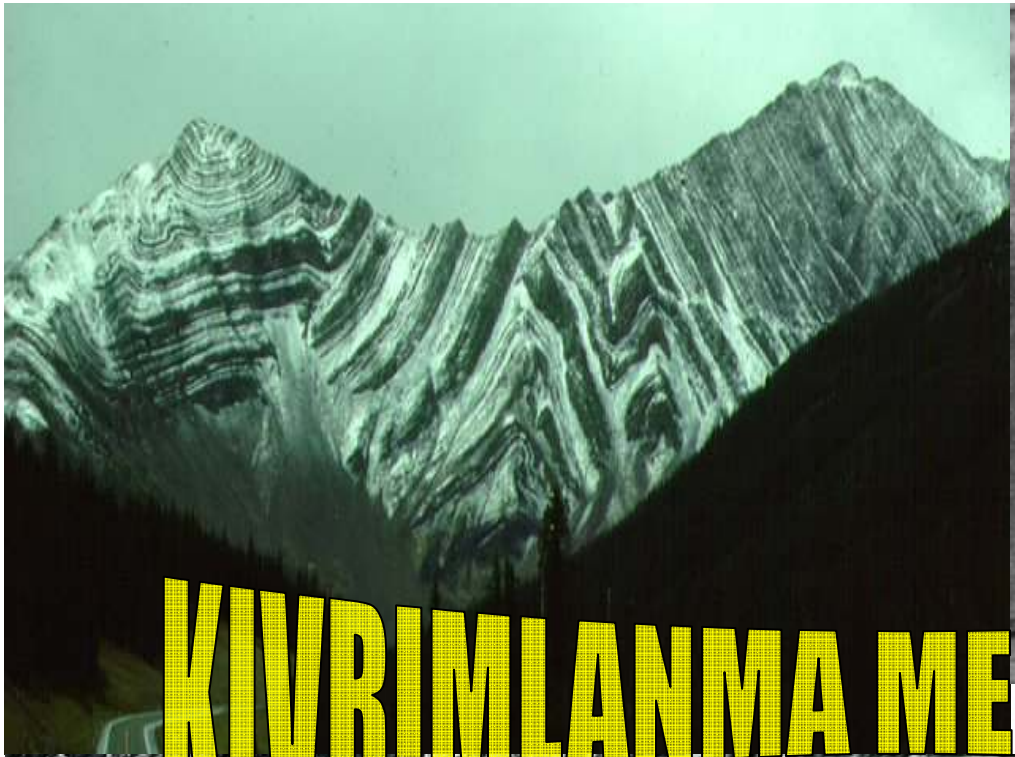
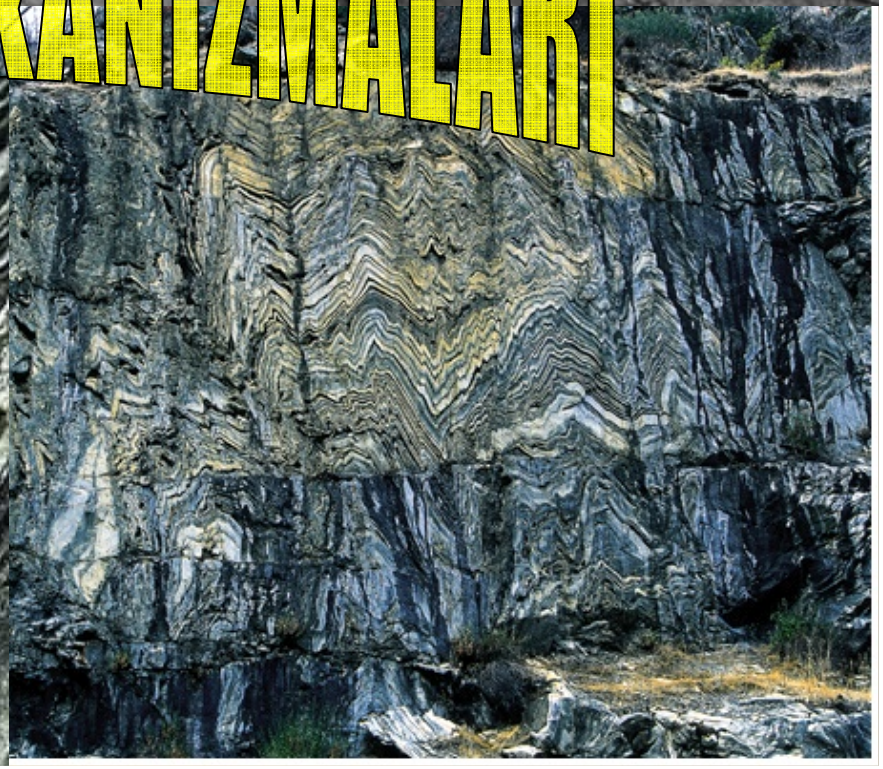
KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI





