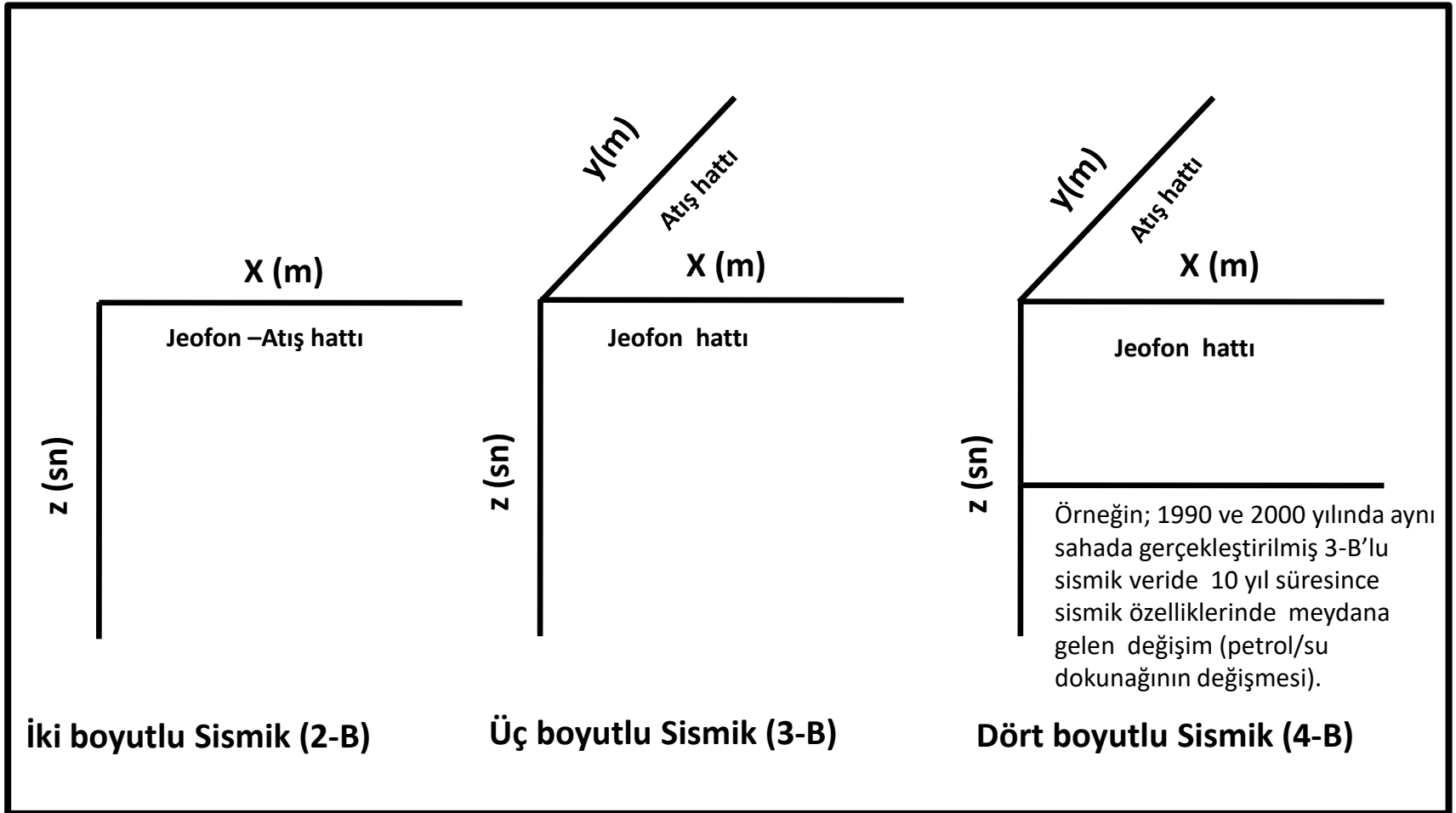
**Editör**

**Atila SEFÜNÇ**

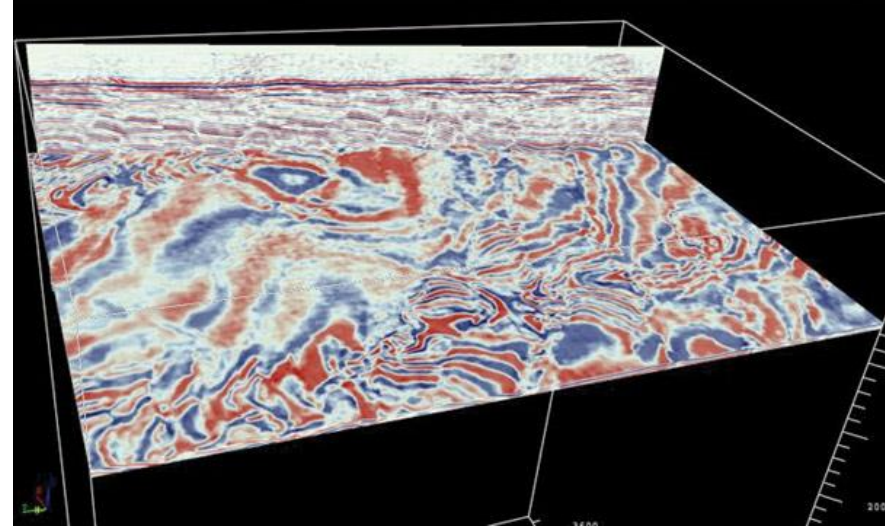
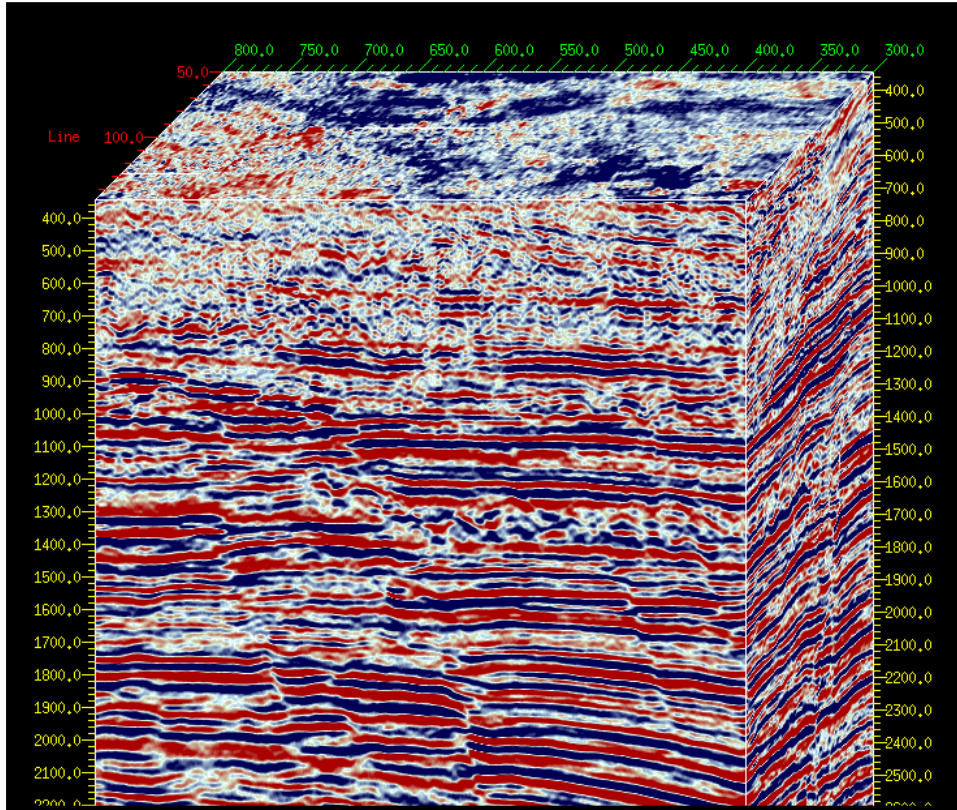
- Ülkemiz, hidrokarbon potansiyelini tespit etmek ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmak için son yıllarda Jeofizik Gemi ile sismik arama faaliyetleri yapmaktadır.
- Karada ve denizde, petrol/doğal gaz keşiflerinin gerçekleştirilmesi için Jeofizik Mühendislerinin önemi ve görevi büyüktür.
- Kamu kurumları ve özel sektörde hidrokarbon arama faaliyetlerinde görev alacak meslektaşlarımızın sismik yöntem hakkında bilgilerini tekrar edebilecekleri bir not hazırlanmıştır.
- Bu çalışmayı JFMO İstanbul Şube adına yürüten, petrol aramalarında uzman jeofizikçi Atila SEFÜNÇ'e teşekkür ederiz. Ankara Üniversitesi / JFM 416 – Sismik Yorumlama ders notlarından derlenmiştir.

Jeofizik Mühendisleri Odası İstanbul Şube 17.Dönem Yönetim Kurulu

# Sismik Uygulamalar (2-B, 3-B, 4-B)



# Üç Boyutlu Sismik Küp Verisi & Zaman Dilimi (Time Slice)



## 2) *Veri İşlem Jeofiziği*

---

- Sismik hatların Prosesi

- *Rutin Prosesler*

- *Yığma ve Göç Kesitleri (Stack ve Migration )*

- Özel Prosesler

- *Derinlik Kesitleri (PSDM)*

- *Ofsetle Genliğin Değişimi (AVO-AVA)*

- *Ters Çözüm (seismic inversion)*

# *Sismik Yorumda Dikkate Alınması Gereken Temel Konular*

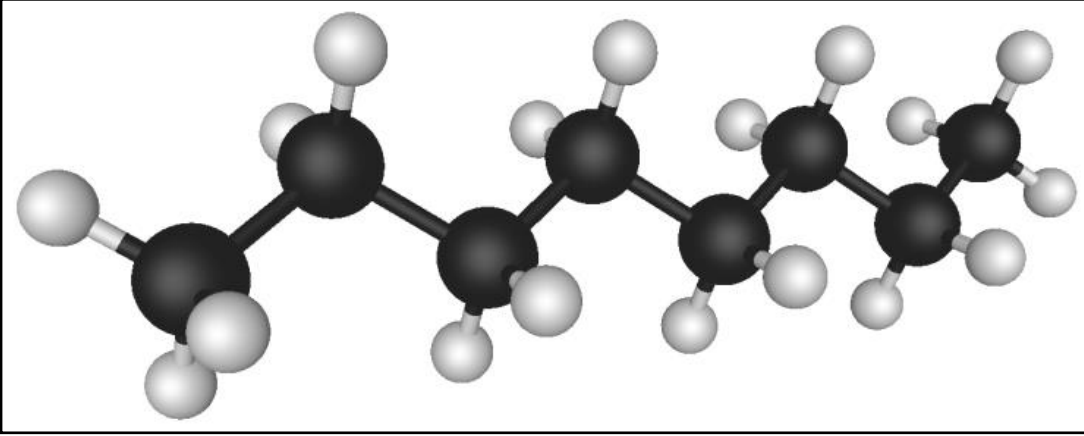
---

- Hedefi sismik ile tanımlamak mümkün mü?
- Toplanacak veride hangi tür enerji kaynağı kullanılmalı ?
  - *Dinamit* mi ?
  - *Vibro* mu ?
  - *Ağırlık Düşürme* mi ?
- Dalga türü
  - *P Dalgası* mı ?
  - *S Dalgası* mı ?
- Ayrım gücü
  - *Hedef formasyonun kalınlığı*
  - *Fiziksel özellikleri*

## *Petrol'ün Oluşumu*

- **Petrol**, denizlerdeki bitki ve hayvanların çürüdükten sonraki kalıntılarından oluşmaktadır. Bu kalıntılar deniz yatağında milyonlarca yıl boyunca çürüdükten sonra, geriye yalnızca yağlı maddeler kalır. Çamur ve büyük kaya katmanları altında kalan yağlı maddeler de petrol ve gaza dönüşmektedir.
- Petrolün kimyasal yapısı farklı uzunluklardaki hidrokarbon zincirlerinden oluşmaktadır. Bu zincirler, petrolün arıtım sürecinde, damıtma sayesinde ayrıştırılıp **benzin**, **jet yakıtı**, **kerosen** gibi ürünler elde edilmektedir.

# *Petrol Tanımı*

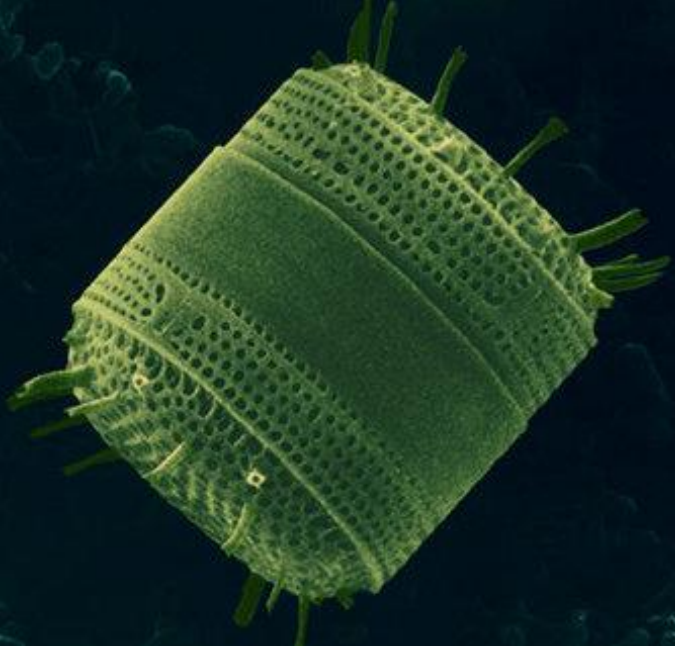


Oktan, petrolde bulunan bir hidrokarbondur. Çizgiler kovalent bağ, siyah küreler karbon ve beyaz küreler hidrojenler.

