

Dinamika Rekayasa Gempa Struktur Kulit Bumi

Ir. Nurly Gofar, MSCE, PhD

Pendahuluann

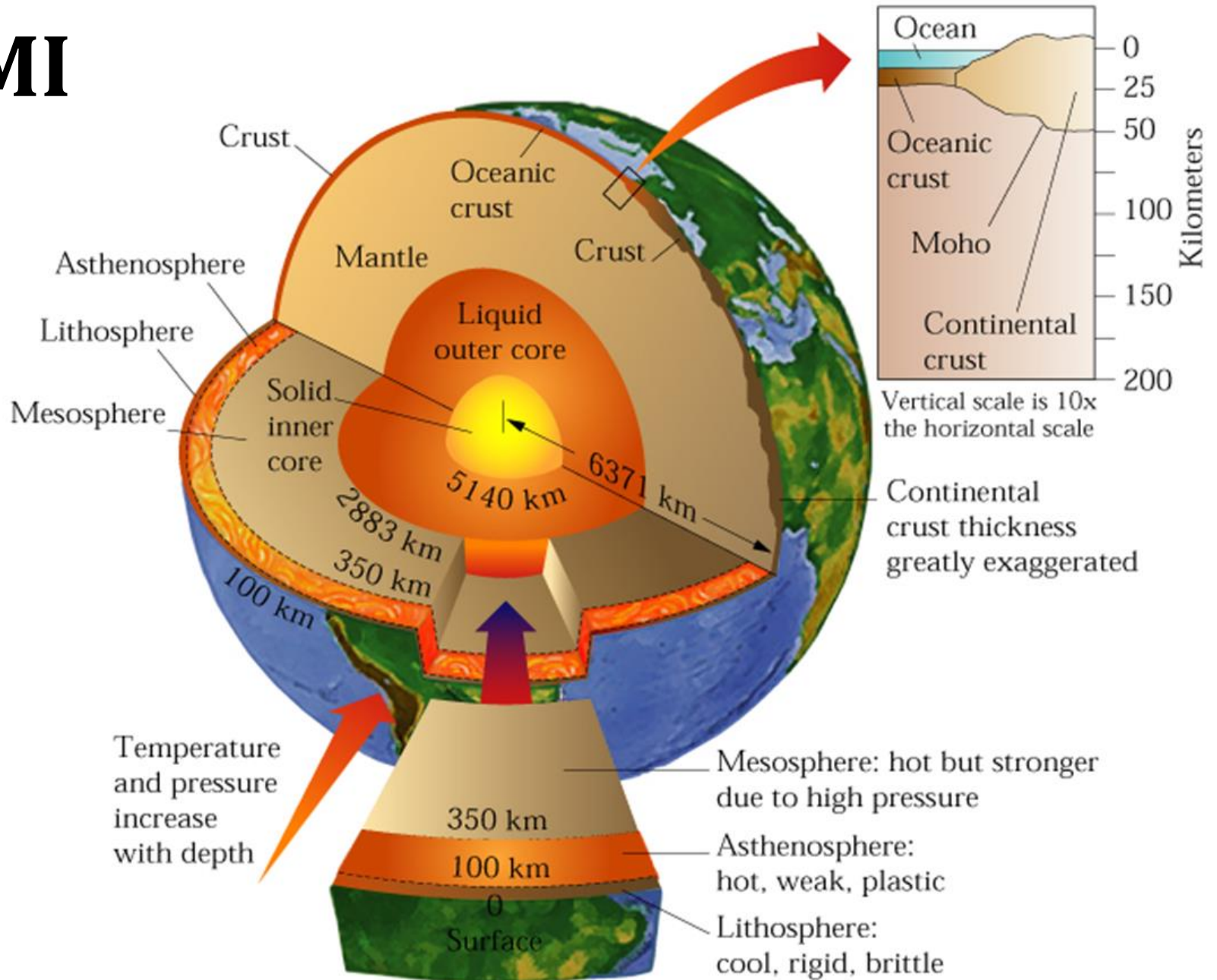
- Pelajaran tentang rekayasa Gempa memerlukan pemahaman tentang berbagai proses yang menyebabkan terjadinya Gempa dan pengaruhnya terhadap pergerakan kulit bumi.
- Disini dijelaskan secara ringkas tentang struktur bumi dan sebab sebab terjadinya Gempa dan terminology yang digunakan berkaitan dnegan Gempa.

BUMI

KULIT BUMI (CRUST),
dimana kita hidup
adalah lapisan luar
planet bumi,
*Tebalnya hanya 5-70
Km*; bandingkan
dengan Mantel yang
tebalnya 2900 km;
Inti Luar yang
tebalnya 2200 km
dan Inti Dalam yang
diameternya 1270
km)

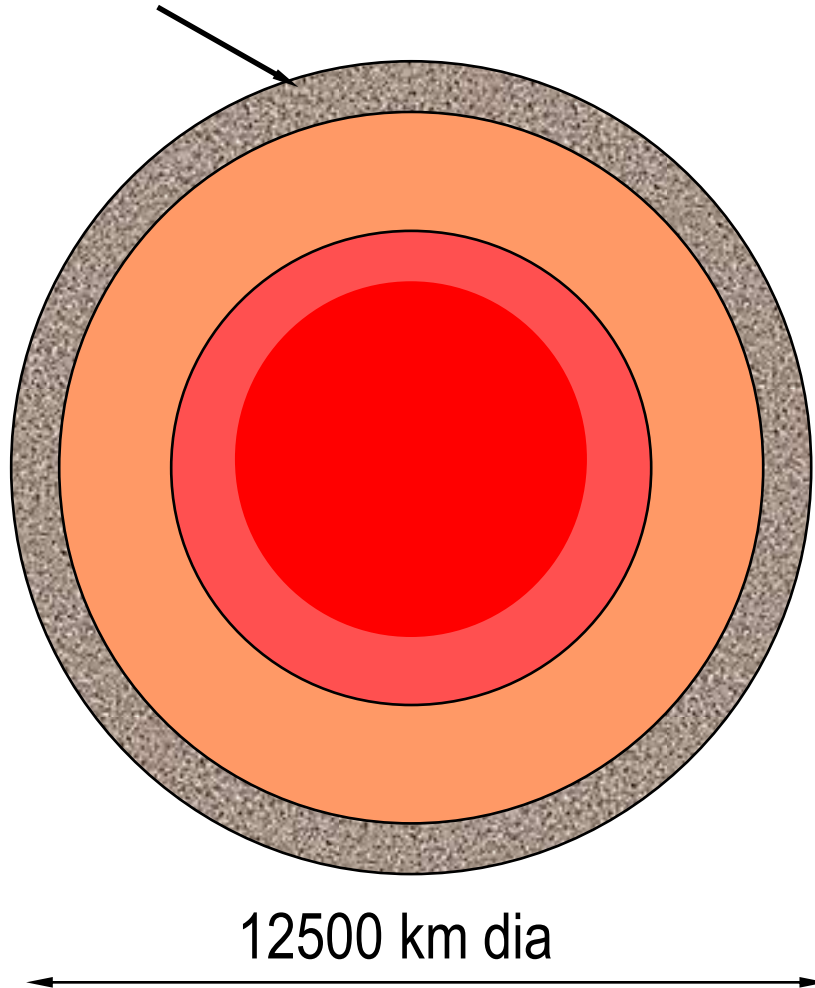


BUMI



Element - elemen Bumi

8-35 km kerak bumi



% bahan kimia pembentuk
kerak bumi

O	= 49.2	}	82.4%
Si	= 25.7		
Al	= 7.5		
Fe	= 4.7		
Ca	= 3.4		
Na	= 2.6		
K	= 2.4		
Mg	= 1.9		
other	= 2.6		

PERGERAKAN BUMI

- Pergerakan bumi dapat diamati dari bentuknya, permukaan bumi batuan sedimen yang mulanya terbentuk dibawah laut, sekarang tersingkap di pegunungan yang tinggi.
- Pergerakan bumi juga terbukti dari terjadinya Gempa bumi. Selama gempa berlangsung, sebagian dari kerak bumi mengalami perekahan dan pergeseran (*fractured and displaced*).

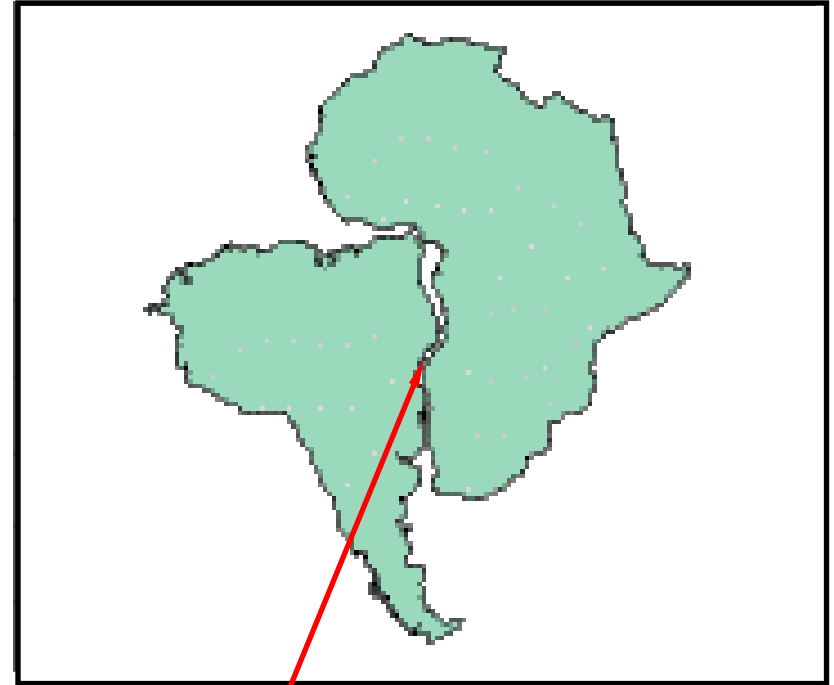
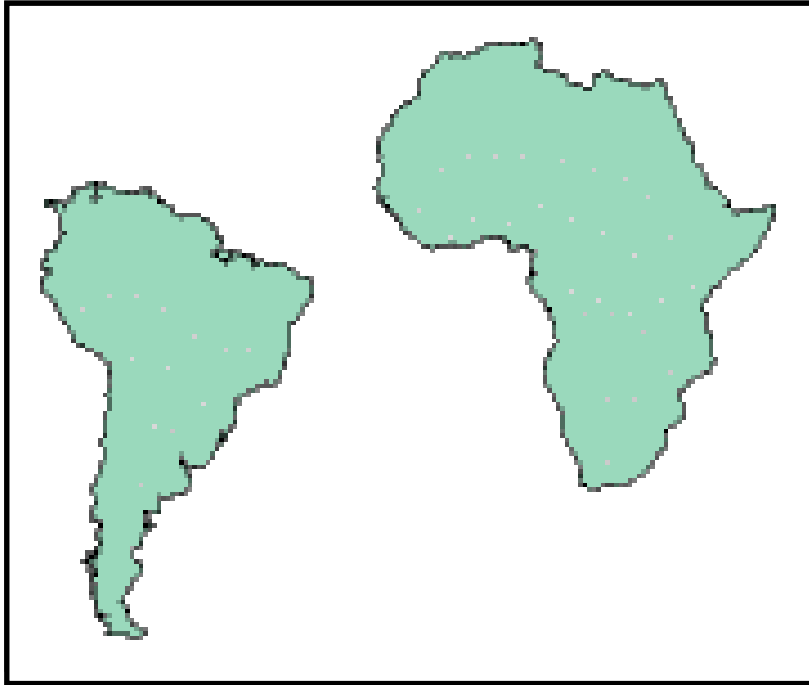
Teori Pergerakan Benua

- Menurut Wegener, dulu bumi hanya memiliki satu benua yaitu Pangaea. Lebih dari 200 juta tahun yang lalu Pangaea pecah menjadi serpihan kecil yang bergerak membentuk konfigurasi dunia saat ini. Dipercaya sekarang ada 6 Benua besar dan 14 benua kecil.
- Terjadi deformasi yang terus menerus di antara persambungan antara serpihan kulit bumi misalnya di Bukit Barisan.
- Teori ini dipercaya sampai sekarang dan menurut para ahli Pulau Sulawesi adalah titik persambungan yang terjadi paling akhir sehingga tidak stabil (Gempa Palu)