5.6. Kıvrımlanma mekanizmaları

Tabakalı kayaçlar, tabakalanmaya parallel sıkıştırıldıklarında kıvrımlanma oluşur.

Yalnız kıvrımların tümü bükülme (buckling) olarak adlanan bu mekanizma ile oluşmaz.

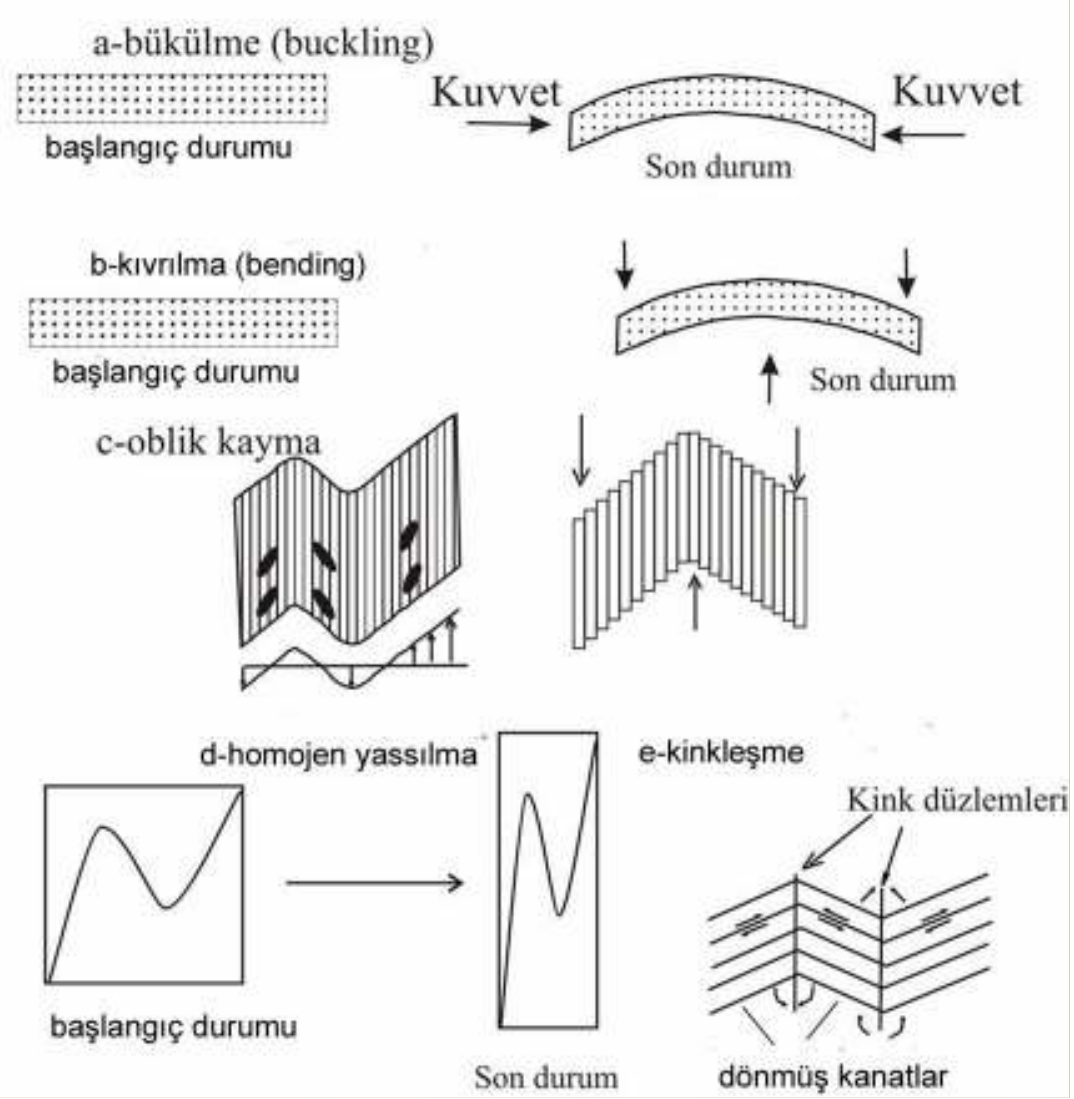
Bu mekanizmanın yanısıra, Kıvrılma (bending) olarak adlanan kıtasal kabuğun düşey hareketleri, kayma zonlarındaki differansiyel kayma veya taban yüzeylerindeki değişime bağlı kaymalar da kıvrım oluşturur.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Ana kıvrımlanma mekanizmaları