- ✓ Petrol hidrojen ve karbondan oluşan, içerisinde az miktarda nitrojen, oksijen ve kükürt bulunduran bir bileşim olup, petrolün yalın bir formülü bulunmamaktadır



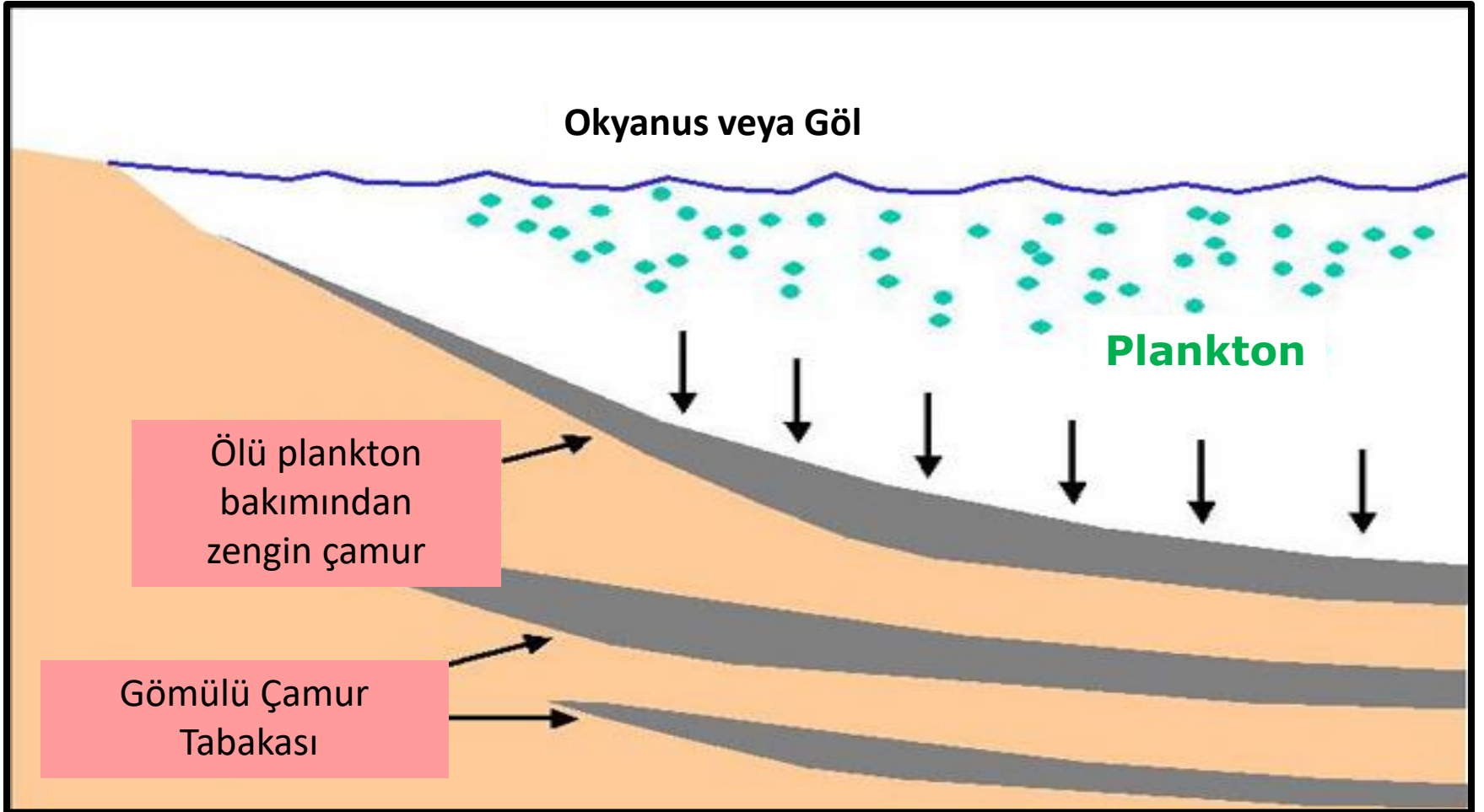
# Diyatomlar



Side view of a typical diatom, the energy-trapping organism generally thought to be **the origin of oil** (photo copyright 2001 by Dee Breger at the Lamont-Doherty Earth Observatory)

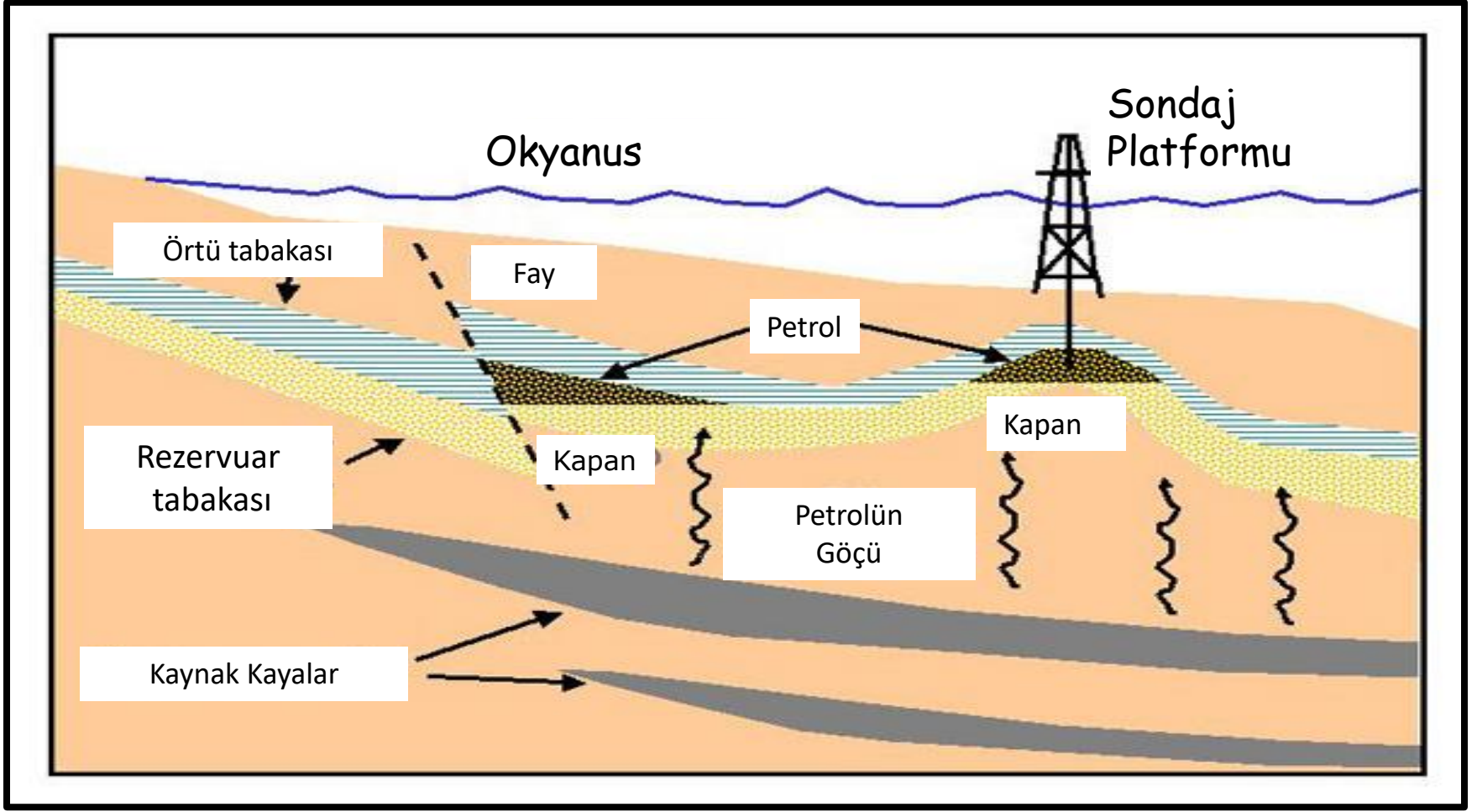
- ✓ Diyatom (tek hücreli yosun türü-deniz otu) genellikle suda yaşayan, ancak karada da yaşayabilen tek hücreli, fotosentez yapabilen alglerdir. Dünya oksijeninin büyük bölümünden sorumlu bu küçük canlıların en büyükleri 1 mm boyutundadır.
- ✓ Petrolün oluşumundaki bu diatomlar oldukça önemlidir. Denizde sayıca oldukça fazla oldukları bilinen bu diatomların milyonlarcası ölüp dibe çöktüklerinde içerdikleri yağlar sayesinde, deniz diplerinde petrol yataklarını oluşturmaktadırlar.

# Sedimanların Olgunlaşması

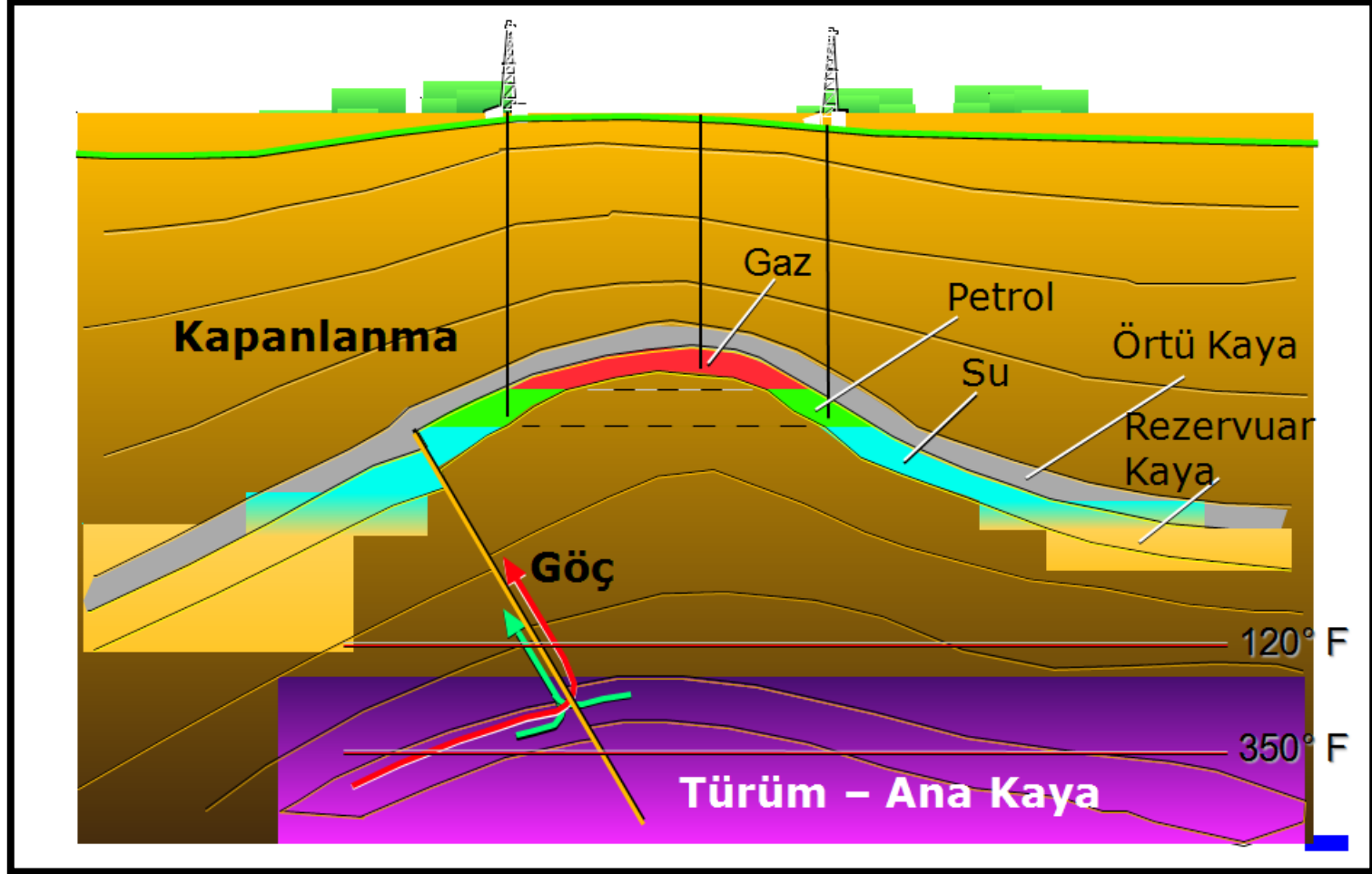


Organik maddenin en iyi korunduğu ortamlarda petrolün oluşumu (J.Bratton. Ocean Explorer, 2003).