Continental Drift

Present

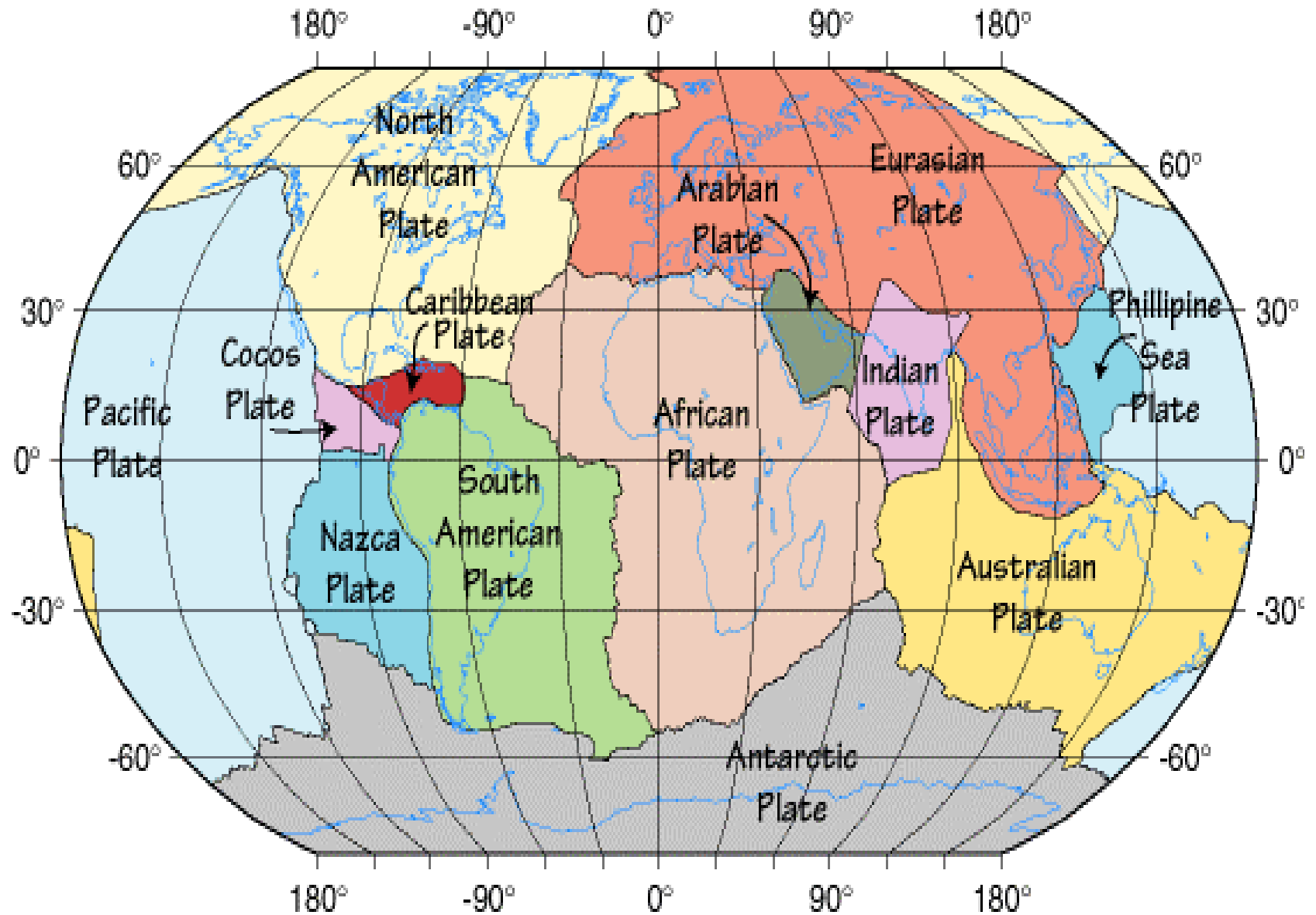
200 Million years ago



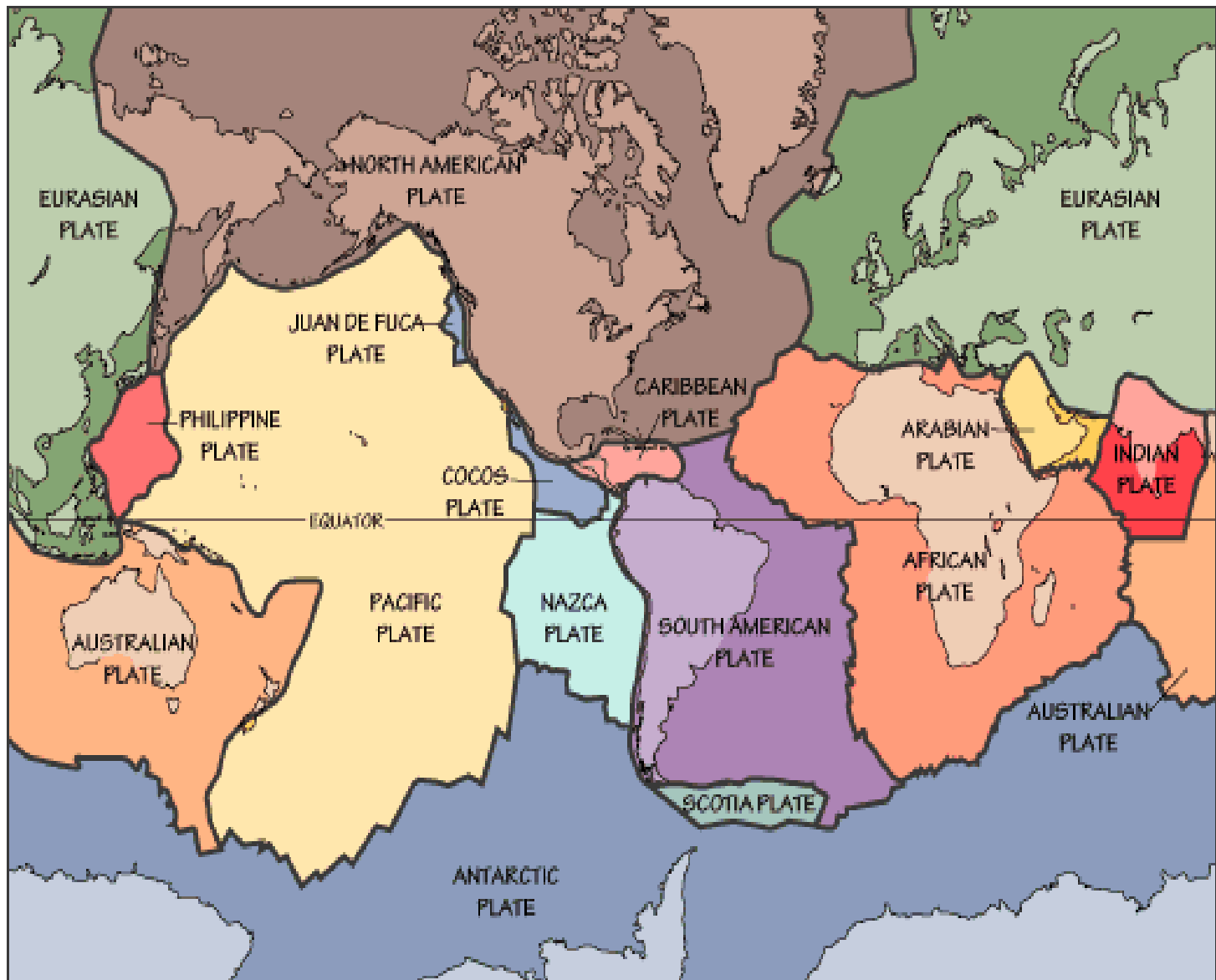
Alfred Wegener (1920s) noted that surface geology and fossil records match at boundary indicating that Africa and South America were once united

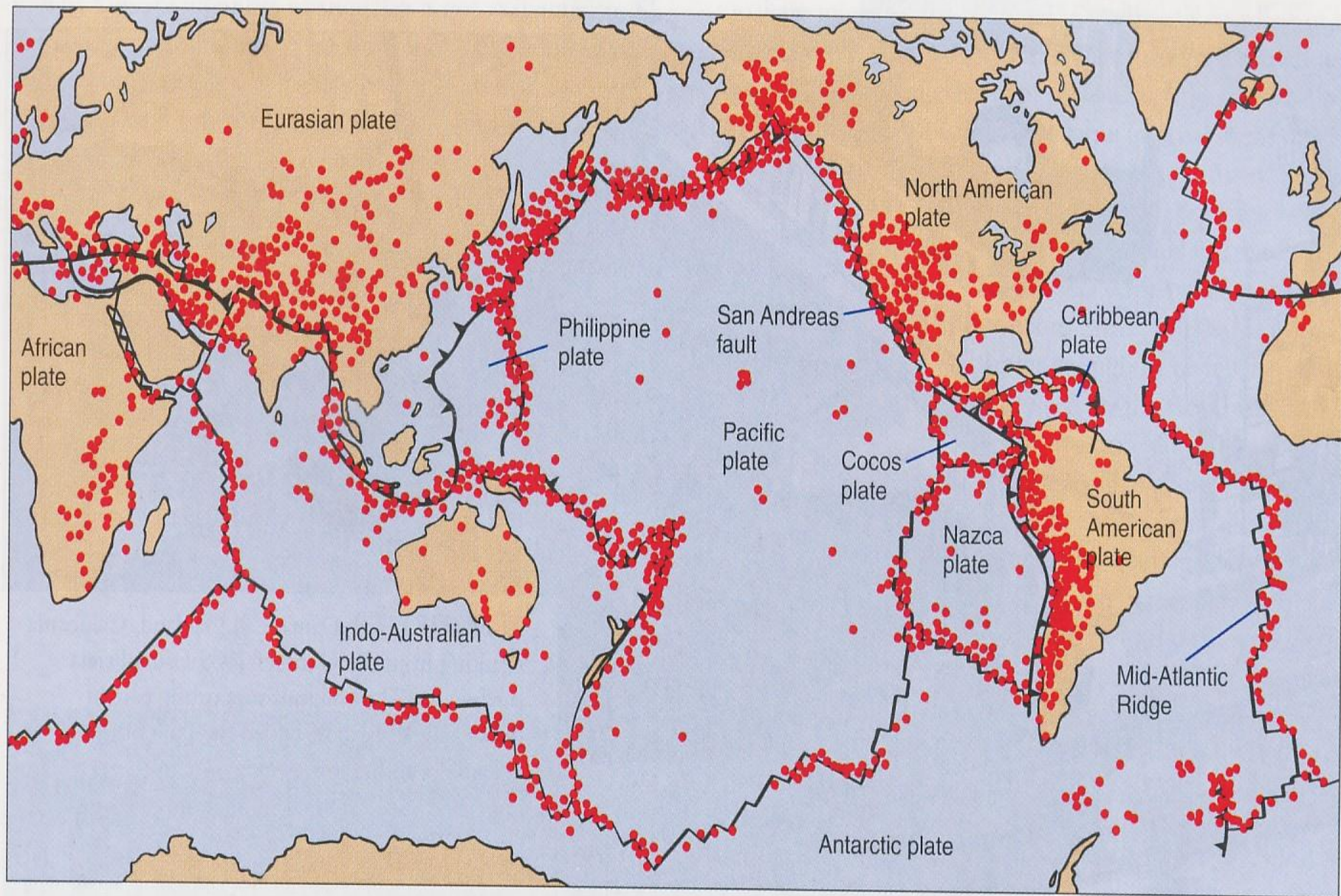


Plate Tectonics



Zona Gempa





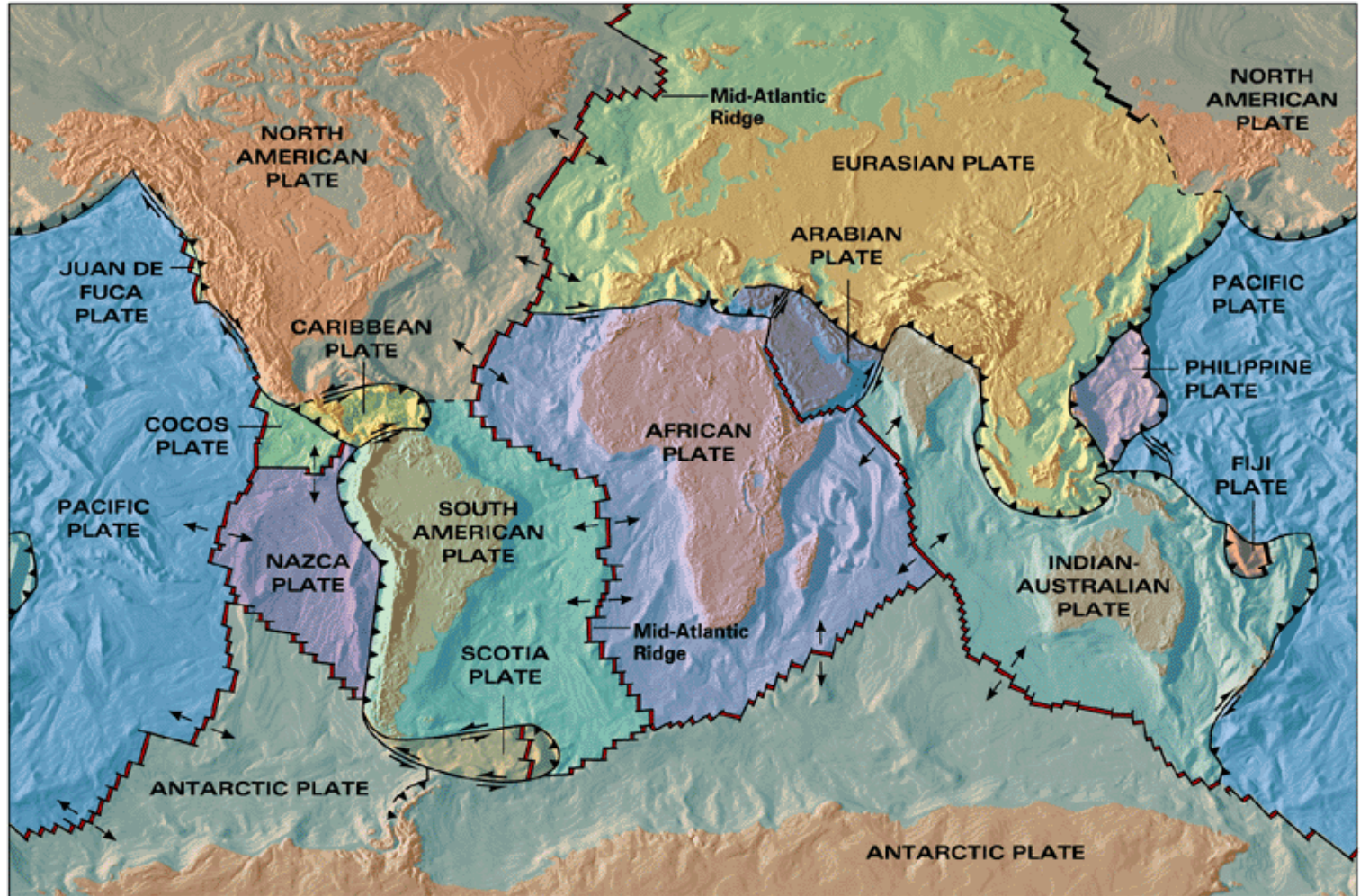
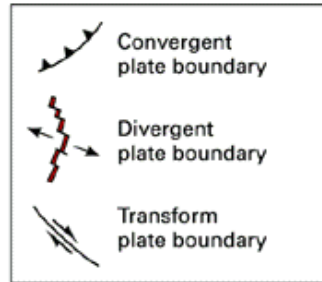
Convergent
boundary