- 1-Bükülme (Şekil a)
- 2-Kıvrılma (Bending, Şekil b)
- 3-Oblik kayma (Şekil c)
- 4-Homojen yassılma (Şekil d)
- 5-Kinkleşme (Şekil e) oluşturur.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

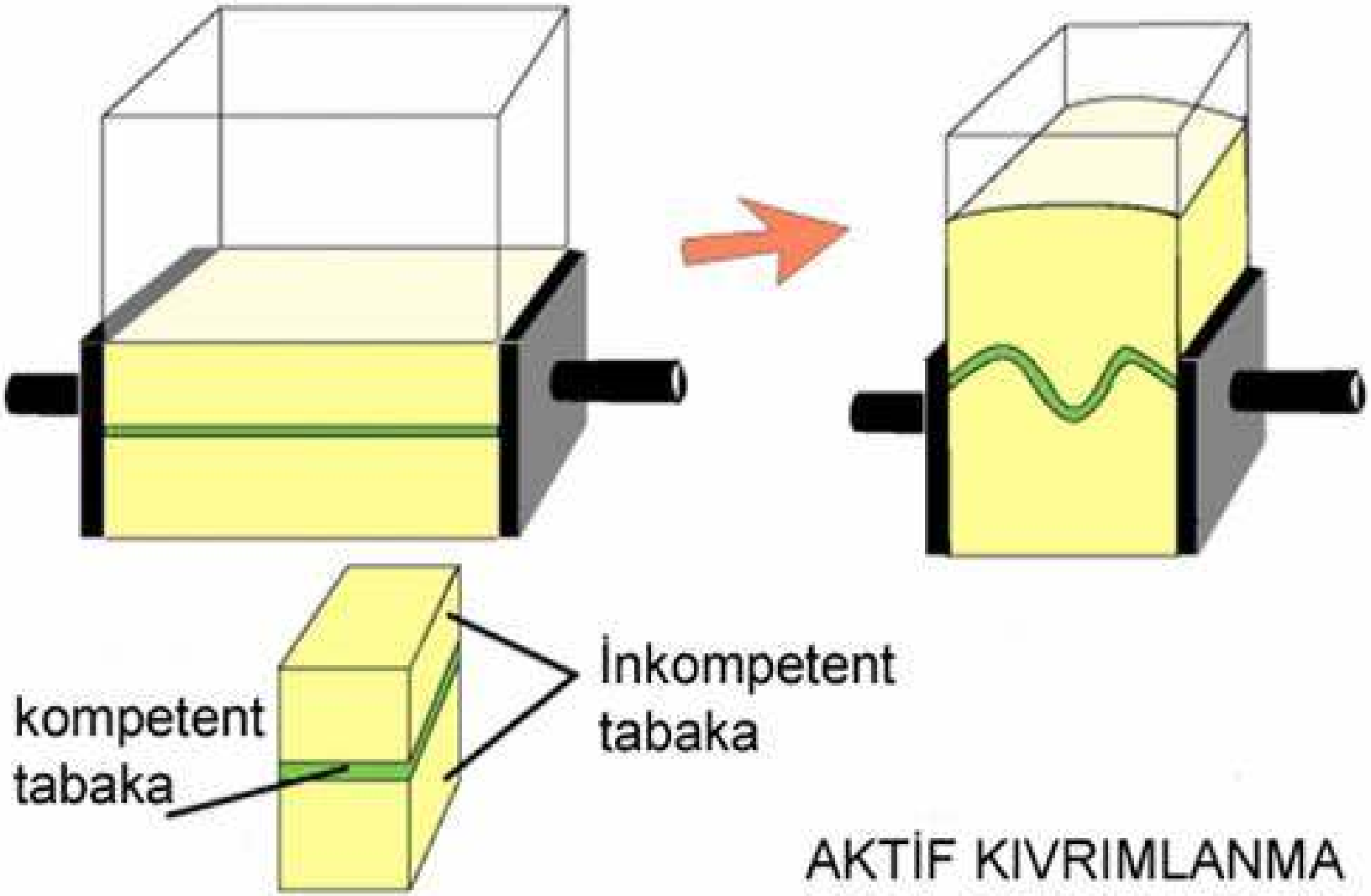
Yaşar EREN-2003

5.6.1.Bükülmeyle oluşan kıvrımlar (Buckling)

- Tabaka uzunluğuna parallel, sıkışmalarla oluşan kıvrımlara bükülme kıvrımları denir.
- Bu yolla oluşan kıvrımlar Sınıf 1B kıvrımlarıdır ve genellikle kompetent tabakalarda gelişir.
-

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

BÜKÜLME(BUCKLING)



AKTİF KIVRIMLANMA

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- **Bükülme kıvrımlarının dalga genişliği:** Bükülme esnasında elastik çubuklar üzerine yapılan deneylerde oluşan kıvrımların dalga genişliği aşağıdaki formülde ifade edilmiştir.
- E:Çubuğun Young modülü F:Yük(eksensel) I:Atalet momenti
- Eğer elastik levhanın kalınlığı h ise

$$W = \pi h \sqrt{\frac{E}{(1-\upsilon^2)F}} \ldots.\upsilon: poison..oranı$$

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Gözlemler yukarıdaki faktörlerden daha başka faktörlerin etkili olduğunu göstermektedir.
  - kabuğu oluşturan kayaçlar genellikle tane topluluklarından oluşmuştur. Özellikle kristalin silikatler çoğunluktadır.
  - Ayrıca biz kayaçların deformasyon esnasındaki reolojik özelliklerini de bilmiyoruz.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Bu nedenle kıvrımlanma esnasında kayaçların elastik özelliklerini kullanmak fazla gerçekçi bir model değildir.
  - Çünkü ideal elastik maddelerde, yük kaldırıldığında deformasyon geriye dönüşlüdür.
  - Ancak deforme kayaçlardaki biçim değişimi kalıcıdır.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Bu yüzden uygun bir model olarak lineer sıvı veya Newton sıvısını ele alabiliriz.
  - Lineer sıvılar uygulanan gerilmenin büyüklüğüne bağlı olarak akmaya uğrar ve büyük kalıcı deformasyonlar oluştururlar.