# Petrolün Göçü

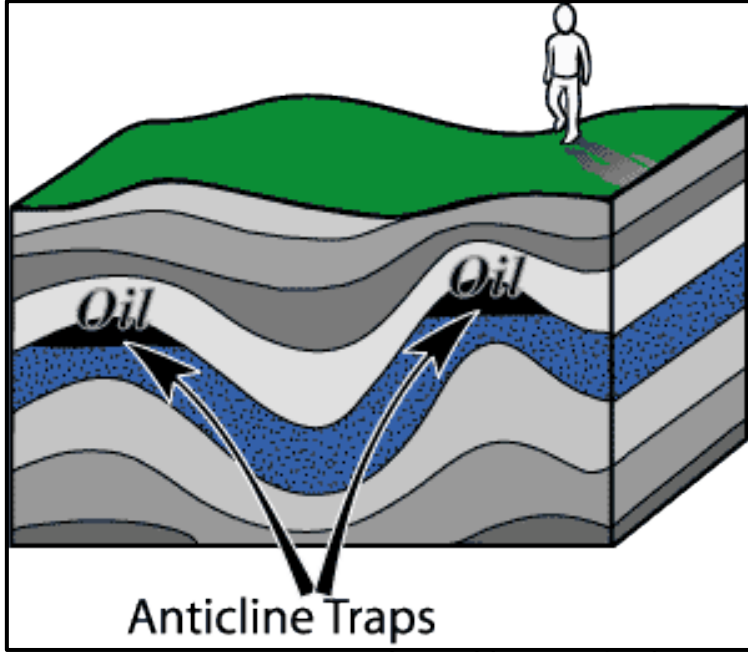


# Petrolün Kapanlanması



(www.tpao.gov.tr)

# Yapısal Kapanlar



<http://www.priweb.org>

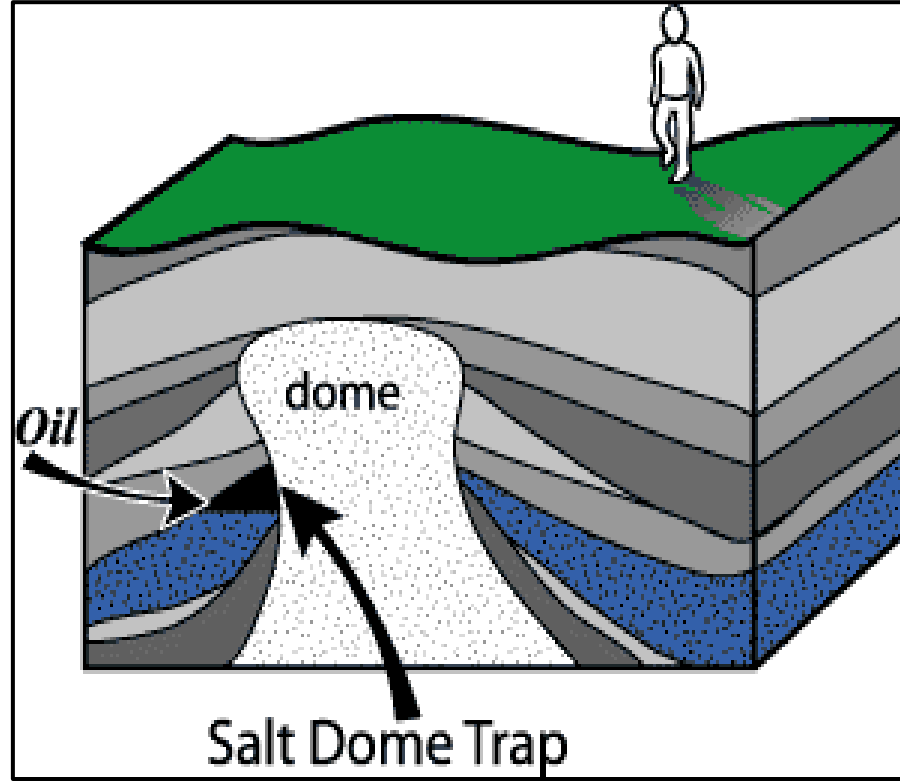
## Kıvrımlar

- Tabakalı kayaçların dalga şekilli deformasyonlarına **kıvrım** adı verilir.
- Kıvrımlar kubbe şekilli bir antiklinal ile tekne şekilli senklinallerden meydana gelir.

## Antiklinal ve Senklinal

- Bir kıvrımın iki tane kanadı vardır. Bunlara **kıvrımın kanatları** denir. Kıvrım kanatları da birer düzlemsel yapıdır ve bu iki düzlemin kesişmesiyle bir çizgi oluşacaktır. Kıvrım kanatlarının kesiştiği yere **kıvrım eksen**i adı verilir.

# Tuz Domu Kapanları



<http://www.priweb.org>

- ❖ Üzerine gelen çökellerden daha az yoğunluğa sahip çökellerin, yoğunluk farkı nedeniyle yukarıya doğru yükselmesiyle oluşan kapanlardır.

❖ Eyaporit, tuz ve killer bu tür kapanlar oluştururlar.

# *Uygulama Alanları*

Sismik Yansıma Yöntemi yeraltının iki (2B), üç (3B) ve dört boyutlu (4B) ayrıntılı yapısal ve stratigrafik kesitinin elde edilmesinde kullanılmaktadır.

## Sismik Yöntemler;

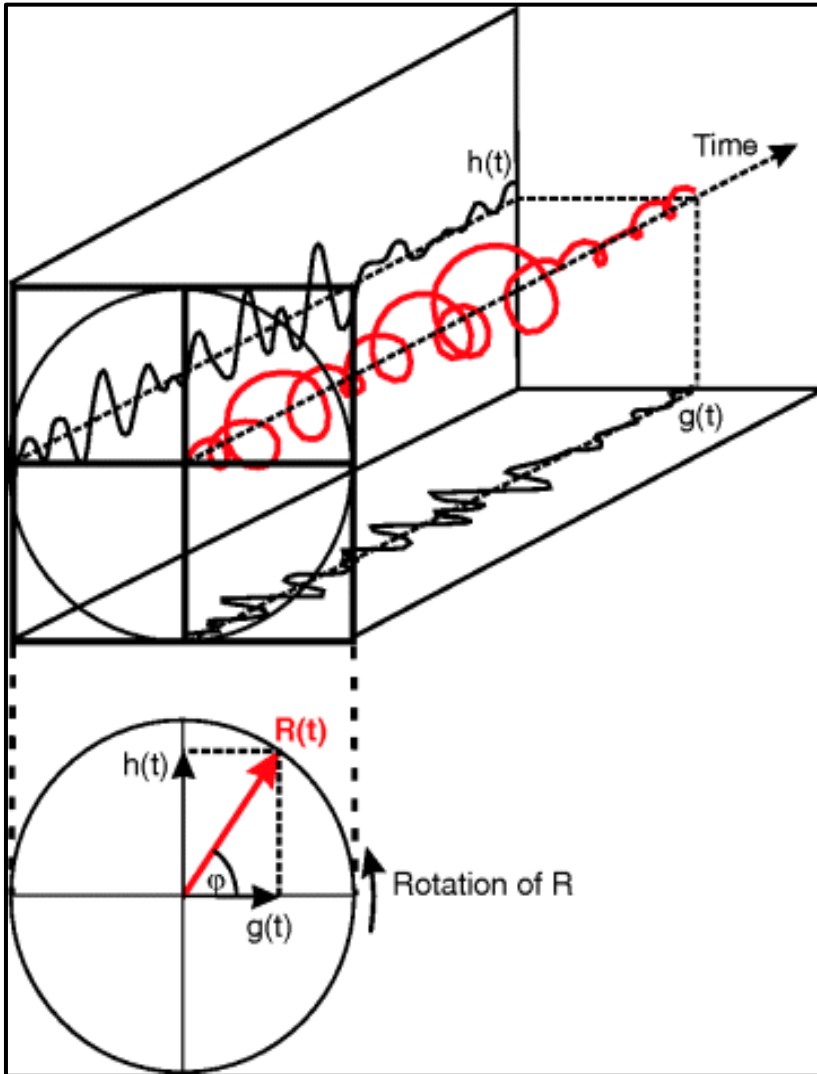
- Petrol ve Doğal Gaz aramalarında,
- Mühendislik çalışmalarında,
- Jeotermal çalışmalarında,
- Kömür aramalarında kullanılmaktadır.

# *Sismik Dalgalar*

- ✓ **S dalgası;** hızı ve frekansı P dalgasından küçük, partikül hareketi yayılım doğrultusuna diktir.
- ✓ **Direkt dalgalar;** patlama noktasından jeofonlara direkt olarak gelen P dalgalarıdır.
- ✓ **Kırılma dalgaları,** tabaka sınırlarına kritik açıyla gelerek kırılan ve sınırda bir miktar yol aldıktan sonra jeofonlarımıza gelen dalgalardır.
- ✓ **Yüzey dalgaları;** yüzeye yakın düşük hız tabakasında görülürler. Bunları, durgun suya atılan bir taştan yayılan dalgalara benzetebiliriz. Genlikleri çok yüksek , frekansları düşüktür.



# Sismik İz



- The recorded seismic trace  $g(t)$  is transformed to another trace,  $h(t)$ , by a mathematical operation – the Hilbert Transform, which gives a  $90^\circ$  phase shift to all frequencies.

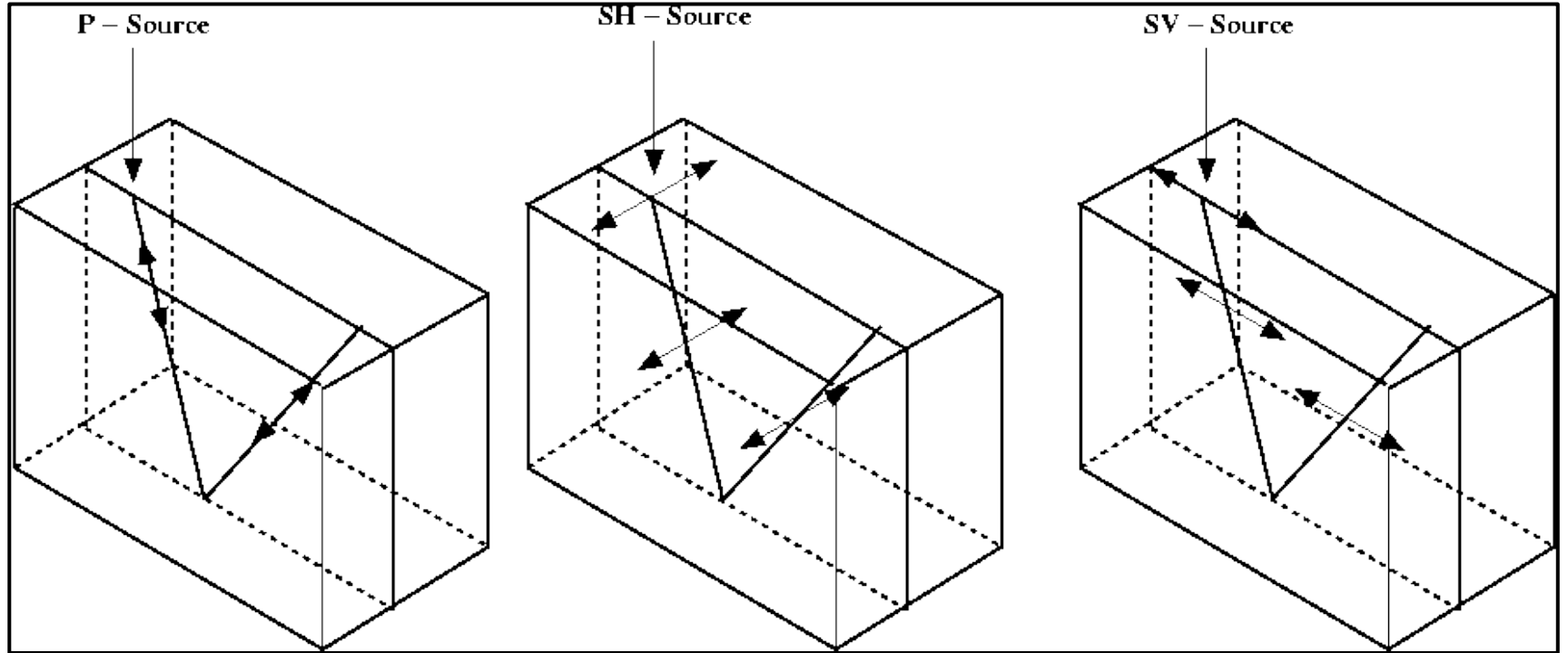
- The seismic trace  $g(t)$  as the real part of a time-varying rotating vector.

- The two are combined as the real and imaginary parts of a time-varying complex number,  $R(t)$

# *S Dalgaları*

- ❑ Sismik yöntemler denildiğinde akla ilk gelen “P” dalgasıdır. Fakat son yıllarda P dalgası kadar önem kazanan “S” dalgaları da hidrokarbon aramalarında ve rezervuar jeofiziğinde yaygın olarak kullanılmaktadır.
- ❑ S dalgaları, P dalgalarından daha düşük hıza sahiptir ve çabuk soğrulurlar. P ve S dalgaları arasındaki en büyük farklılık *salınım doğrultularıdır.*
- ❑ P dalgalarının parçacık hareketleri yayınım doğrultusunda olmasına karşın, S dalgalarının yayınım doğrultusuna dik olup, yatay “SH” ve düşey “SV” bileşenleri mevcuttur.