Divergent
boundary

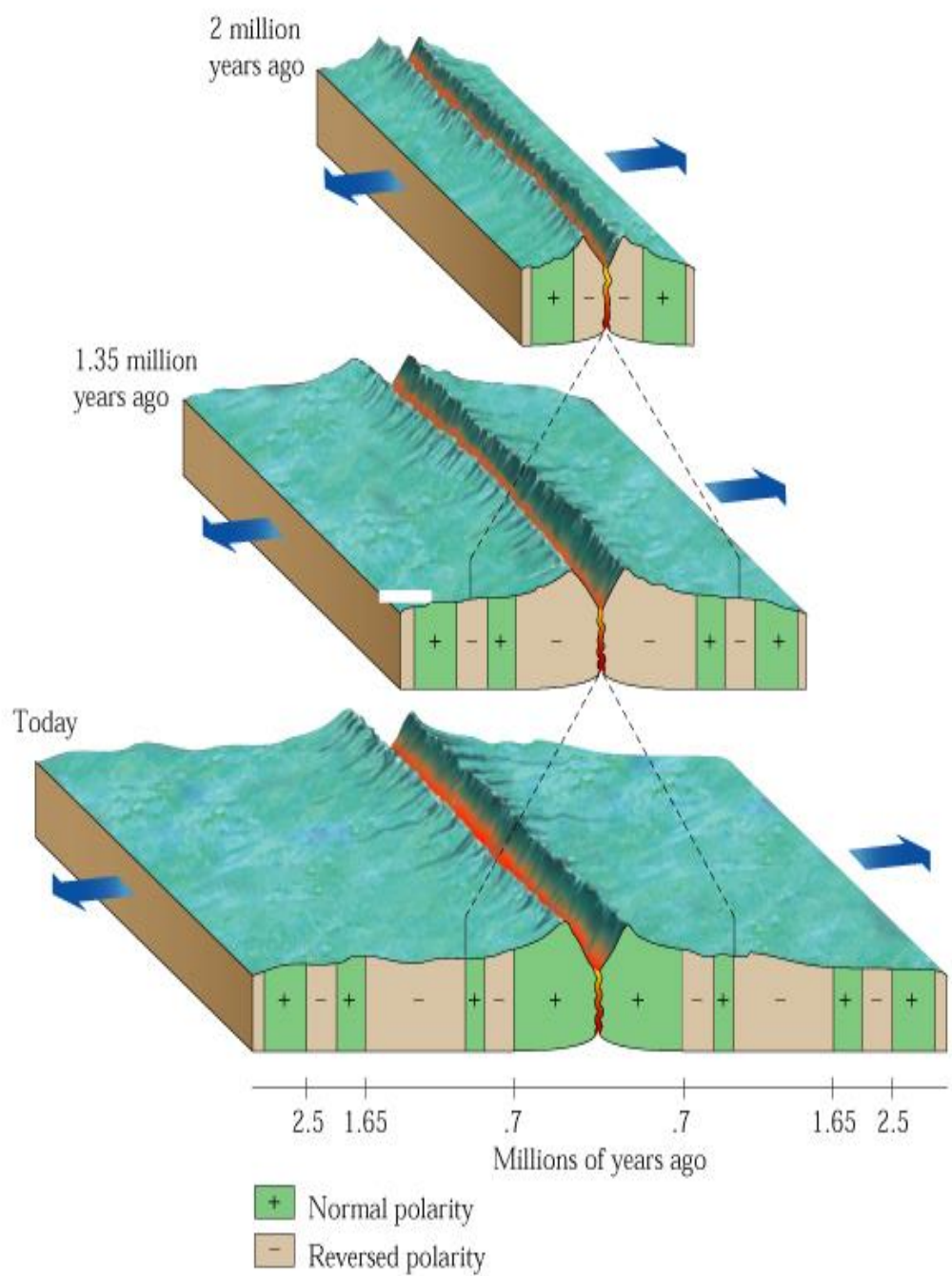
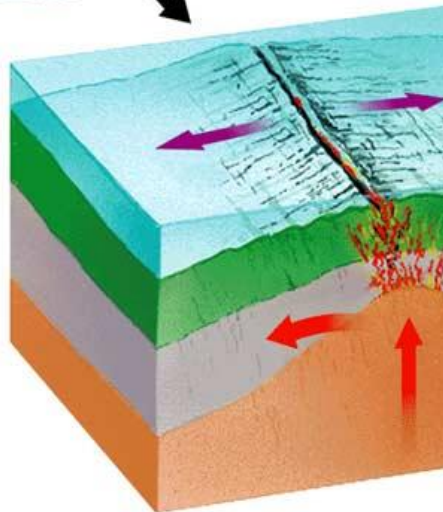
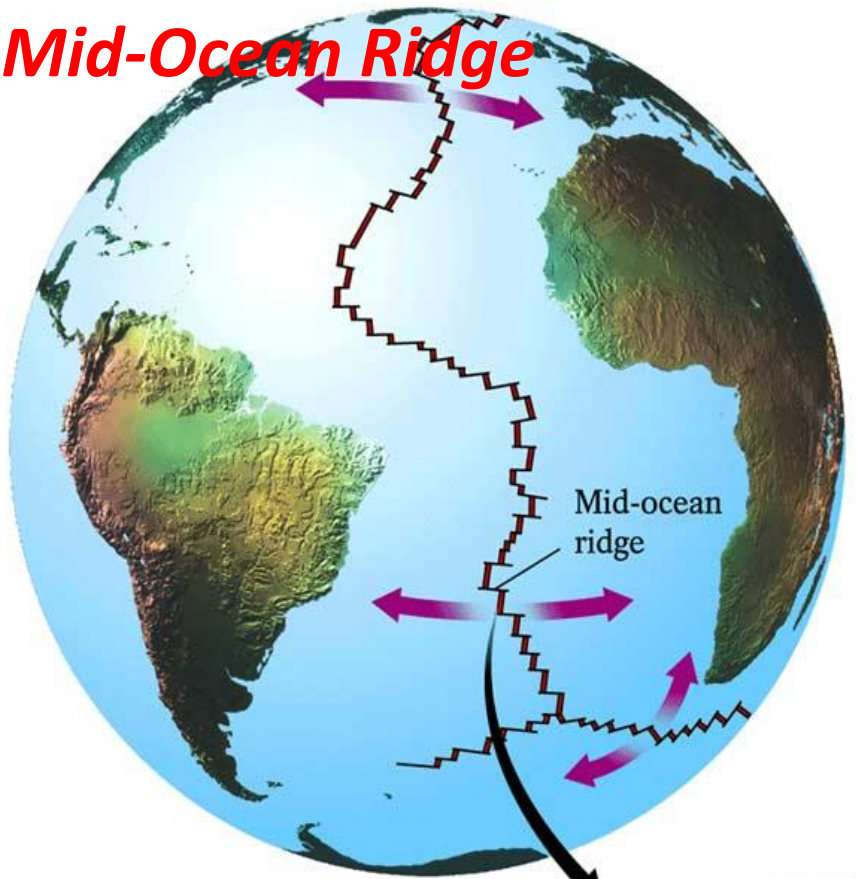
Transform
boundary

LIHAT VIDEO 1 ABAD GEMPA

Tectonic Plate

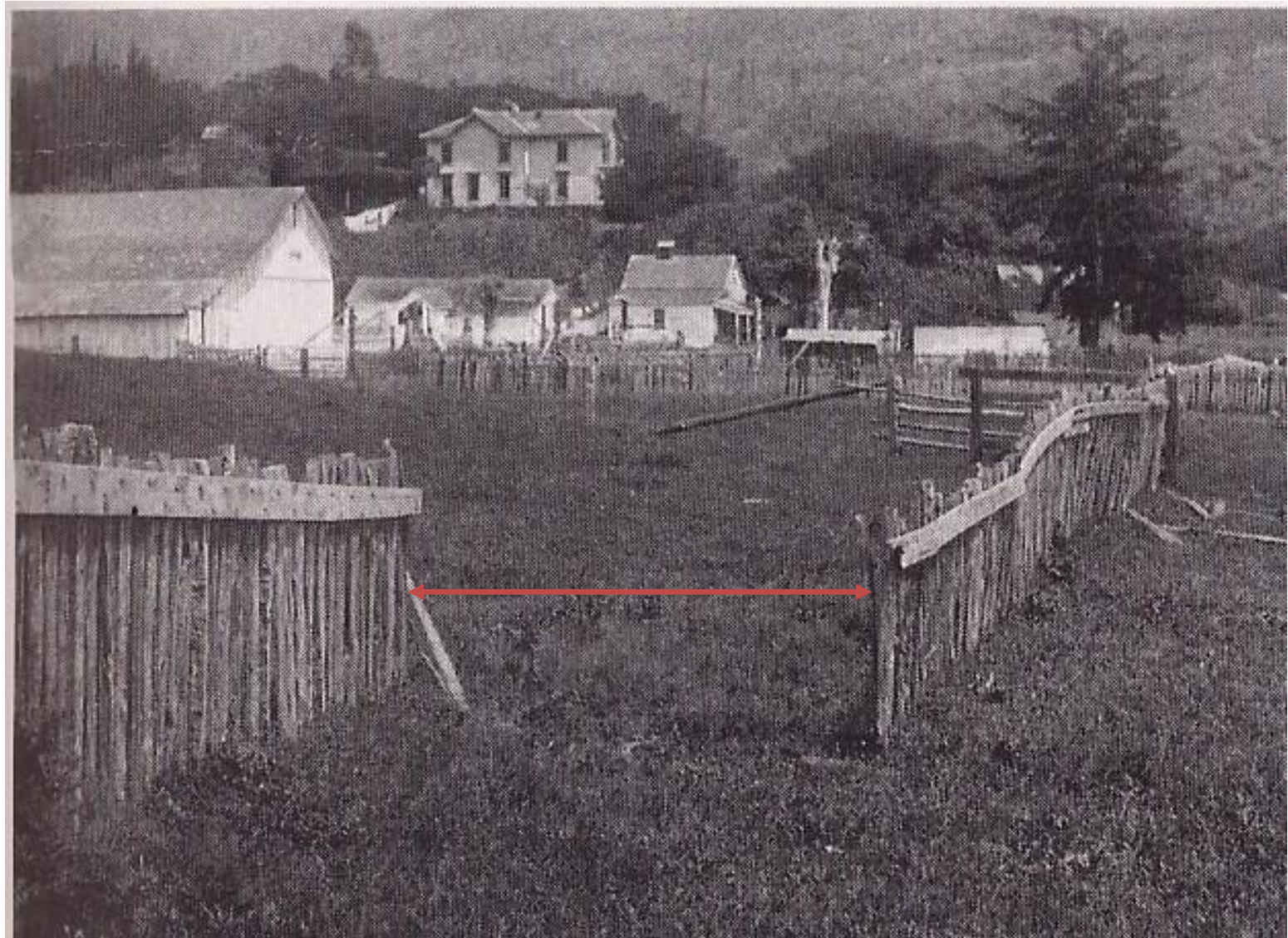


Mid-Ocean Ridge





Batuan sedimen terdeformasi pada *Canadian Rockies* (Hamblin & Christiansen, 1995)



**Pergeseran pada struktur pemukiman dikarenakan gempa bumi
(Hamblin & Christiansen, 1995)**

**Failure of St.
Francis Dam near Los Angeles, CA
on March 12, 1928.
Engineering community realized
the importance of Geology factor
in civil engineering.**

After failure with the 'Tombstone' in the center



Before failure



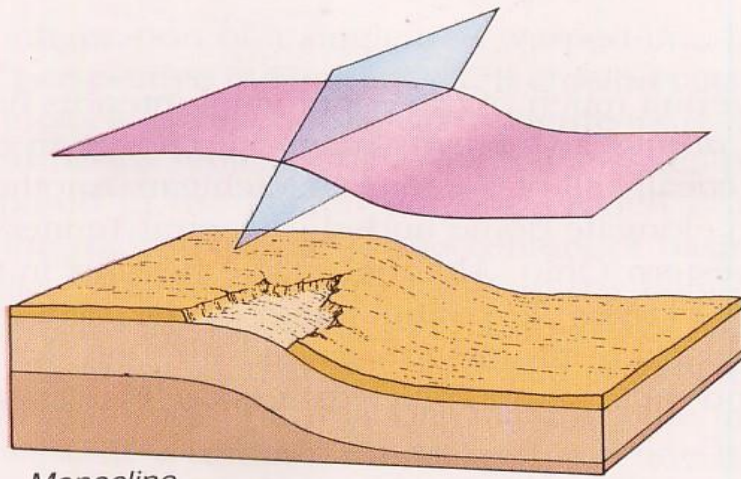
JENIS STRUKTUR yang terjadi AKIBAT PERGERAKAN KERAK BUMI

- LIPATAN (*FOLDS*)
- SESAR/PATAHAN (*FAULTS*)
- REKAHAN (*JOINTS/FRACTURES*)

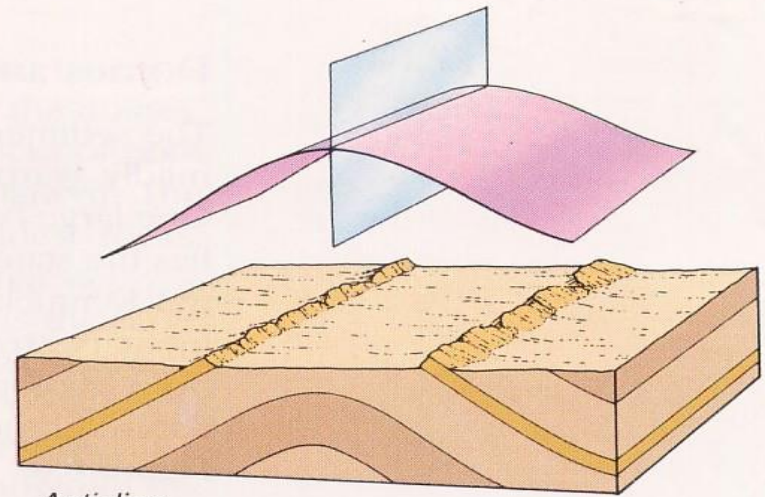
LIPATAN
(folds)

- Struktur tiga dimensi yang berukuran mikroskopis hingga ratusan kilometer lebar menunjukkan kenampakan perlipatan, kubah (*dome*) dan cekungan (*basin*) besar disebut sebagai **Lipatan**.
- **Lipatan** merupakan ekspresi dari *ductile deformation* dari batuan pada kerak bumi.
- **Lipatan** bernilai penting secara ekonomik karena perannya sebagai perangkat minyak dan gas bumi serta mengontrol sejumlah lokasi endapan bijih.