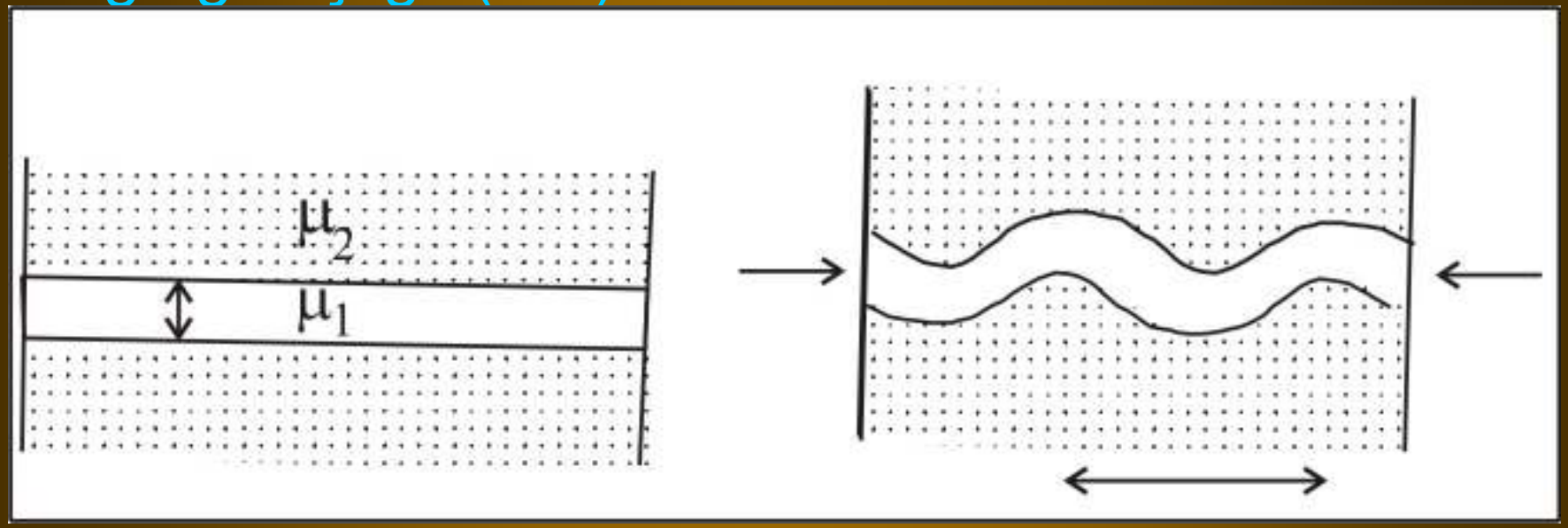
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Bunlarla beraber Biot (1961), kıvrımlanma mekanizması söz konusu olduğunda, kayaçlar bazı elastik özellikler gösterse de kıvrımlanma esnasında bunların gölgelendiğini belirtmektedir.
- Bu nedenle Biot (1961) ve Ramberg (1962) tabakalı viskoz materyallerin deformasyonunu deneysel olarak incelemişlerdir.