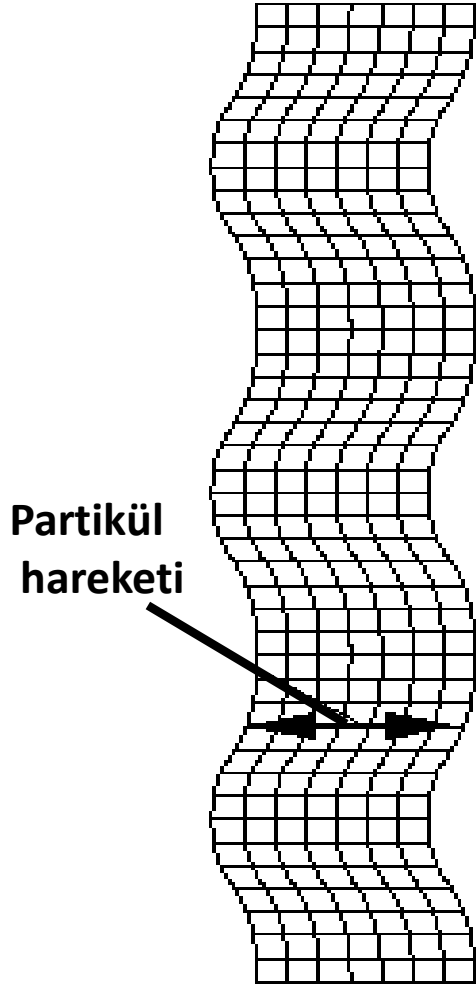
# *P, SH ve SV Dalgaları Yayınım Doğrultuları*



# *P & S Dalgalarının Hızları*

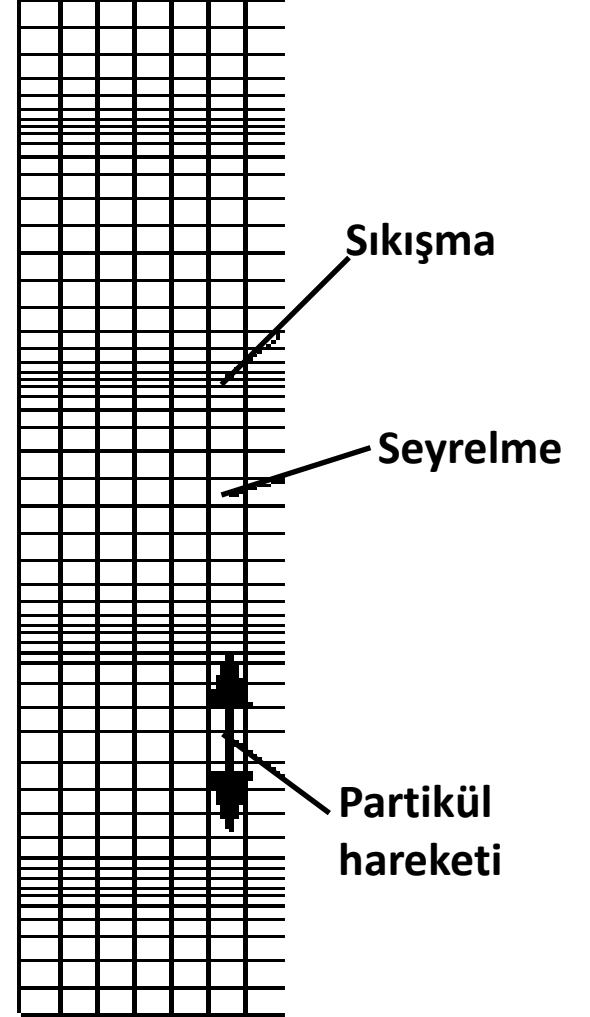
- $V_p$  hızı katı kayaçlarda (consolidated rocks)  $V_s$  ve diğer bileşenleri SH ve SV dalgalarından yaklaşık olarak 2 kat daha hızlıdır.
- $V_p/V_s = 1.7$  veya  $1.8$  olarak tanımlıyabiliriz.
- Sert kumtaşlarında ise  $V_p / V_s$  oranı yaklaşık  $1.6$ 'dır.
- Şeyllerde  $V_p/V_s$  oranı  $3$  civarındadır.
- Bu hız farkları veri işlem sırasında P ve S dalga modlarının (SH, SV) ayrılmasına yardımcı olur.

## S Dalgası (Shear Wave)



## P Dalgası (Compressional Wave)

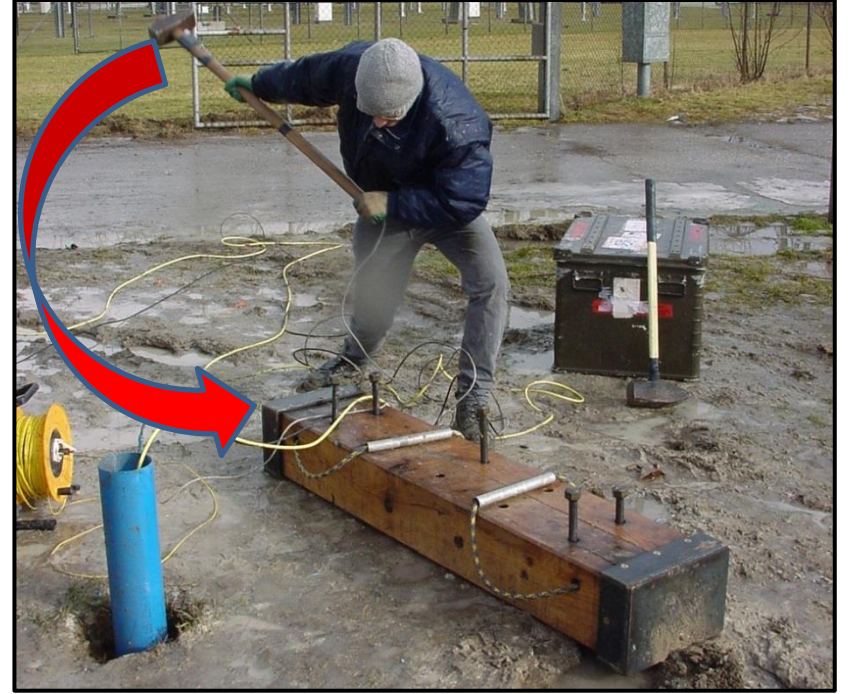
Dalga yayılım doğrultusu



# *P & S Dalgalarının Yayınımı ve Enerji Kaynakları*



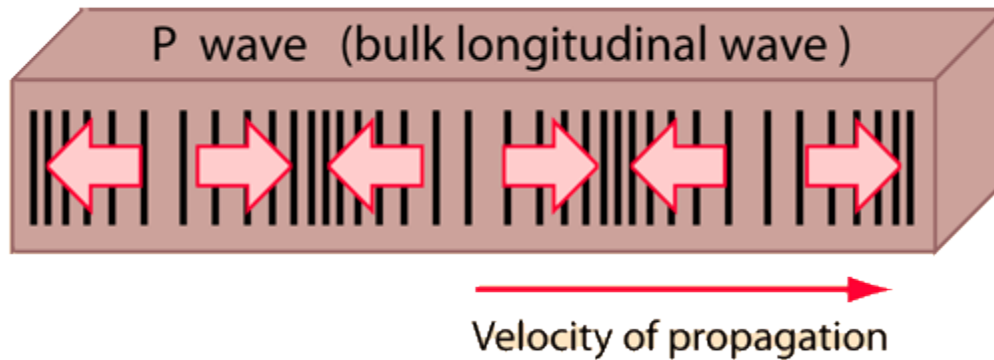
P Dalgası Enerji Kaynağı



S Dalgası Enerji Kaynağı

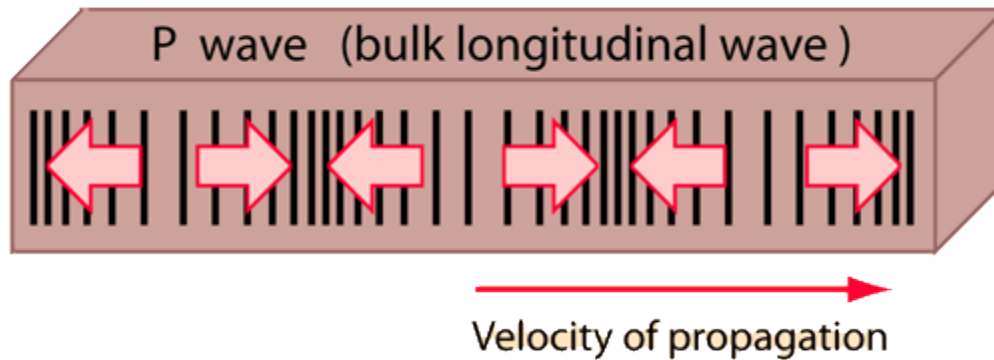
# *P Dalgası ve Yayınımı*

- P dalgası katı veya sıvı (akışkan) içindeki sıkışma (compression) nedeniyle her türlü materyalin (katı ve sıvı) içinde yayılır.



# *P Dalgası ve Yayınımı*

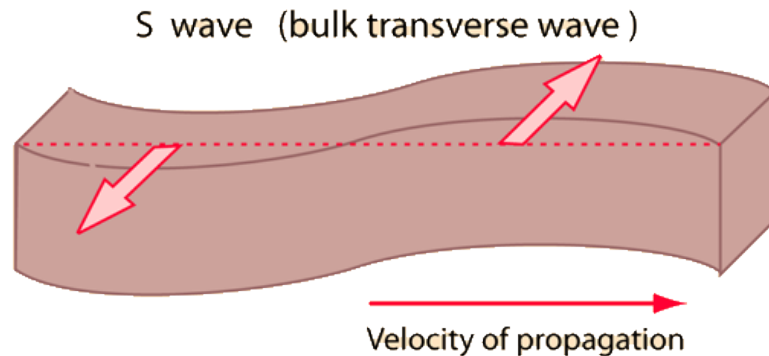
- P dalgası katı veya sıvı (akışkan) içindeki sıkışma (compression) nedeniyle her türlü materyalin (katı ve sıvı) içinde yayılır.





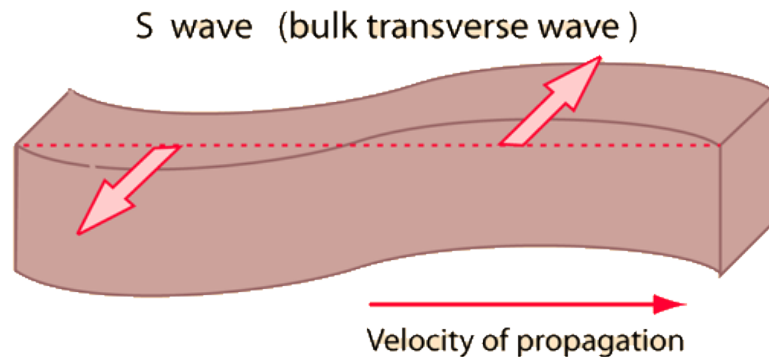
# Neden S-dalgaları Sıvı İçinde Seyahat Edemezler?

- S dalgalarında parçacıklar yayılım doğrultusuna dik olarak hareket ederler.
- S dalgaları katı kayalarda yeterli kesme gücü veya kayma mukavemeti (*shear strength*) olduğundan yayılırlar.
- S dalgaları sıvılarda (sıvı veya gaz) kesme gücü olmadığından ortamlarda yayılamazlar. Diğer bir tanımla sıvıların S dalgası iletimi için yeterince katı (rijid-esnemeyen) olmamasıdır.