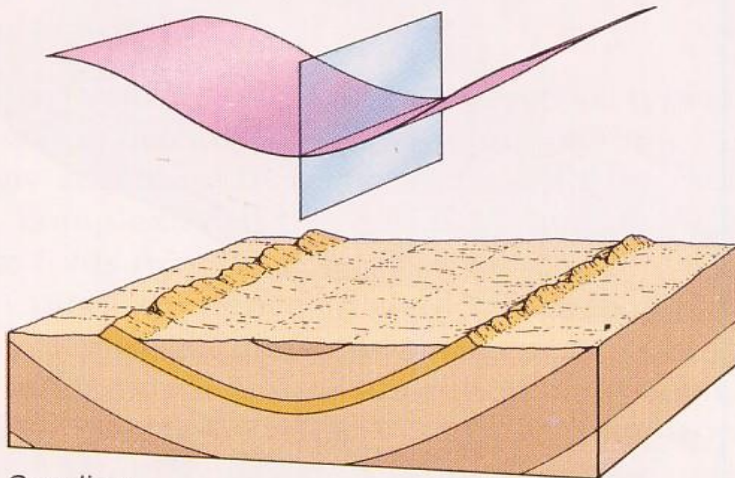




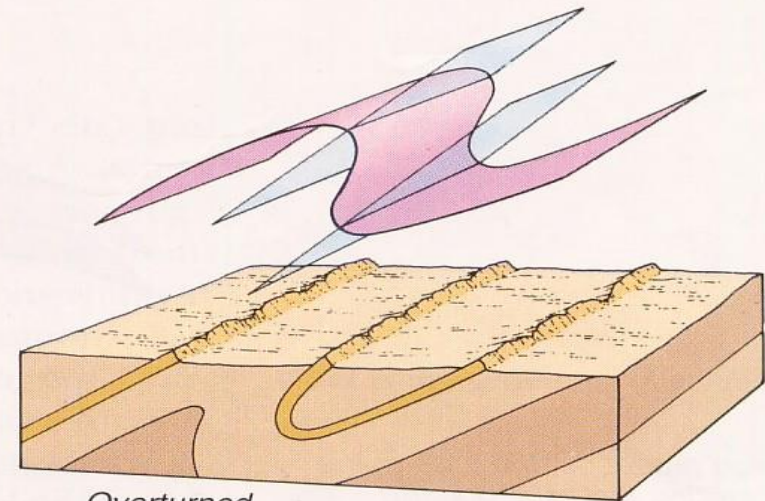
Monocline



Anticline



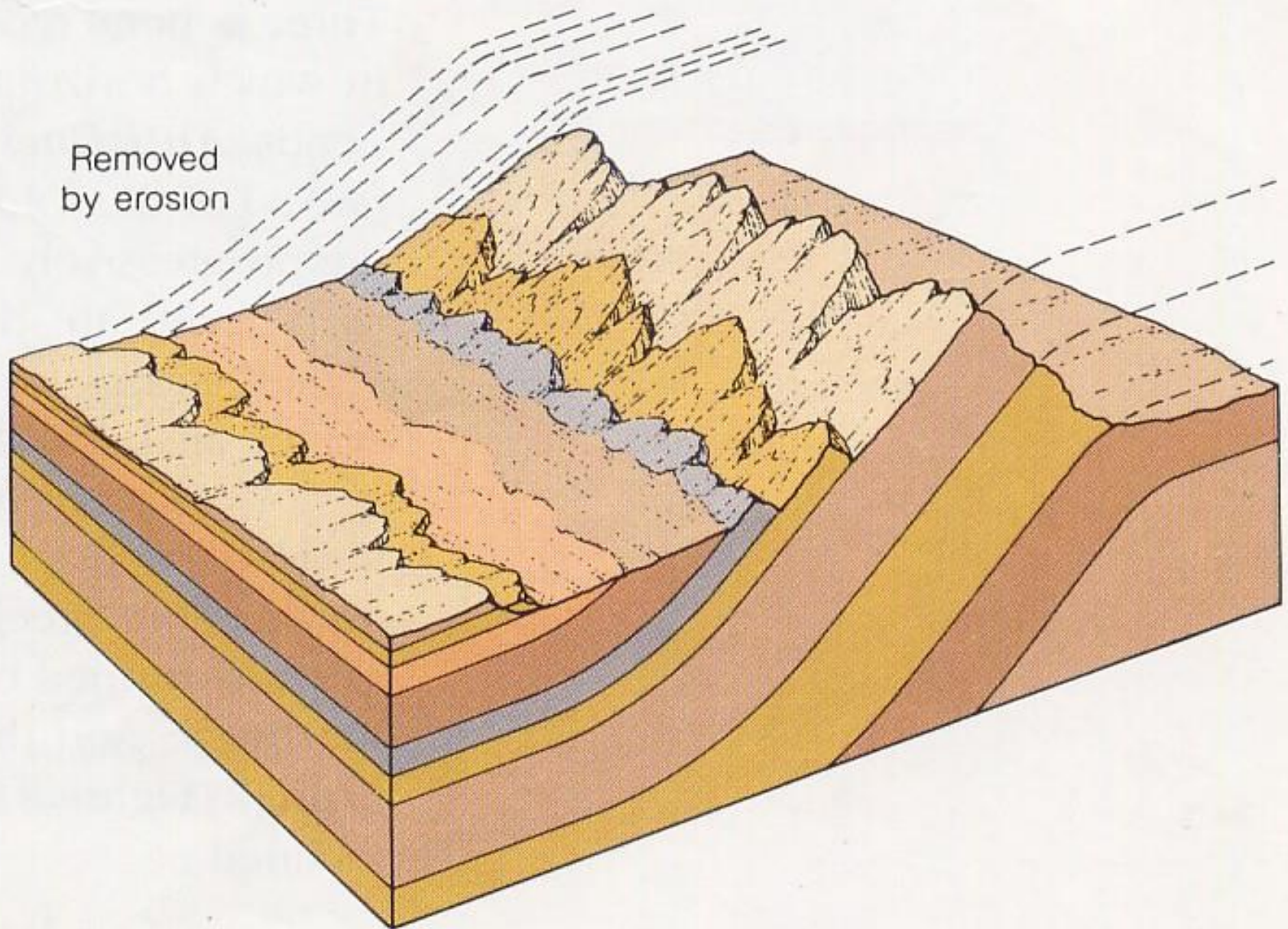
Syncline



*Overturned
anticline and syncline*

Tatanama lipatan didasarkan pada geometri struktur secara tiga dimensi.
(Hamblin & Christiansen, 1995).

- Monoklin adalah lipatan sederhana dengan kemiringan (*dipping*) landai atau hampir horizontal seperti lengkungan seperti tangga (*steplike*).
- Antiklin adalah bentuk sederhana dengan lapisan melengkung keatas dan kedua sayap lipatan (*limbs*) memperlihatkan kemiringan menjauh dari puncak lipatan (*fold crest*).
- Sinklin adalah lipatan sederhana yang kedua sayap lipatan menuju ke sumbu lipatan.

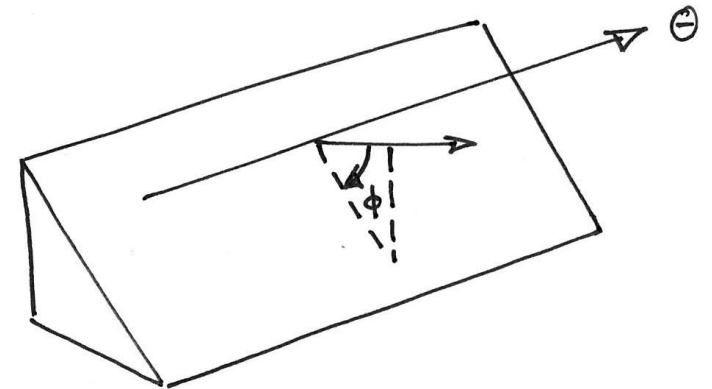
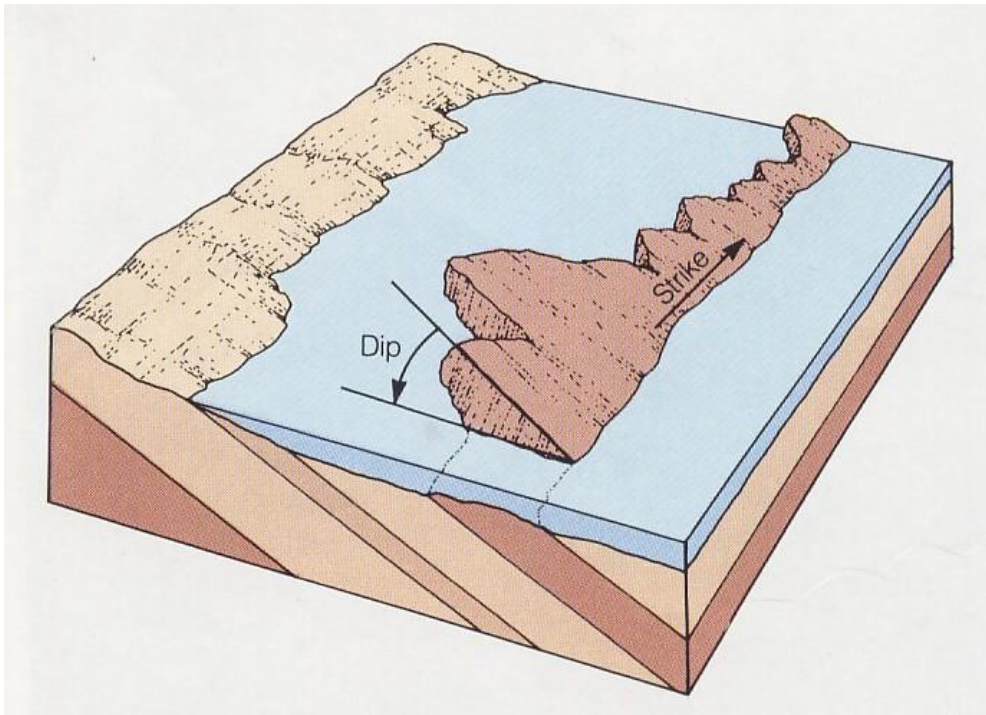


Sikuen lapisan miring yang menggambarkan konfigurasi perlipatan dan hilangnya lapisan bagian atas karena erosi (Hamblin & Christiansen, 1995).