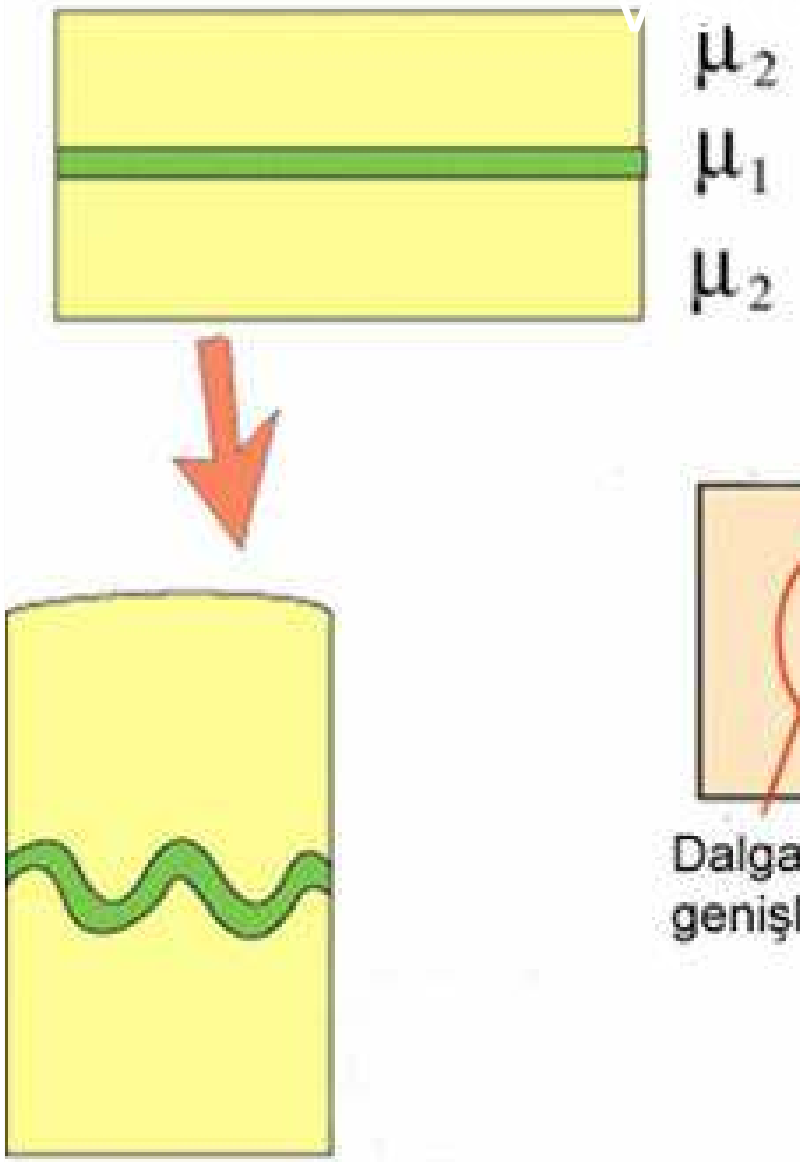
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

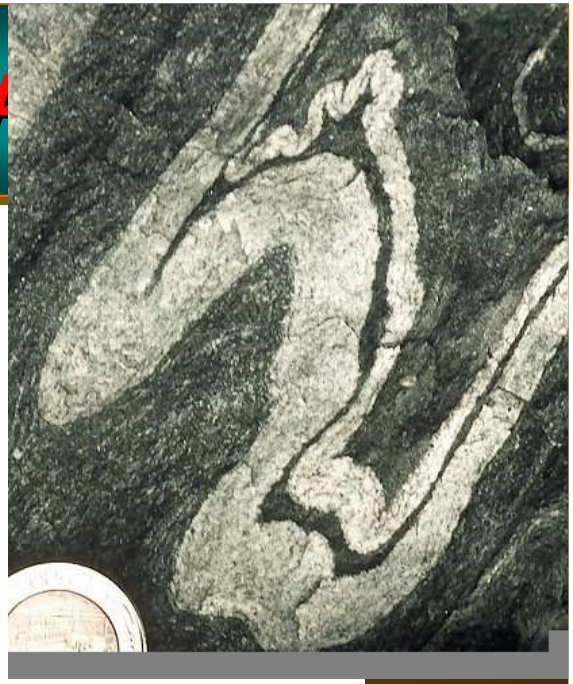
Yaşar EREN-2003

- Eğer viskozitesi μ_1, kalınlığı t olan bir materyal daha düşük viskoziteli (μ_2) malzeme içinde tabakalanmaya parallel sıkıştırılırsa, değişik dalga genişliğinde kıvrımlar oluşacaktır. Bu dalga genişliklerinden biri egemen olarak daha çabuk gelişir ve buna egemen dalga genişliği (Wd) denir .