# Neden S-dalgaları Sıvı İçinde Seyahat Edemezler?

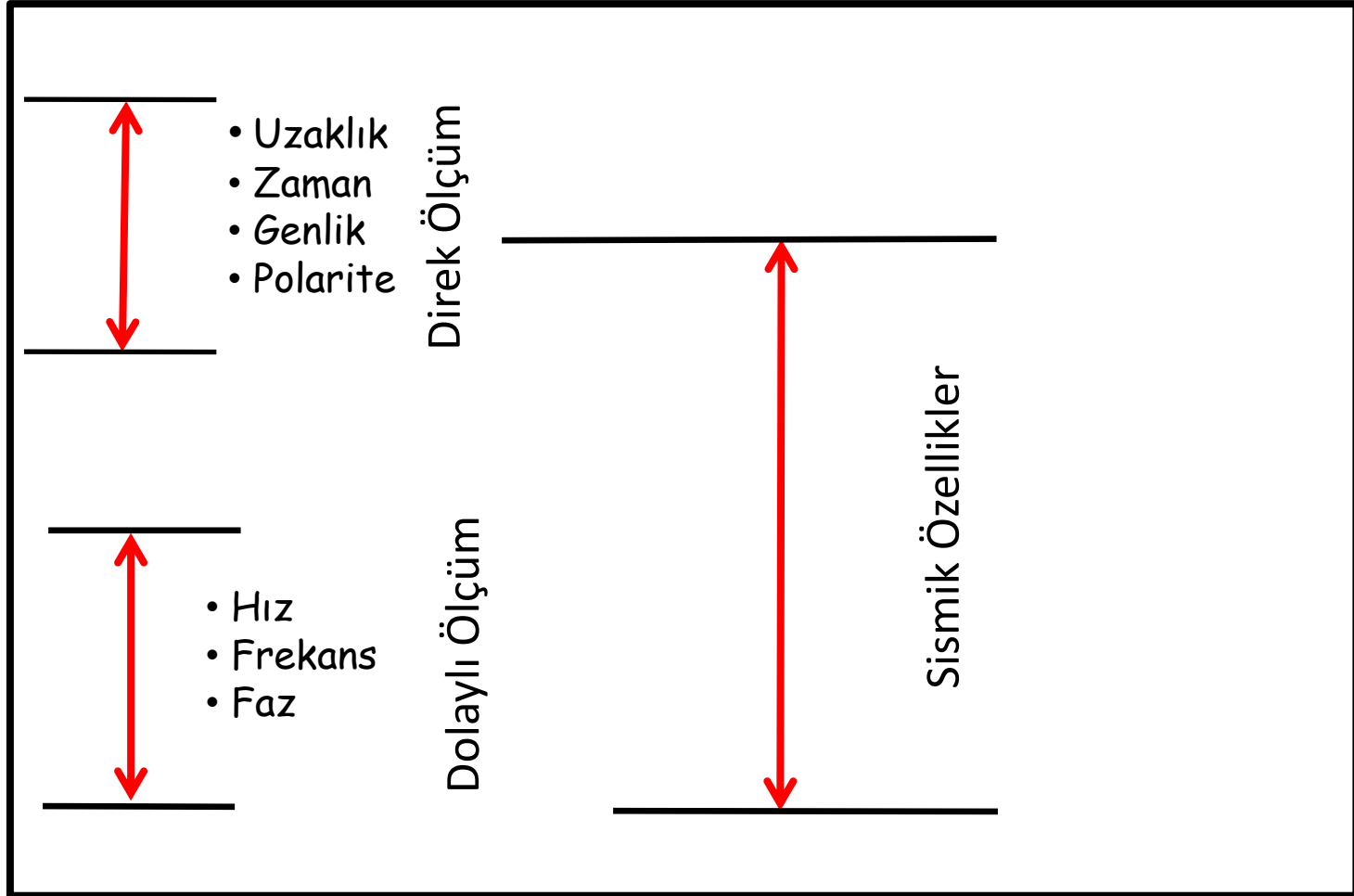
- S dalgalarında parçacıklar yayılım doğrultusuna dik olarak hareket ederler.
- S dalgaları katı kayalarda yeterli kesme gücü veya kayma mukavemeti (*shear strength*) olduğundan yayılırlar.
- S dalgaları sıvılarda (sıvı veya gaz) kesme gücü olmadığından ortamlarda yayılamazlar. Diğer bir tanımla sıvıların S dalgası iletimi için yeterince katı (rijid-esnemeyen) olmamasıdır.



# *Sismik Sinyal*

- Genlik; hız ve sertlik (sağlamlık) ile ters orantılıdır. Frekans bandı genişliği hız ve sertlik ile doğru orantılıdır.
- Örneğin kum ve kil düşük sertlikli ve düşük hızlı olduklarından **düşük frekanslı, büyük genlikli sinyal oluştururlar.**
- Sert kireçtaşları, bazalt yüksek hızlı ve çok sert olduğundan **yüksek frekanslı ve küçük genlikli sinyal oluştururlar.**

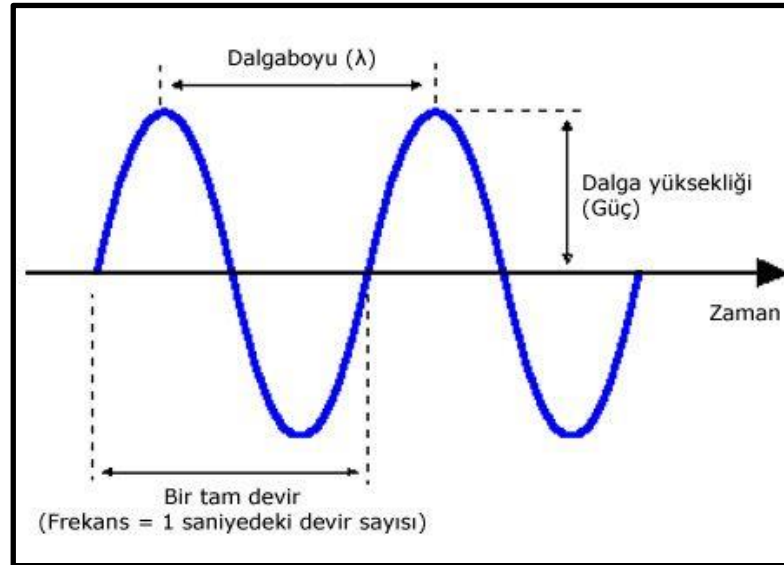
# Sismik Ölçümler



# Genlik (Amplitude)

## Genlik (Amplitude):

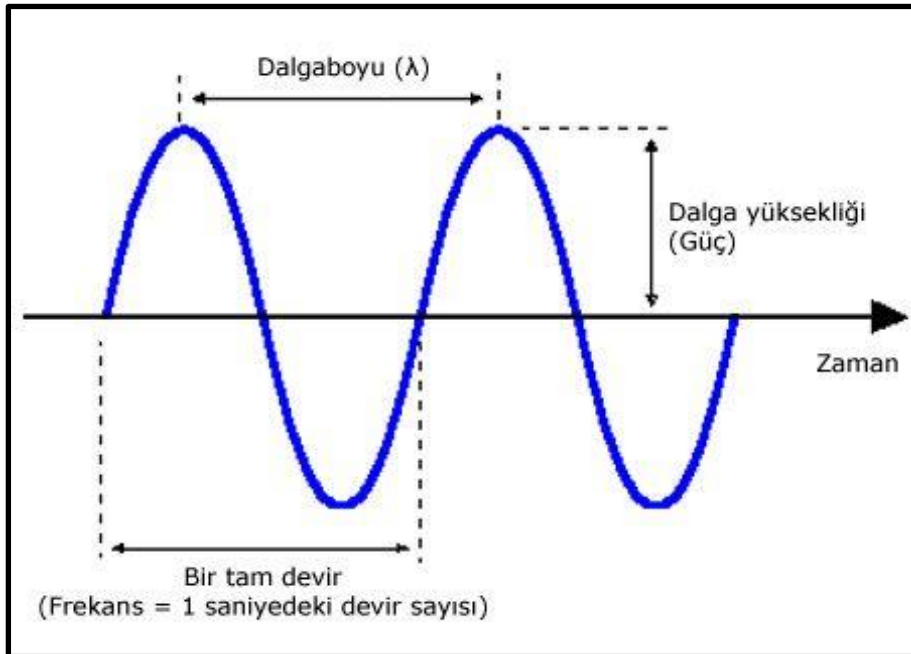
- Dalganın sıfırdan olan en büyük sapması veya bir dalganın ortalama değerinden en büyük sapmasıdır.
- Genlik anomalileri; hidrokarbon birikimi, hız odaklanması, girişim (ara yüzey) vb. nedenlerden kaynaklanıyor olabilir.



# *Frekans (Frequency)*

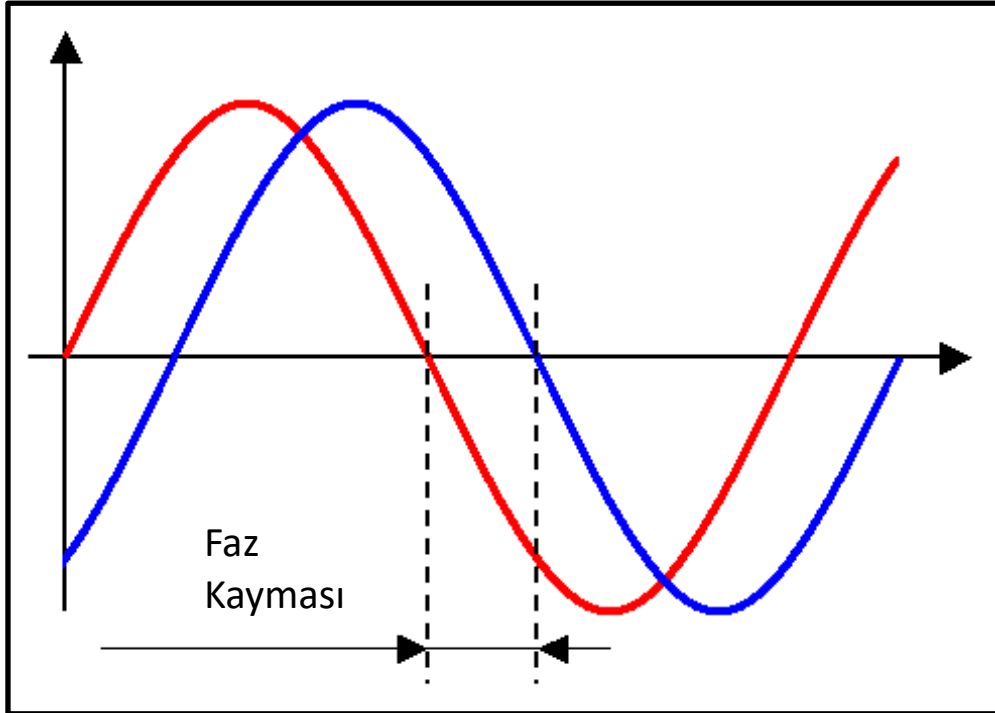
## Frekans (Frequency):

- Periyodik dalga şeklinin tekrarlanma oranıdır.
- Saniyedeki devir sayısı yani periyodun tersidir.



$$* \text{Frekans (Hertz)} = 1/T$$

# Sismik Dalgaların Fazı



## Faz (Phase)

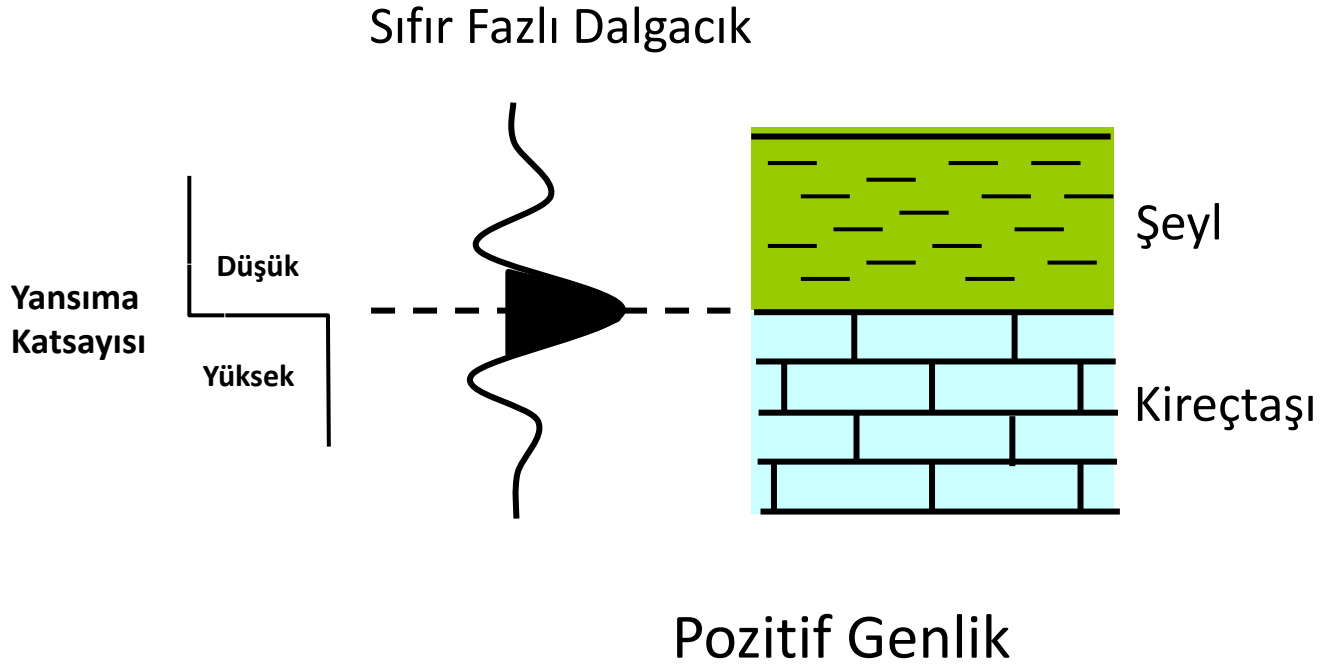
- Bir sinüsoidal sinyalin bir referansa göre gecikme veya ilerleme açısıdır.
- Genellikle radyan olarak açıyla ifade edilir.  $\pm 180^\circ$  veya  $\pm \pi$  arasında değişim gösterir. Negatif zaman kayması pozitif faza karşılık gelir.