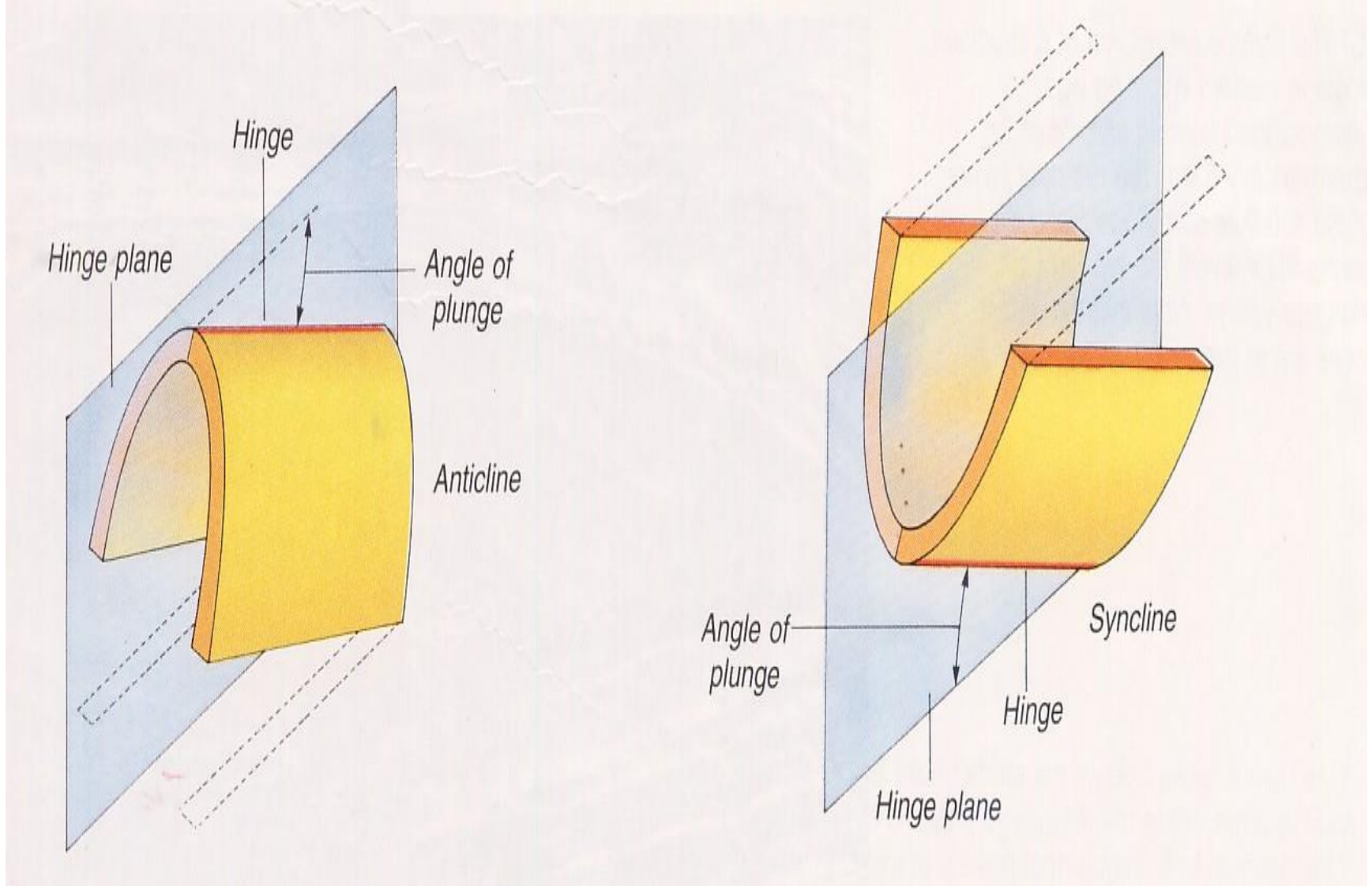


Mengukur Geometri Lipatan

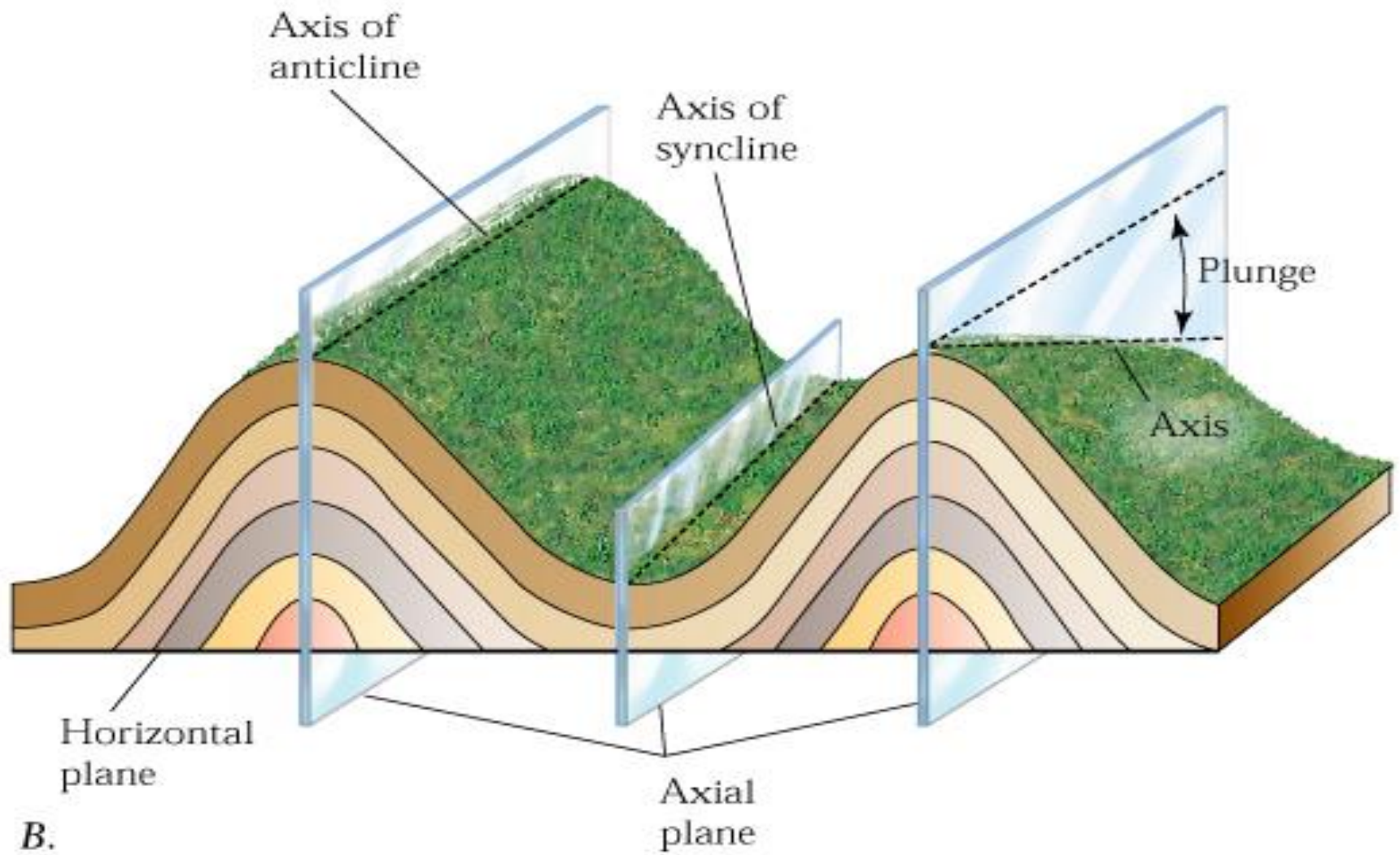
Konsep *dip* dan *strike* (Hamblin & Christiansen, 1995).



Azimuth of horizontal across slope (θ) indicates which way plane faces. Dip (ϕ) indicates how steeply the plane is inclined



Hinge plane suatu lipatan merupakan bidang imajiner yang membagi lipatan menjadi dua bagian sama besar. Garis yang terbentuk akibat perpotongan antara *hinge plane* dan *bedding plane* disebut sebagai *hinge*. Inklinasi kearah bawah dari *hinge* disebut sebagai *plunge* (Hamblin & Christiansen, 1995).



B.

Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

Jenis Lipatan berdasarkan dip angle

Dip of the fold Axial surface Or plunge of The fold axis	Dip of hinge surface (i.e., attitude of axial plane)	Plunge of hinge line (i.e., attitude of fold axis)
0°	<i>Recumbent fold</i>	<i>Horizontal fold</i>
1-10°	<i>Recumbent fold</i>	<i>Sub-horizontal fold</i>
10-30°	<i>Gently inclined fold</i>	<i>Gently plunging fold</i>
30-60°	<i>Moderately inclined fold</i>	<i>Moderately plunging fold</i>
60-80°	<i>Steeply inclined fold</i>	<i>Steeply plunging fold</i>
80-89°	<i>Upright fold</i>	<i>Sub-vertical fold</i>
90°	<i>Upright fold</i>	<i>Vertical fold</i>

SESAR

(faults)

- Pergeseran sepanjang sesar di permukaan bumi membentuk **sesar**.
- Tiga tipe dasar dari sesar yang dikenali, yakni
 - (1) Sesar Normal (*normal faults*) :
 - (2) Sesar Naik (*thrust faults*) dan
 - (3) Sesar Mendatar (*strike-slip faults*).

- Sesar normal adalah adanya pergeseran vertikal dan batuan diatas bidang sesar (*hanging wall*) yang bergerak menuruni bidang sesar relatif terhadap *footwall*.

Sesar normal biasanya adalah terinklinasi curam antara $65 - 90^{\circ}$. Pergerakan vertikal ini menghasilkan *cliff* atau *scrap*.

- Sesar naik dengan sudut kecil dimana *hanging wall* relatif naik diatas *footwall* disebut sebagai *thrust faults*.
- Sesar mendatar merupakan rekahan dengan sudut yang besar dengan pergeseran secara horizontal dan paralel terhadap *strike* bidang sesar.

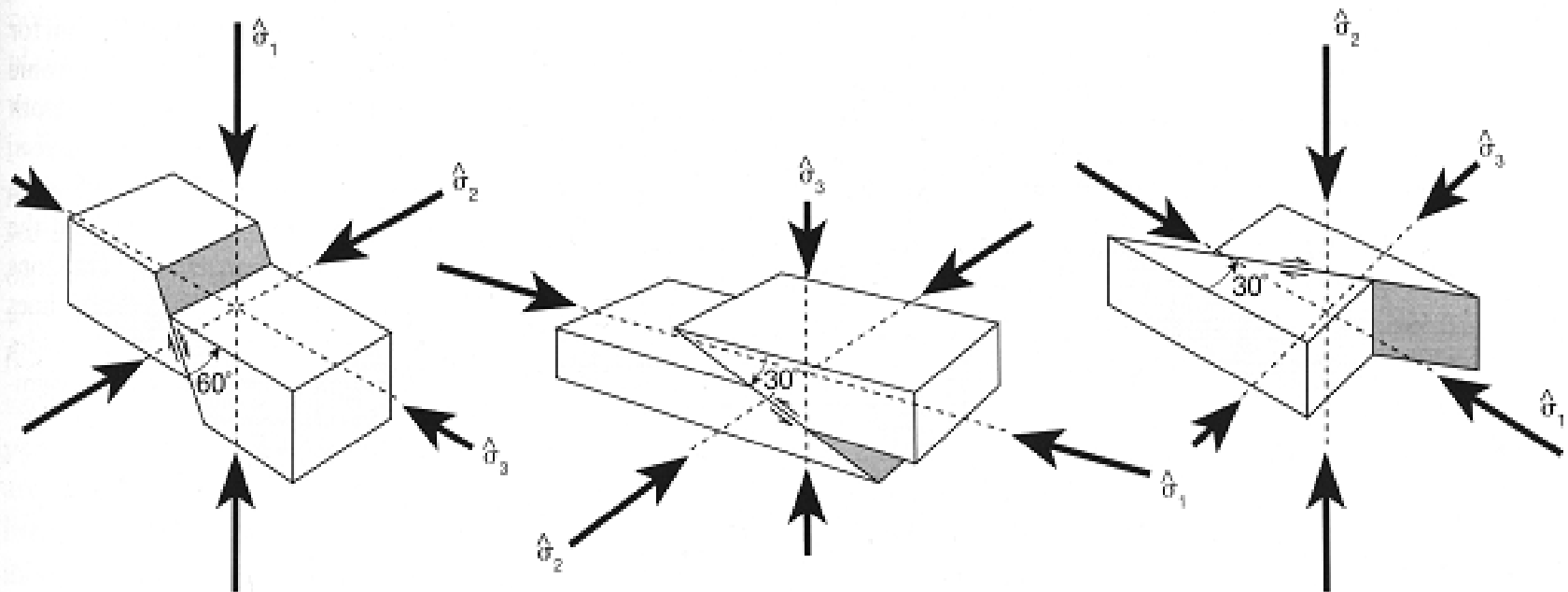
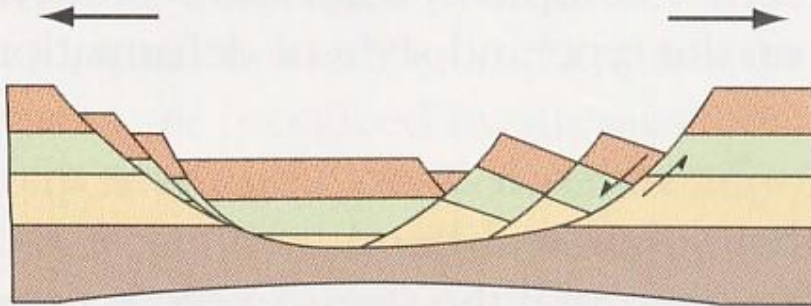


Figure 10.13 Anderson's theory of faulting, showing the relationship between the orientation of the principal stresses and the different ideal fault types. A. Normal fault with maximum compressive stress $\hat{\sigma}_1$ vertical. B. Thrust fault with minimum compressive stress $\hat{\sigma}_3$ vertical. C. Strike-slip fault with intermediate compressive stress $\hat{\sigma}_2$ vertical.

Undeformed Layers

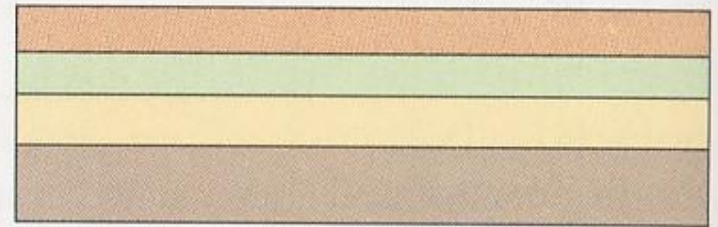


Extensional Stress
Stretching and Thinning

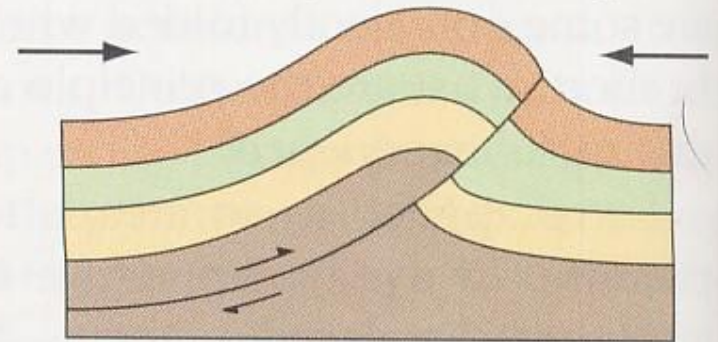


(A)

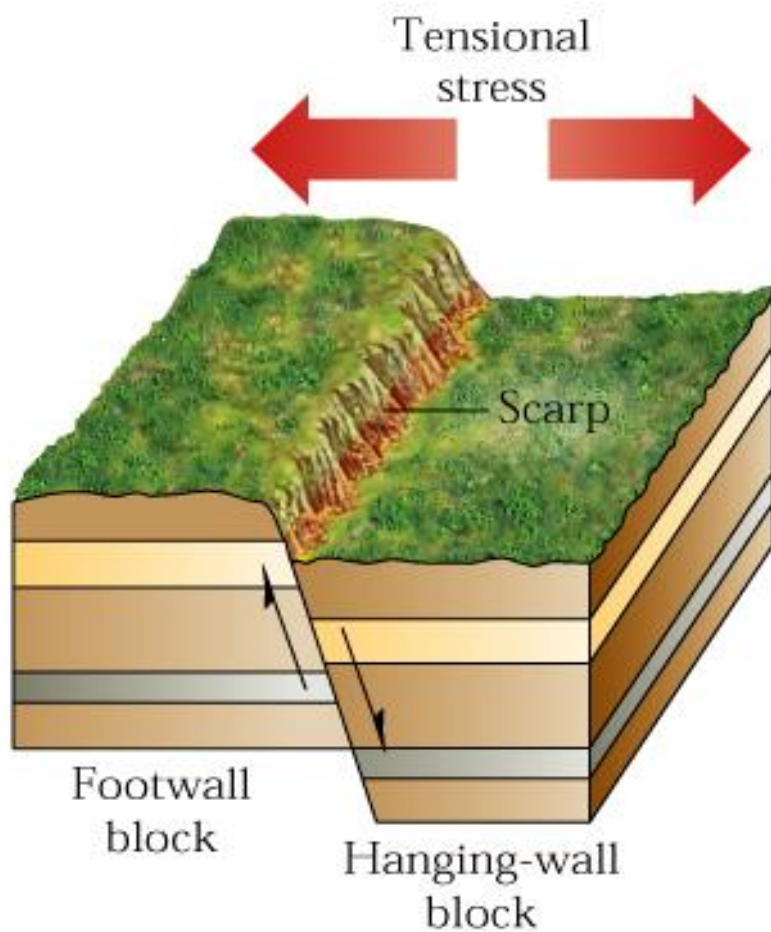
Undeformed Layers



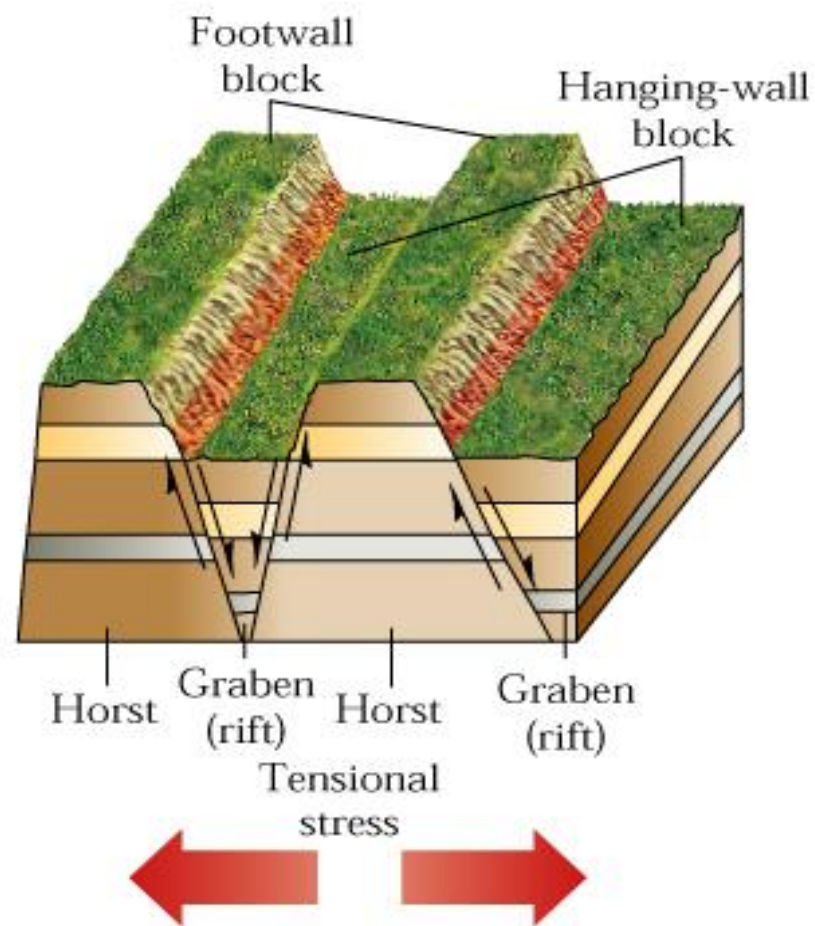
Compressional Stress
Shortening and Thickening



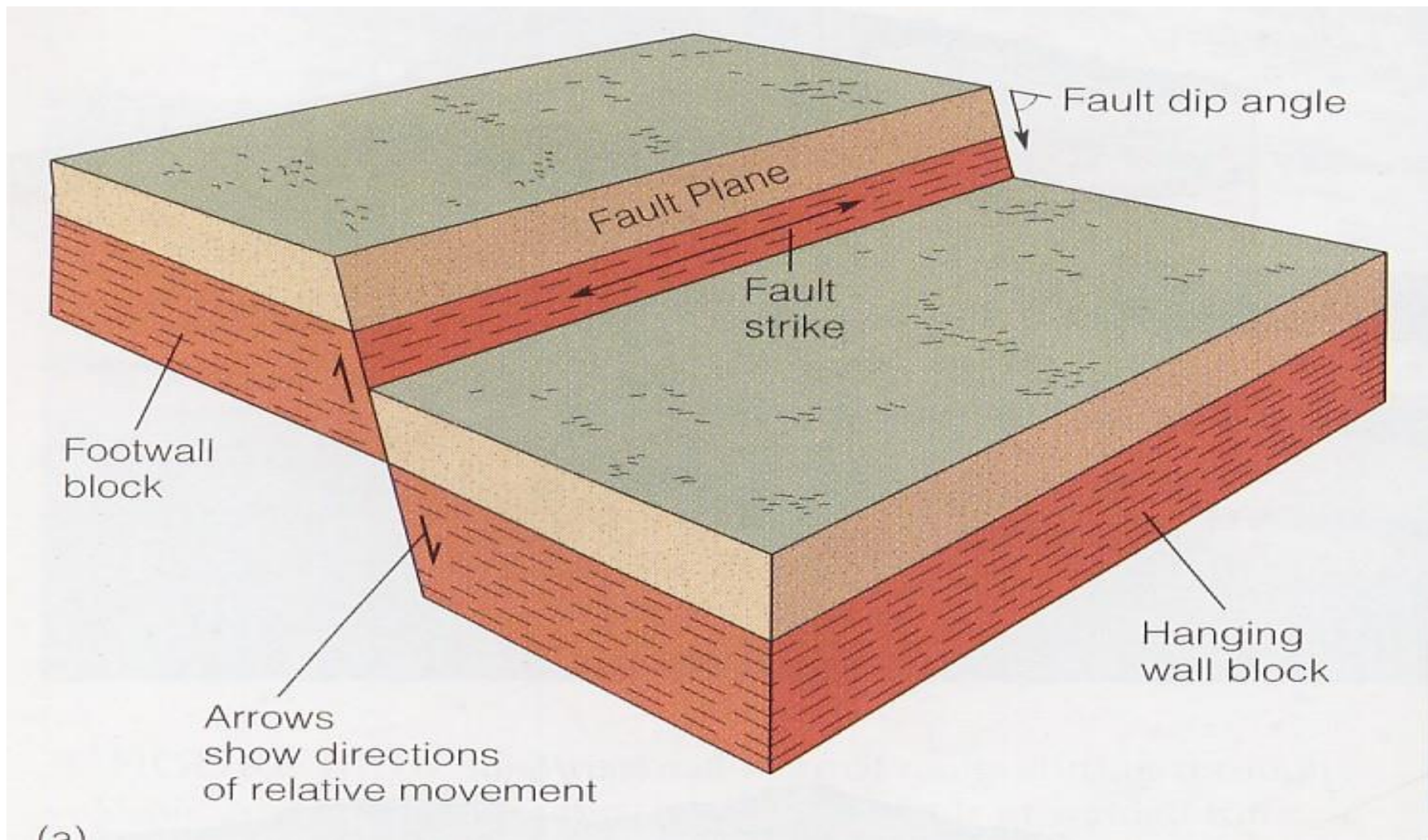
(B)