# *Sismik Hızlar*

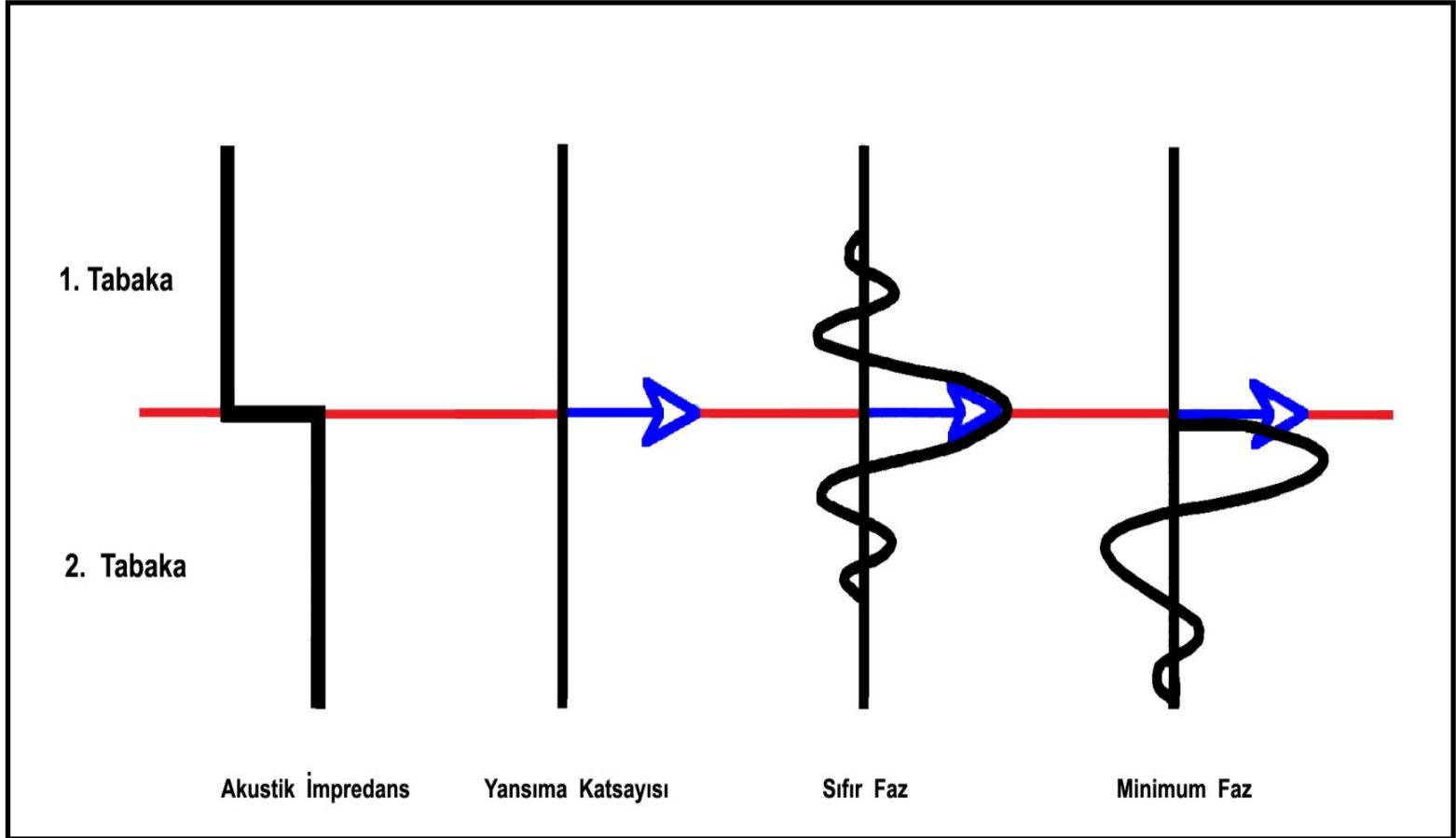
- **Vstk**- Stack Velocity-Yığma Hızı,
- **Vnmo**- Normal Move Out-Normal Kayma Düzeltme Hızı,
- **Vdmo**- Dip Move Out-Derin Kayma Düzeltme Hızı,
- **Va**- Average Velocity- Ortalama Hız,
- **Vrms**- Root Mean Square Velocity-Zaman Ağırlıklı Karekök Hızı,
- **Vint**- Interval Velocity-Ara Hız,
- **Vins**- Instantaneous Velocity-Anlık Hız,
- **V time-mig**-Time Migration Velocity-Migrasyon hızı (zaman ortamında),
- **V depth-mig**- Depth Migration Velocity-Migrasyon Hızı (derinlik ortamında),
- **Vpstm**- Prestack Time Mig. Velocity-Yığma Öncesi Migrasyon Hızı,
- **Vpsdm**- Prestack Depth Mig. Velocity-Yığma Öncesi Derinlik Hızı,
- **Vdepth convert** - Depth Conversion Velocity-Derinlik Dönüşüm Hızı,
- **Vc**- Static Correction Velocity-Statik Düzeltme Hızı,



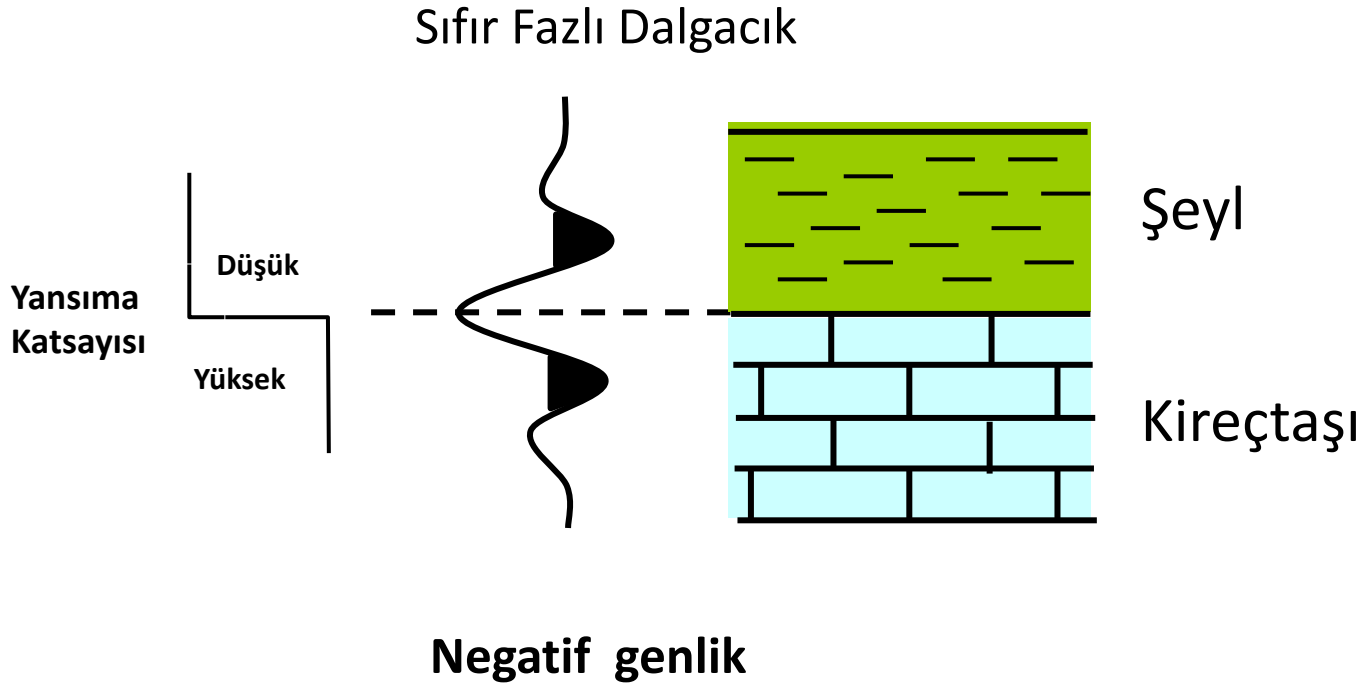
# “AMERİKAN POLARİTESİ”



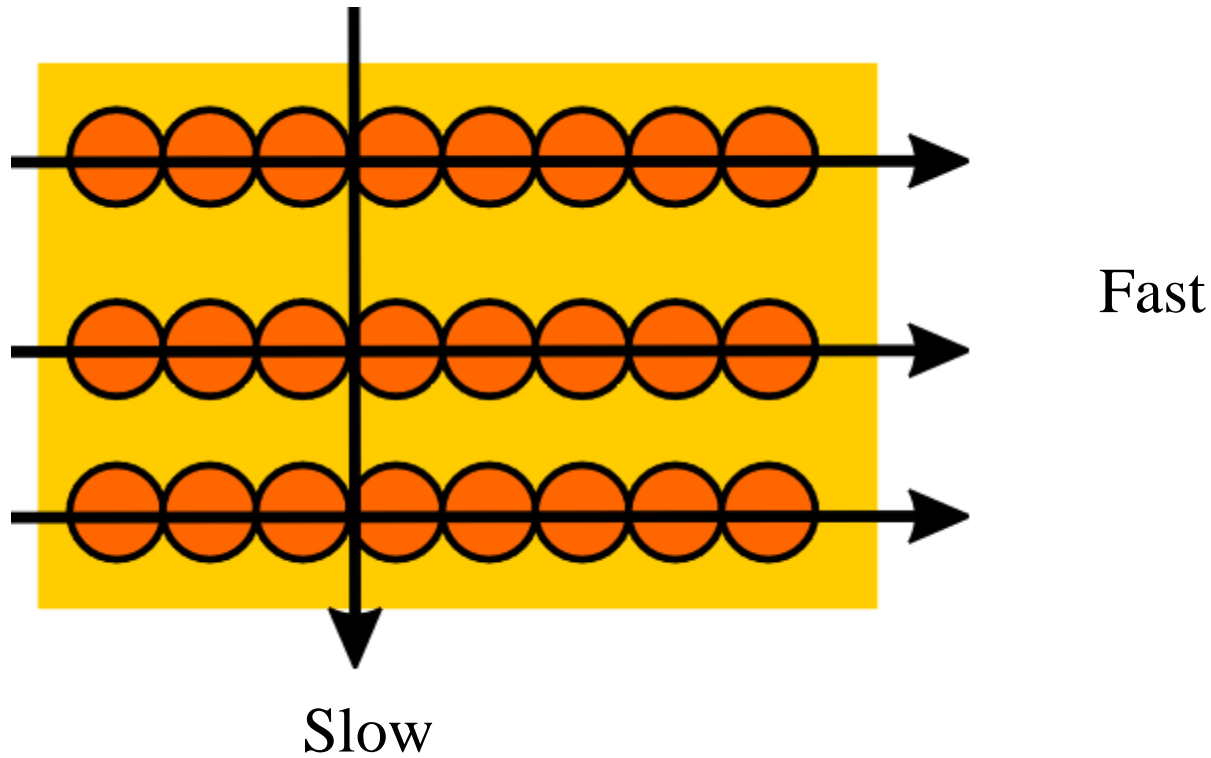
# “AMERİKAN POLARİTESİ”



# “SEG- POLARİTESİ”



# *Anisotropy*



Anisotropy (seismic): Variation of seismic velocity depending on the direction in which it is measured.

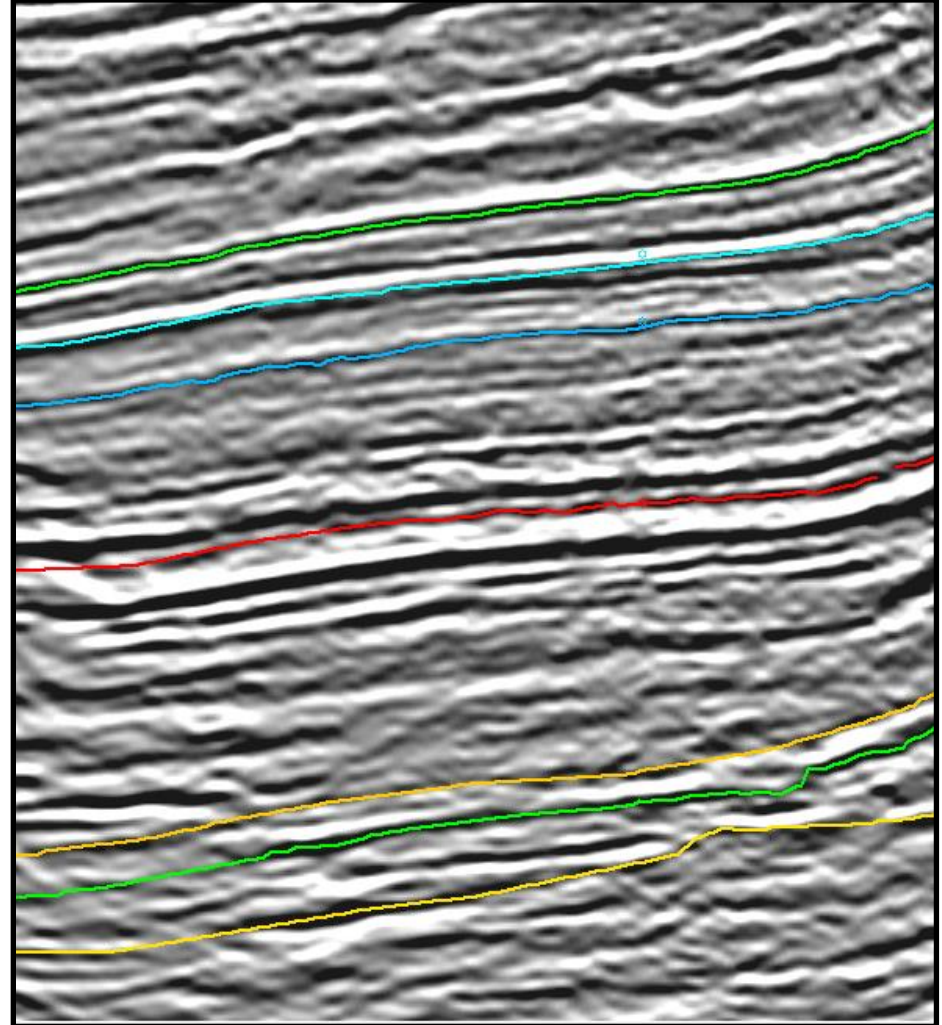
# Akustik Empedans Nedir ?