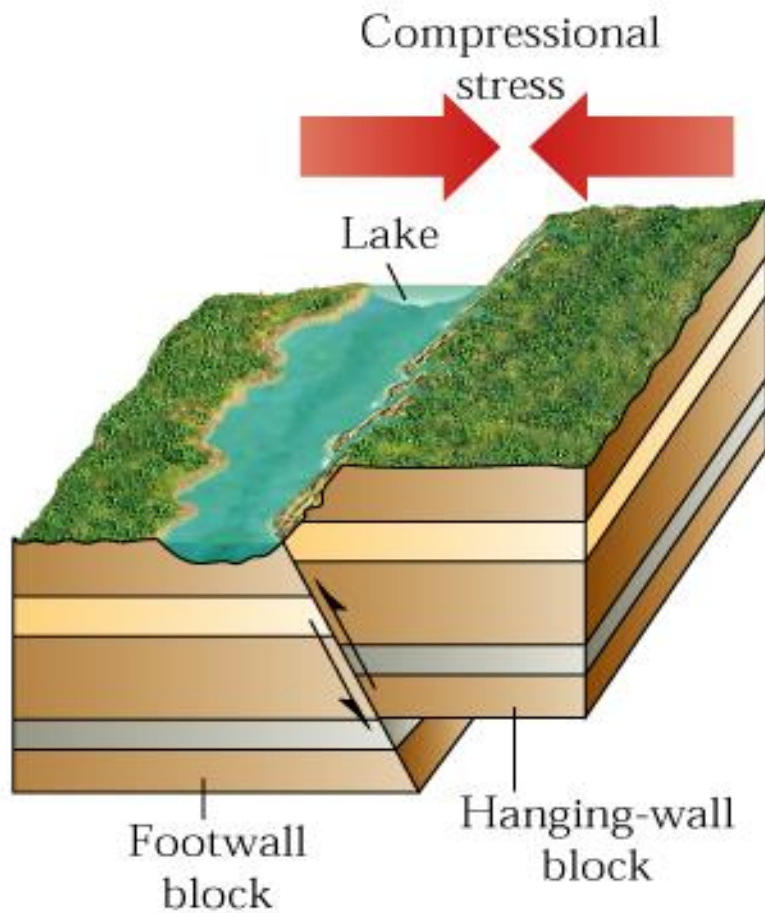


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

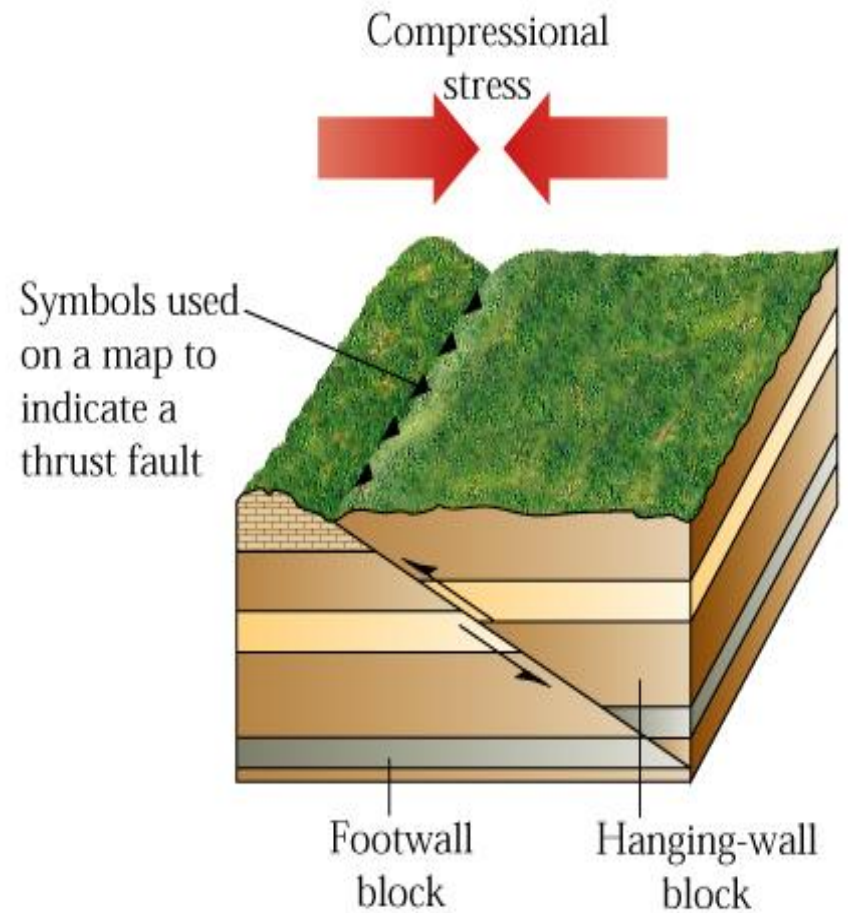


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

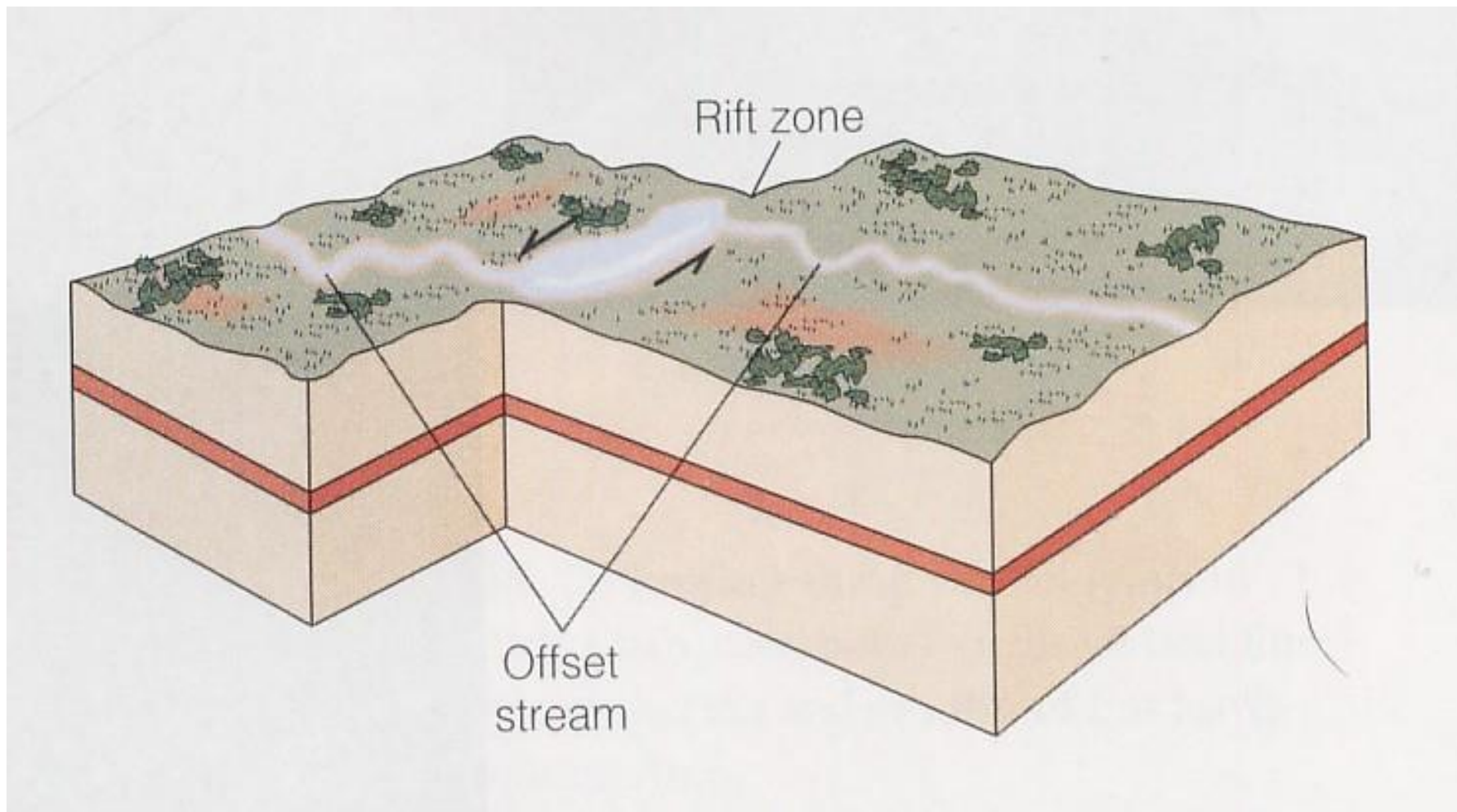


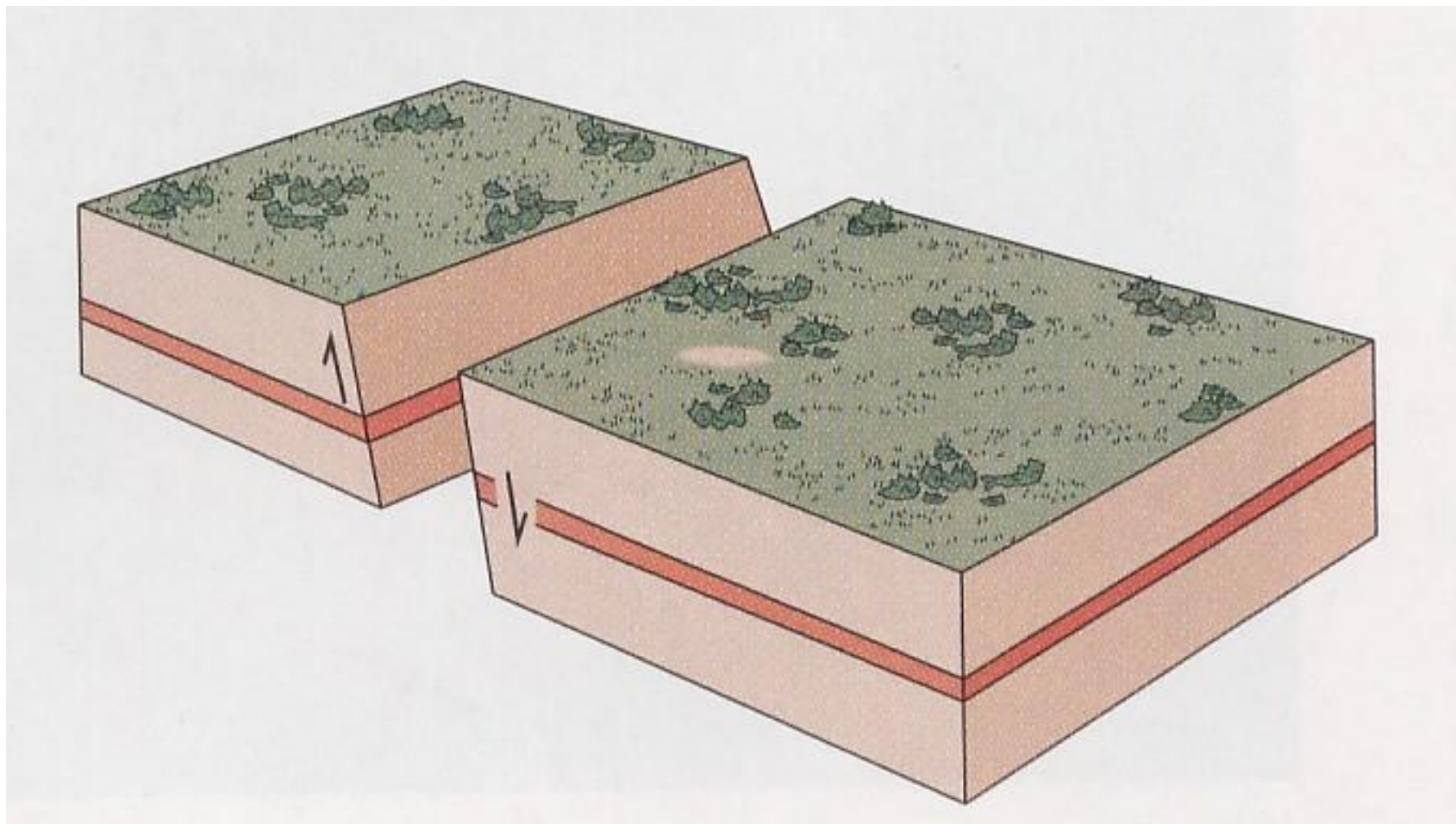


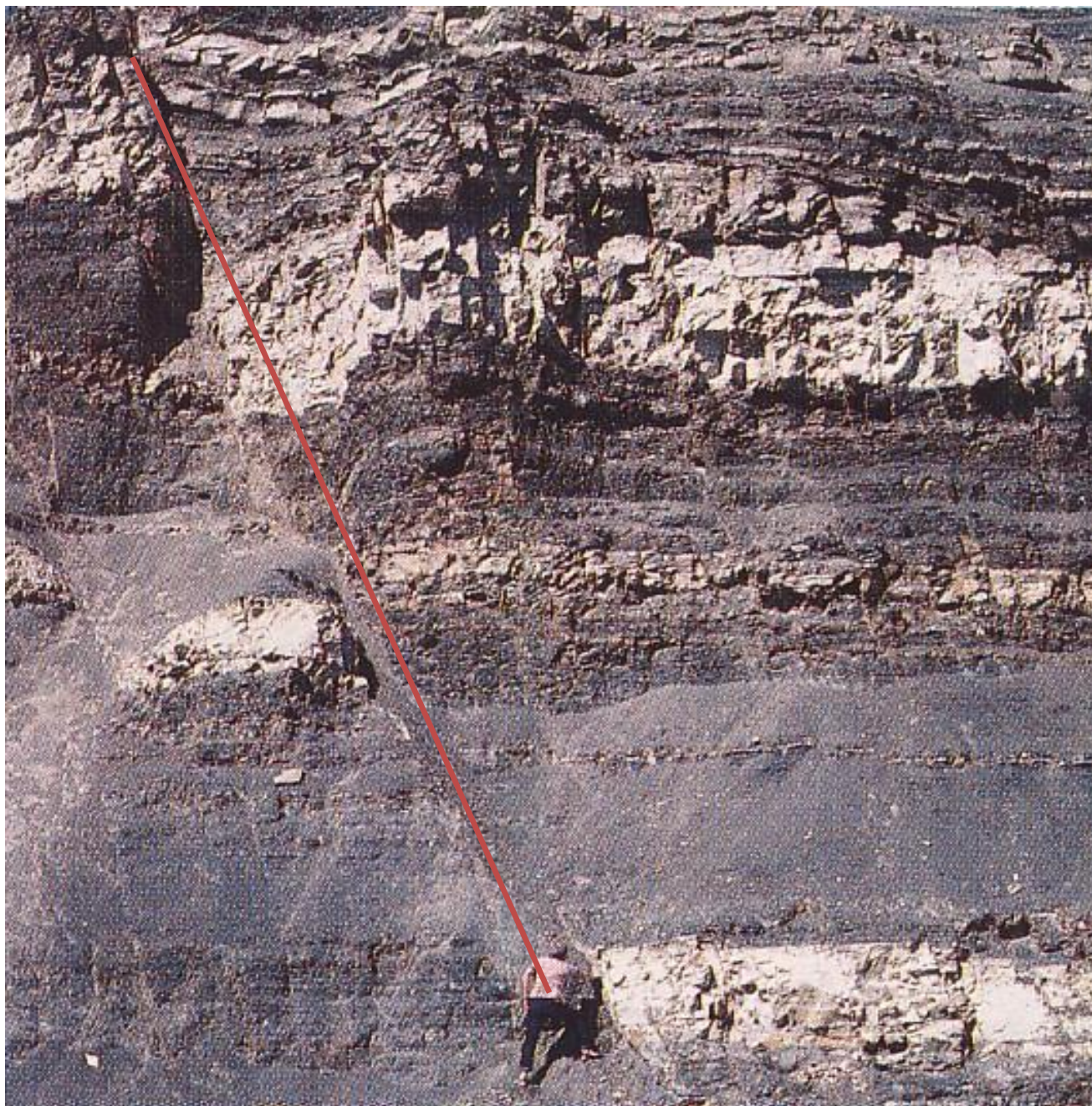
Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.

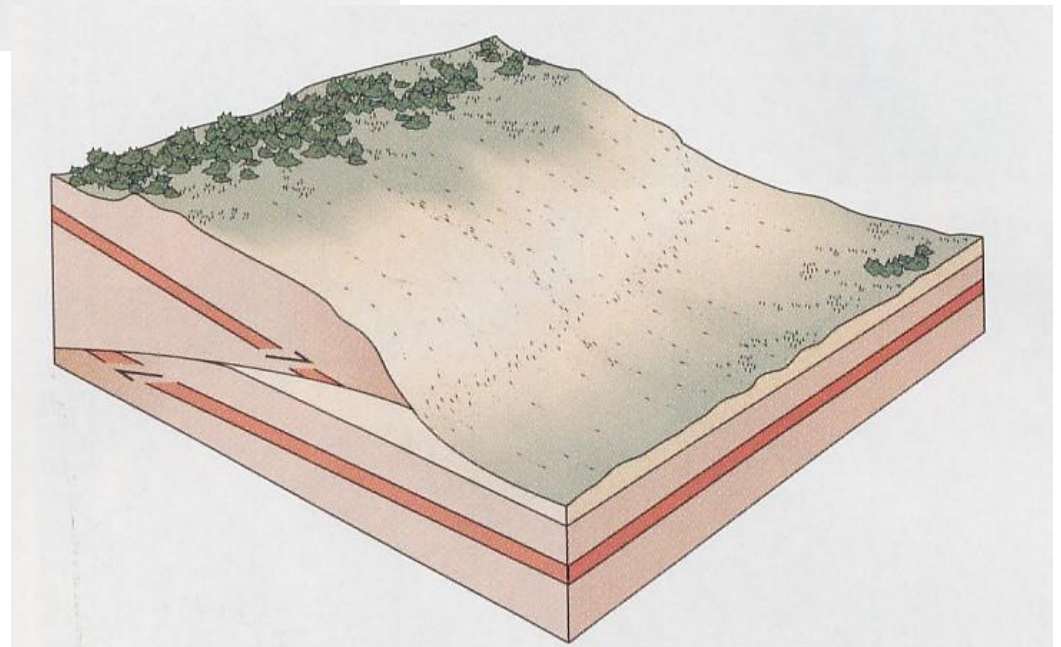
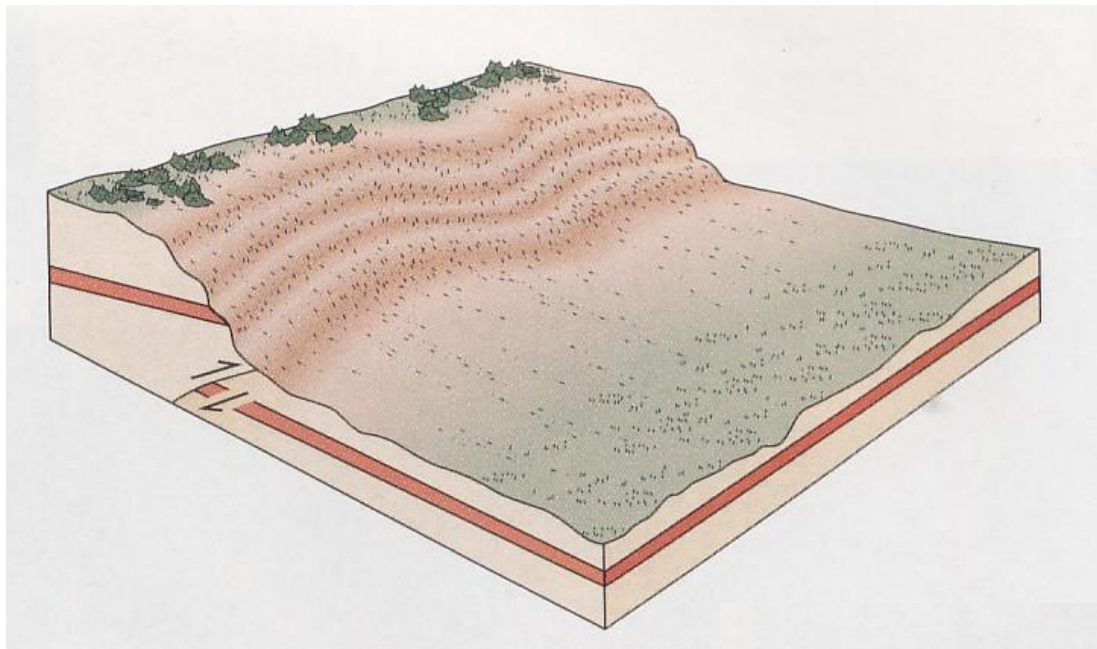


Copyright 1999 John Wiley and Sons, Inc. All rights reserved.



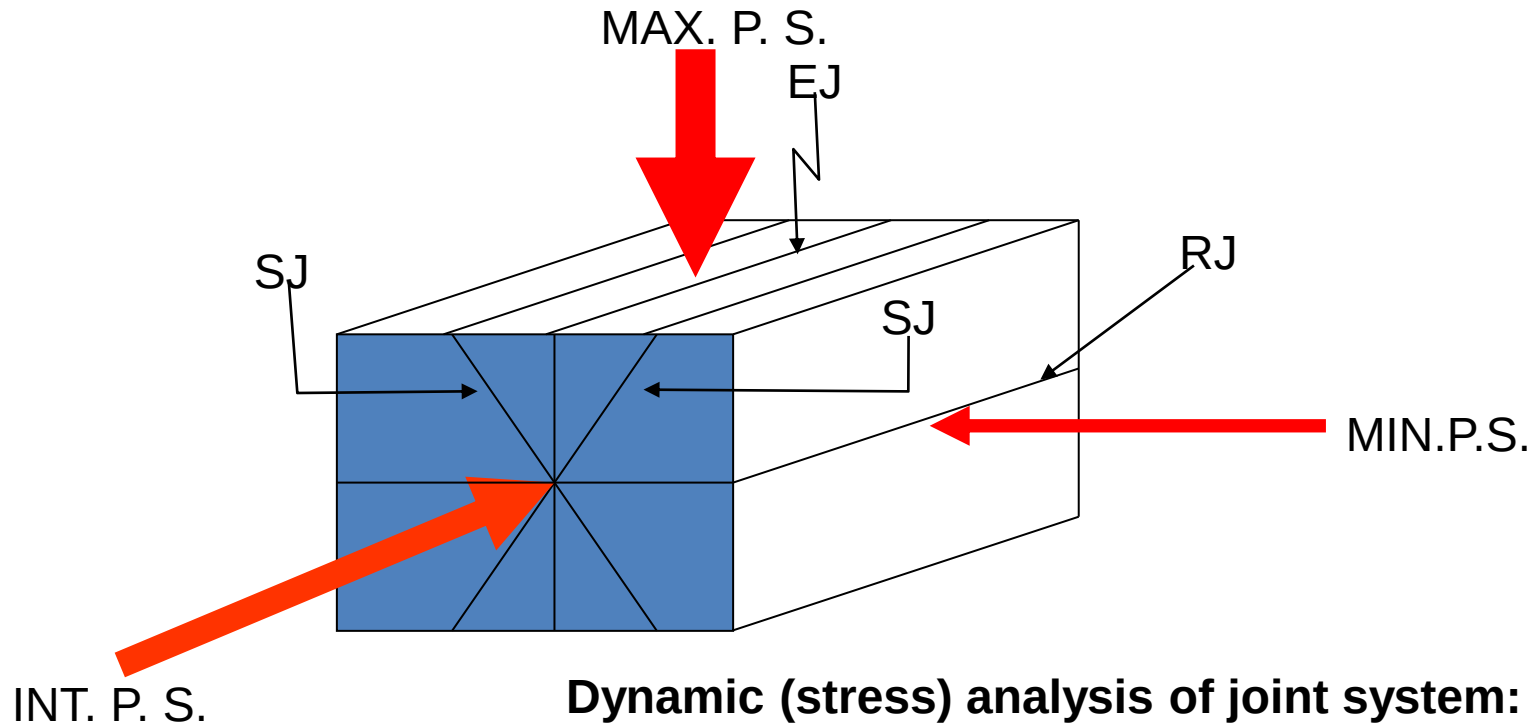






REKAHAN

(fractures)



Dynamic (stress) analysis of joint system:

MAX. P. S. = Maximum Principal Stress

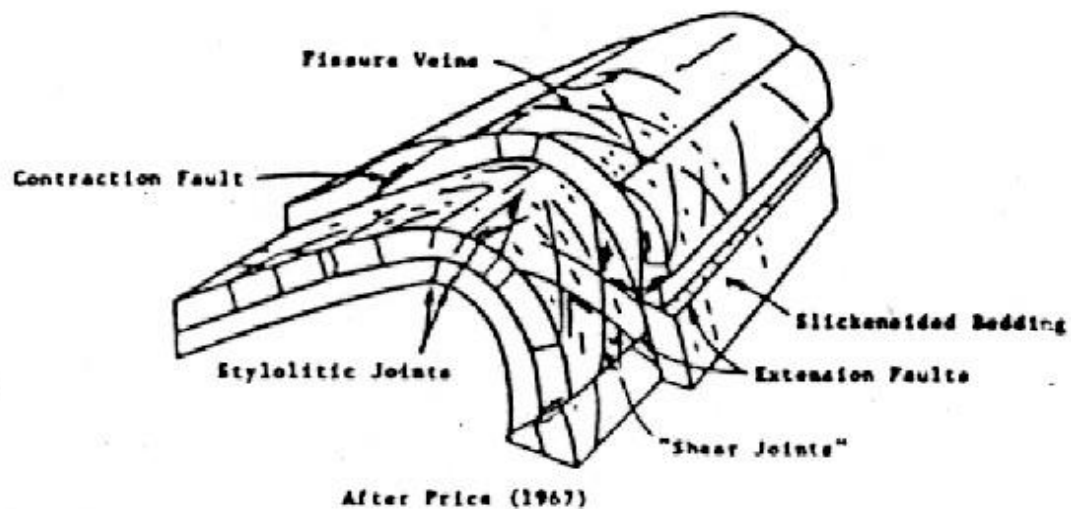
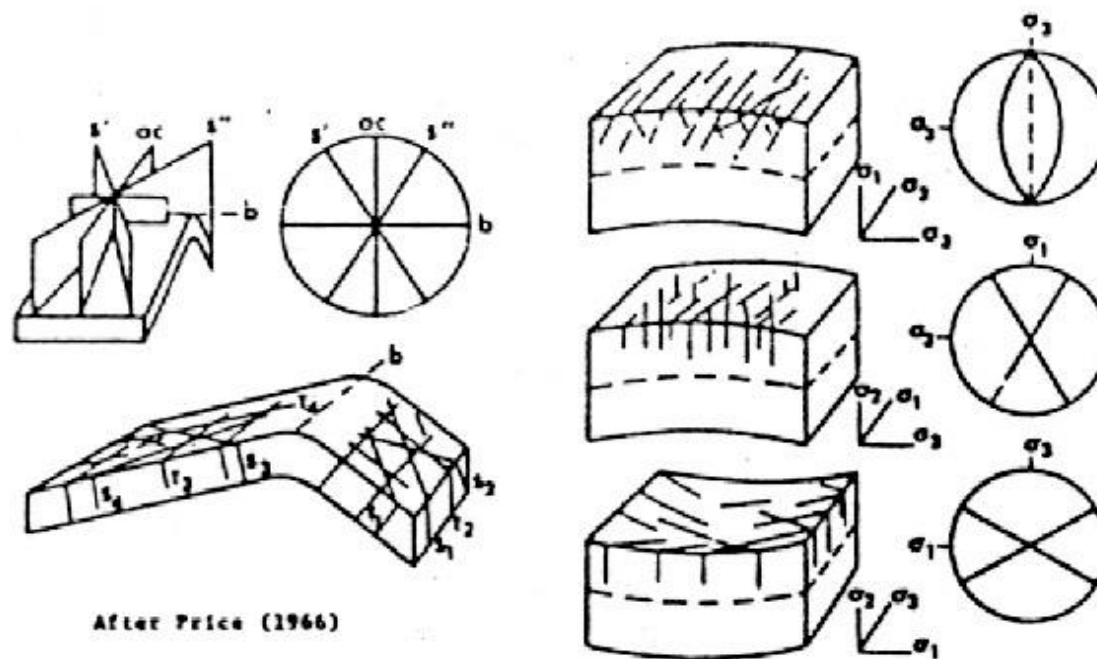
INT. P. S. = Intermediate Principal Stress

MIN. P. S. = Minimum Principal Stress

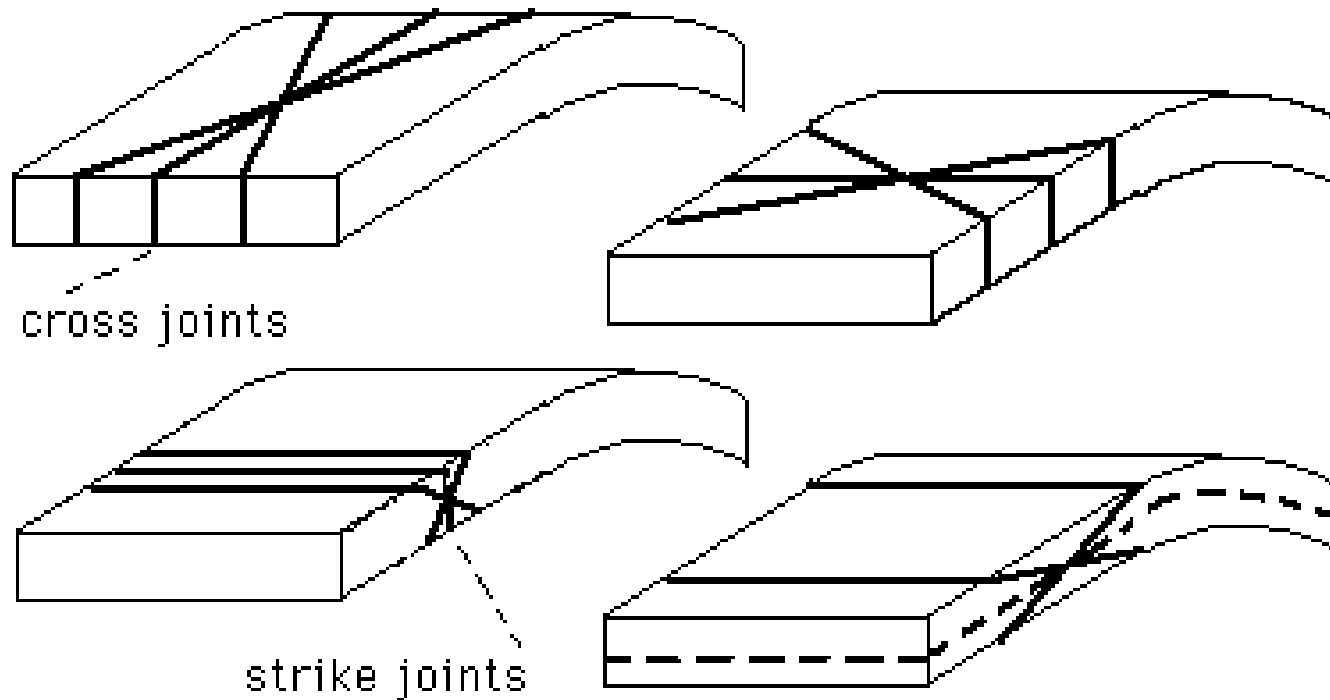
SJ = Shear Joint

EJ = Extension Joint

RJ = Release Joint



Empat Pola *Fracture Sets* pada Batuan yang Terlipat (Stearns, 1968)



Terimakasih