- Akustik empedans; Değişimleri normal geliş açısında yansıma katsayısını veren (reflection coefficient) veren fiziksel bir büyüklüktür.

- Bir ortamda yayılan dalganın hızı ile yoğunluğun çarpımı **'Akustik empedans (z)'** olarak adlandırılır ve

$$Z = V \cdot \rho \text{ bağıntısı ile ifade edilir.}$$

- **Akustik empedans mevcutsa, yansıma alınmaktadır.**



# Sismik Çözünürlük

- Çözünürlüğü, yatay ve düşey yöndeki görünüş olarak tanımlayabiliriz.
- Çözünürlük, veri toplama ve veri işlem uygulamalarıyla geliştirilebilir.
- Migrasyon (göç işlemi) yatay çözünürlüğü artırır.
- Dekonvolüsyonun (ters evrişim) dikey çözünürlüğü artırır.
- Sismik verilerin çözünürlüğü her zaman sismik dalga boyu cinsinden ölçülür ( $\lambda = V / F$ ).

## Çözünürlük limiti = $\lambda / 4$

### Referanslar

Brown, A.R. 1999: Interpretation of three-dimensional seismic data, 5th edition. AAPG Memoir 42, Tulsa, Oklahoma, pp. 514.

Rafaelsen, B., Andreassen, K., Kuilman, L. W., Lebesbye, E., Hogstad, K. & Midtbø, M. 2002: Geomorphology of buried glacial horizons in the Barents Sea from 3-dimensional seismic data. *In* Dowdeswell, J.A. and O'Cofaigh, C., (eds.): *Glacier-Influenced Sedimentation on High-Latitude Continental Margins*. Geological Society of London, Special Publication 203, 259-276. Sheriff ve Geldart, 1995

# JFM 416 SİSMİK YORUMLAMA VİZE SINAVI

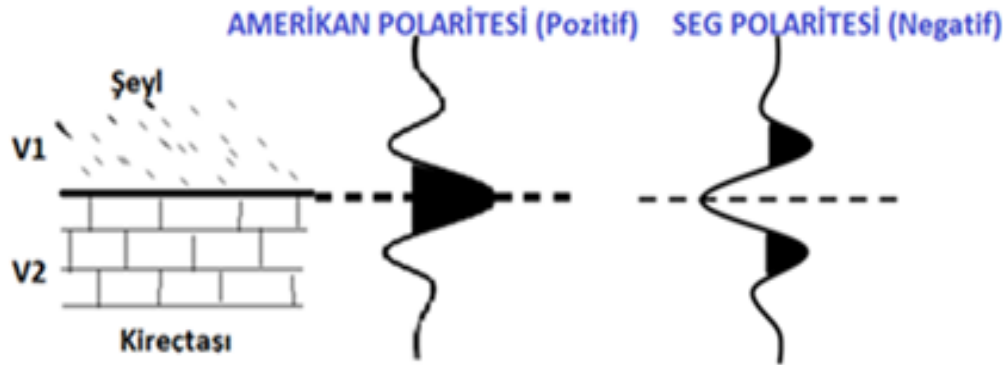
Soru 1- Aşağıda yer alan boşlukları uygun kelimelerle doldurunuz. (6 Puan)

- P dalga hızının, S dalga hızına oranı kaçtır?

$$\underline{V_p / V_s} = \underline{1.7} \text{ veya } \underline{1.8}$$

- Jeofon partikül hızını ölçer. Hidrofon ise basıncı ölçer.
- Vibro sıfır fazlı dalgacık üretmektedir. Dinamit ise minimum fazlı dalgacık üretmektedir.
- Katlama sayının (fold) artmasının, sismik yansımaya etkisi nedir?  
Yanal ayrımlılığı (resolution-çözünürlük) arttırmaktadır.
- Sedimanter basenlerde hidrokarbon oluşumu için önemli olan unsurlar nelerdir?  
Kaynak kaya, Hazne kaya (Rezervuar), Örtü, Kapanlanma, Olgunlaşma, Migrasyon (Göç) (5 tanesinin yazılması yeterli.)
- Petrol jeolojisindeki yapısal kapan türlerini yazınız.

**Soru 2- a) Sismik yansıma yönteminde kullanılan kaç tür polarite vardır? Şekil çizerek gösteriniz. b) Bu polaritelerin birbirine göre en önemli farklığı nedir, açıklayınız. (10 Puan)**



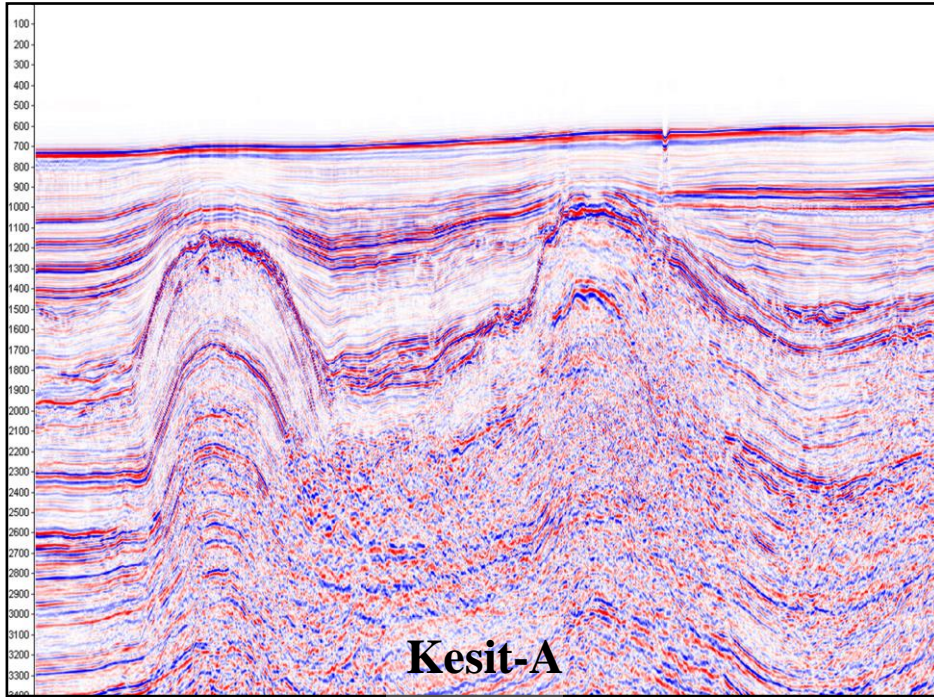
2 çeşit polarite vardır; Amerikan polaritesi ve SEG polaritesi.  
Standart  $V2 > V1$  durumu ve sıfır fazlı dalgacık için Amerikan ve SEG Polaritesi şekildeki gibidir.

**En önemli fark, dalgacıkların ters polariteli olmasıdır. Amerikan polaritesinde göre pozitif polariteli bir yansıma, SEG polaritesinde negatiftir.**

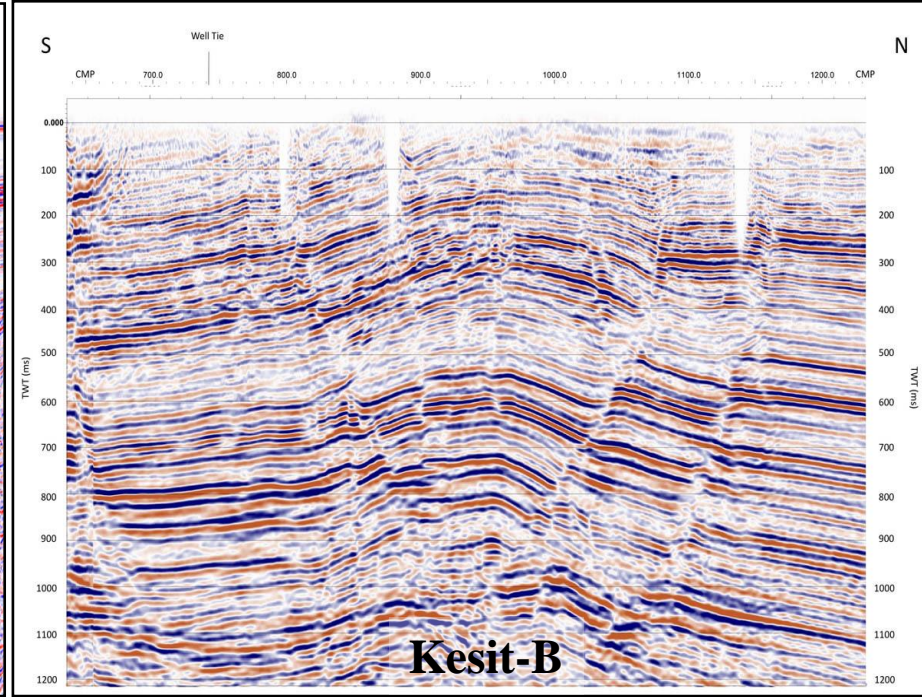


Deniz kesitlerinde sismik datum, 'deniz yüzeyi (0)' dır.

## Deniz Verisi

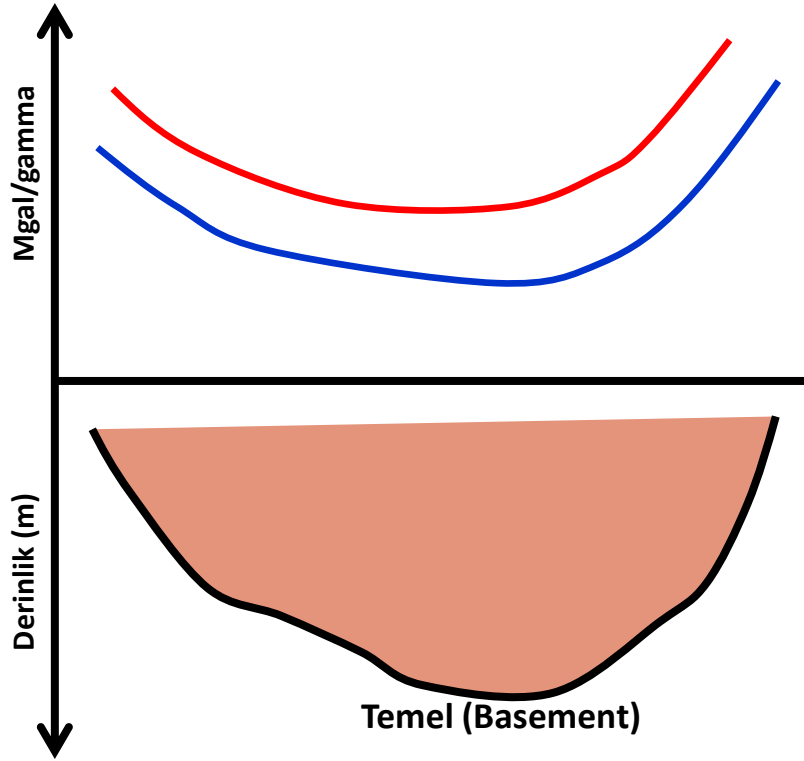


## Kara Verisi



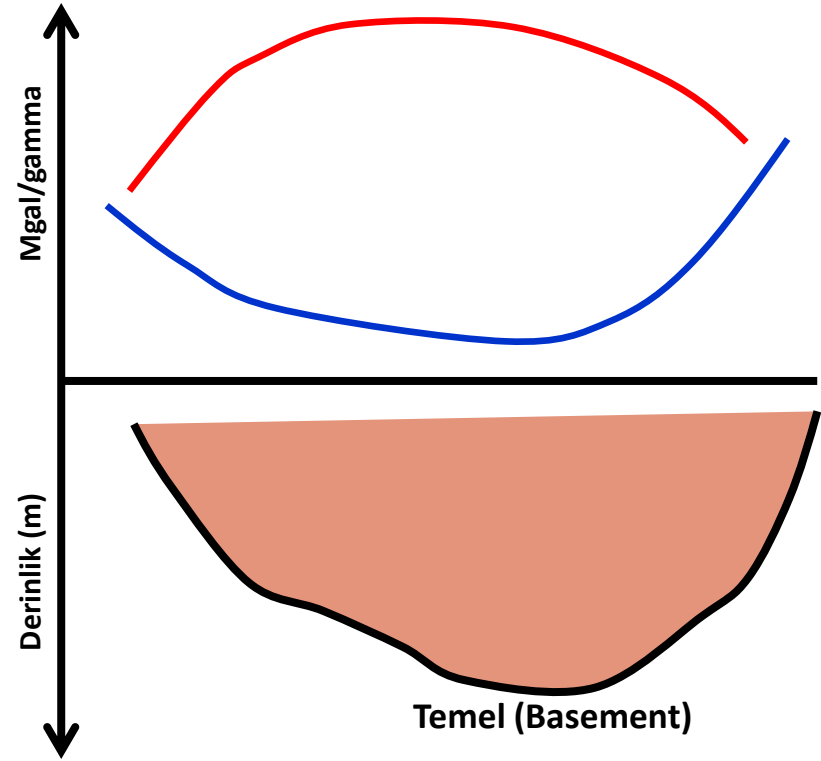
— Manyetik Eğrisi

— Gravite Eğrisi



(a)

Manyetik eğrisi bu şekildeyken; **seyl, kum ve karbonatları** göstermektedir. Dolayısıyla bir basende, eğer bu şekilde **klastikler** ile alakalı bir çökeltim var ise, HC potansiyeli açısından **OLUMLU**dur.



(b)

Manyetik eğrisi bu şekildeyken; **volkanikler** gösterilmektedir. Dolayısıyla bir basende, eğer bu şekilde volkanikler ile alakalı bir çökeltim var ise, HC potansiyeli açısından **OLUMSUZ**dur.

Zamandan derinlik haritalarına geçilirken,  
**yapılarda bir miktar kayma**  
meydana gelebilmektedir.

Migrasyon sonrası haritalarda, migrasyon  
öncesi haritalara göre **bir miktar küçülme**  
olmaktadır.

## Quiz-2 Yanıt

Kçt.	A1	Hız = 4000 m/sn Yoğunluk = 2.7 gr/cm <sup>3</sup>
Şeyl	A2	Hız = 1750 m/sn Yoğunluk = 1.7 gr/cm <sup>3</sup>

Yansıma katsayısı hesabı yapılırken bulunan değer, direk olarak 'yansıma katsayısı'nı vermektedir. Burada bulunan 'eksi' işareti ise dalgacığın pozitif veya negatif polariteli oluşunu belirlemektedir. Dolayısıyla bu değeri 'kırılan' olarak almak yanlıştır.

- a) Şeyl ve kum arasındaki yansıma katsayısını hesaplayınız.  
b) Yansıyan ve diğer tabakaya geçen enerjinin oranlarını % olarak belirtiniz.

$$A_1 = V_1 * \rho_1 = 4000 * 2.7 = 10800$$

$$A_2 = V_2 * \rho_2 = 1750 * 1.7 = 2975$$

$$\text{Yansıma Katsayısı} = \frac{A_2 - A_1}{A_2 + A_1}$$

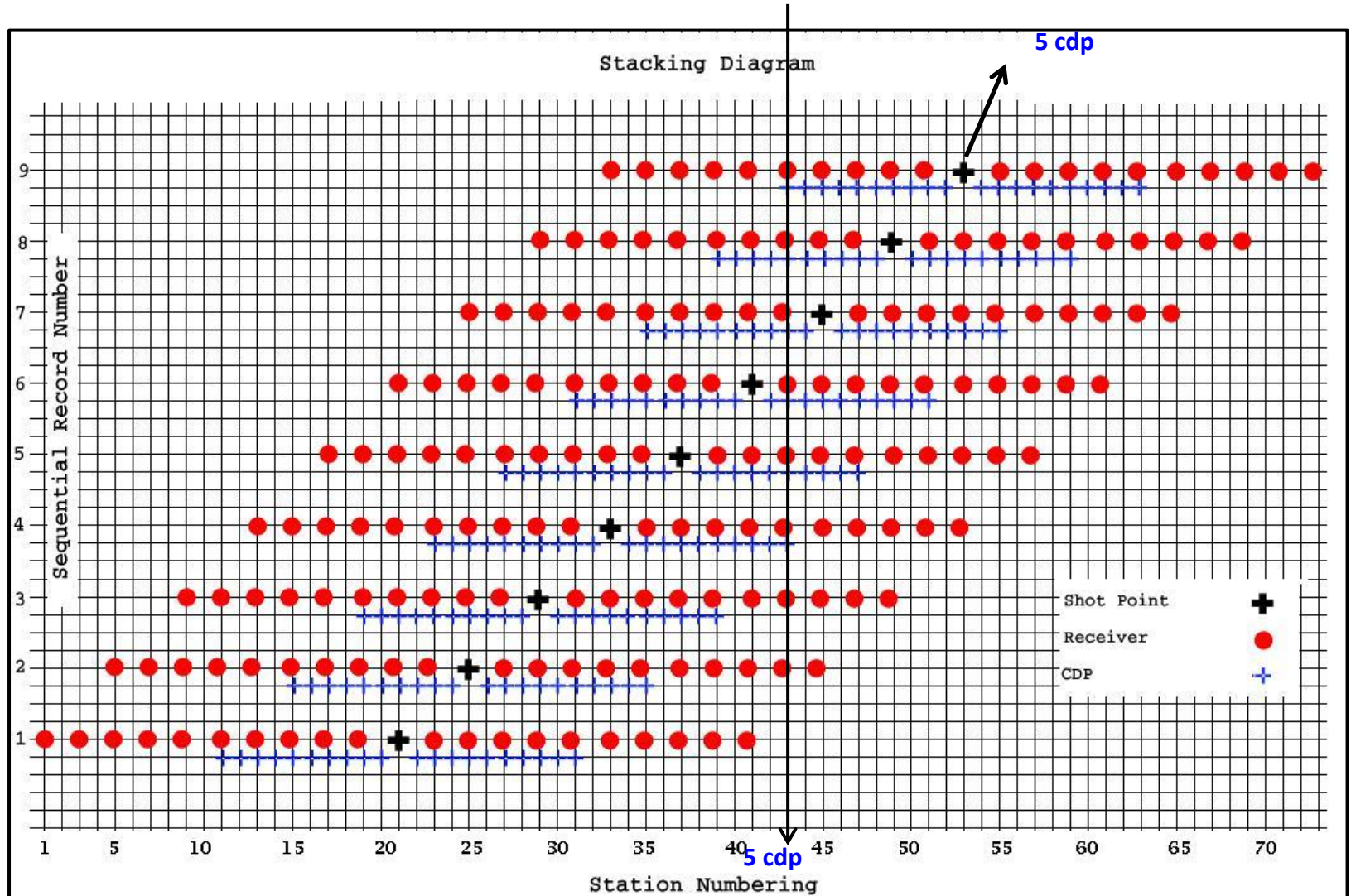
$$\text{Yansıma Katsayısı} = \frac{2975 - 10800}{2975 + 10800} = -0.568$$

Gelen enerjinin **% 57'si yansımış**, %43'i ise diğer tabakaya geçmiştir (kırılmıştır).

***Polaritesi terstir.***



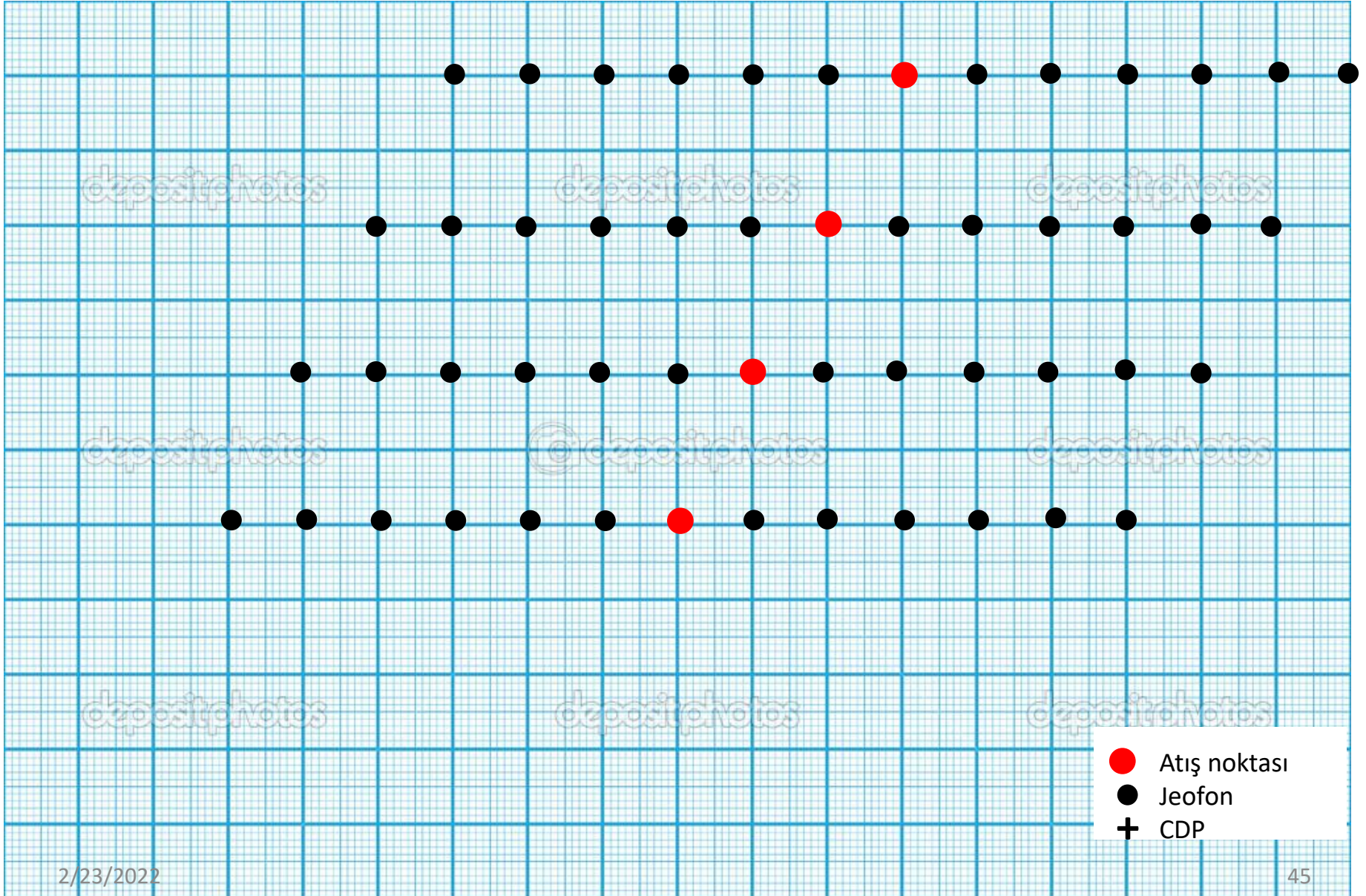
# Örnek Fold Çizimi

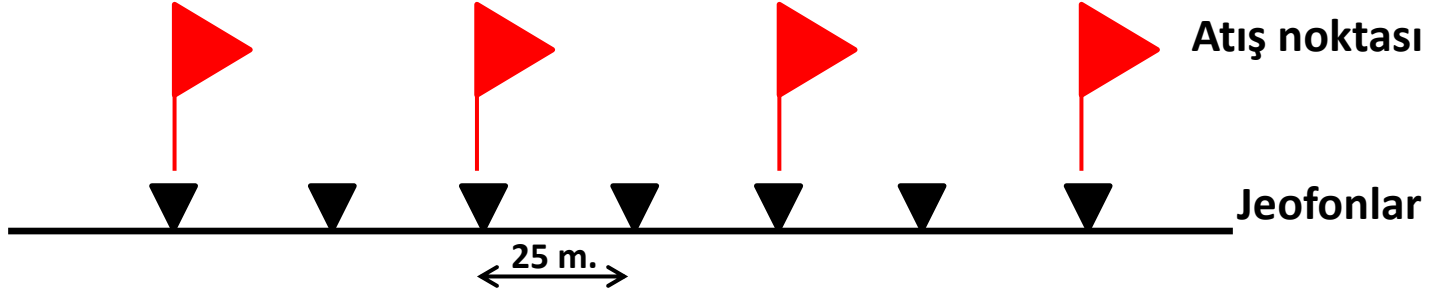




# Uygulama

Jeofon ve atış aralığı 25 m. olan 12 kanallı kayıt aleti ile 4 atış sonrasında maksimum kaç CDP elde edilir ?





**Fold (Katlama sayısı) : Kanal sayısı/2 x  $\frac{\text{Jeofon aralığı}}{\text{Atış aralığı}}$**

**Örnek:**

Kanal sayısı.....: 120

Jeofon aralığı.....: 25 m.

Atış aralığı.....: 50 m.

**Fold= ?**

**Fold (Katlama sayısı) :  $120/2 \times \frac{25 m}{50 m} = 30 FOLD$**

# *Kuyu Hız Araştırmaları*

## **VSP çeřitleri**

- *Check-shot,*
- *Sıfır Açıklı VSP,*
- *Ofset VSP,*
- *Walkaway VSP* olarak sınıflanır.

## **VSP ile kuyu çevresi hakkında detay bilgi edinilebilir. Bu bilgiler;**

- Kuyu çevresinde fay var mı?
- Rezervuar yatay olarak ne kadar devam ediyor ?
- Detaylı sentetik sismogram elde edilmesi ?
- Formasyon girişlerinin detaylandırılması ?
- Kuyu çevresinin hız modeli ?
- Rezervuar çevresinde yüzey sismik verisinden daha yüksek ayrımlı sismik veri elde edilmesi ?
- Tabaka eğimlerinin tanımlanması olarak sıralayabiliriz.



# *Kuyu Hız Araştırmaları*

## **VSP çeřitleri**

- *Check-shot,*
- *Sıfır Açıklı VSP,*
- *Ofset VSP,*
- *Walkaway VSP* olarak sınıflanır.

## **VSP ile kuyu çevresi hakkında detay bilgi edinilebilir. Bu bilgiler;**

- Kuyu çevresinde fay var mı?
- Rezervuar yatay olarak ne kadar devam ediyor ?
- Detaylı sentetik sismogram elde edilmesi ?
- Formasyon girişlerinin detaylandırılması ?
- Kuyu çevresinin hız modeli ?
- Rezervuar çevresinde yüzey sismik verisinden daha yüksek ayrımlı sismik veri elde edilmesi ?
- Tabaka eğimlerinin tanımlanması olarak sıralayabiliriz.