•KIVRIMLANMA MEKANİZMA





$$\lambda = 2\pi t \sqrt[3]{\frac{\mu_1}{6\ \mu_2}}$$

Dalga genişliği

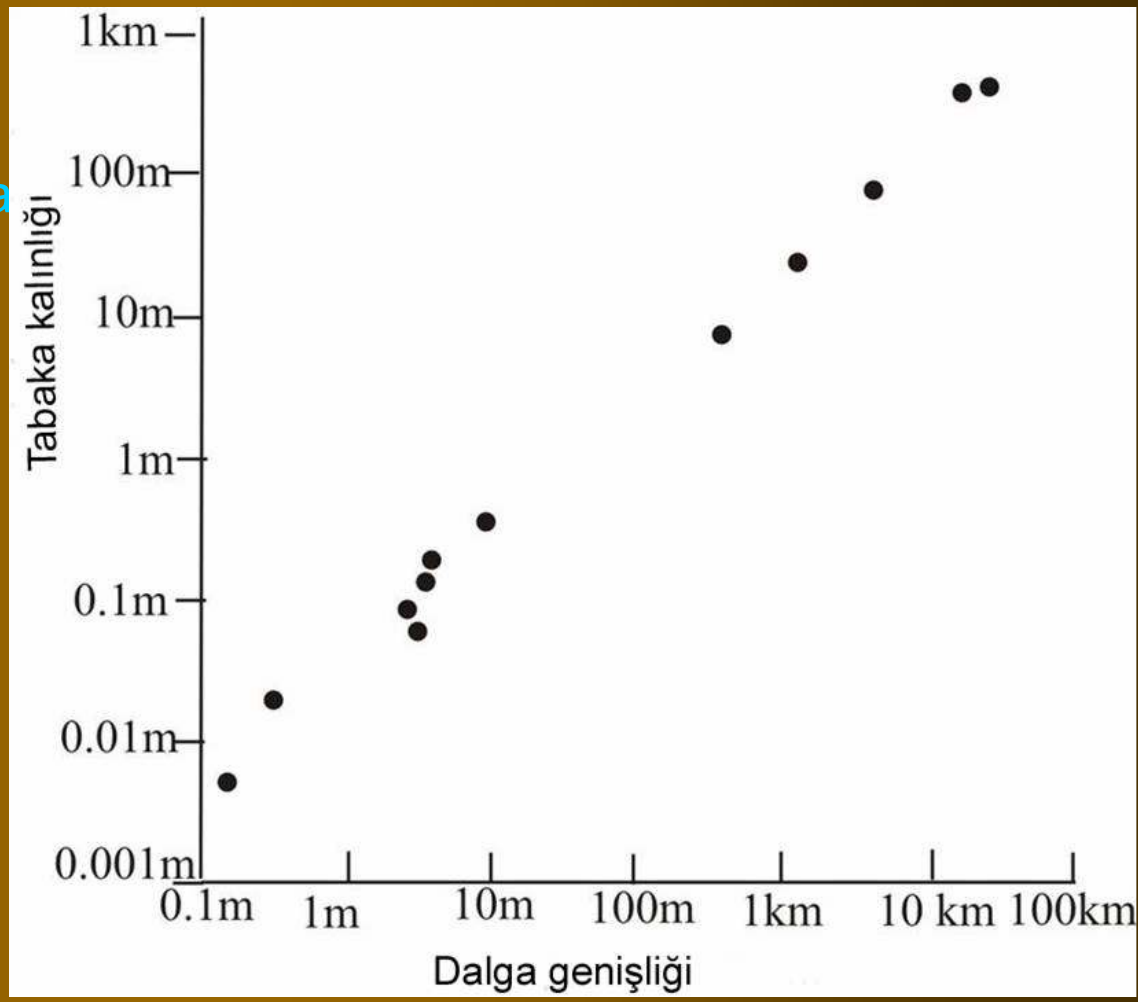
tabaka kalınlığı

viskozite farklılığı

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Yukarıdaki eşitliğe göre tabaka kalınlığı ve dalga genişliği arasında ilişki vardır. Mikroskopik kalınlıktaki düzeyler mikroskopik dalga genişliği, mostra ölçeği kalınlığındaki düzeyler mostra ölçeğinde, harita ölçeği kalınlığındaki düzeyler ise harita ölçeğinde dalga genişliğine sahip kıvrım oluşturacaktır



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Biot'a (1967) göre belirgin bir kıvrım-lanmanın oluşması için $\mu 1/\mu 2$ oranının 100'den büyük olması gerekir.
- Buna göre eğer bileşim farklı olsa bile, metamorfik şartlarda viskozite oranı yukarıdaki değeri vermiyorsa kayaçlarda kıvrımlanma gözlenmez

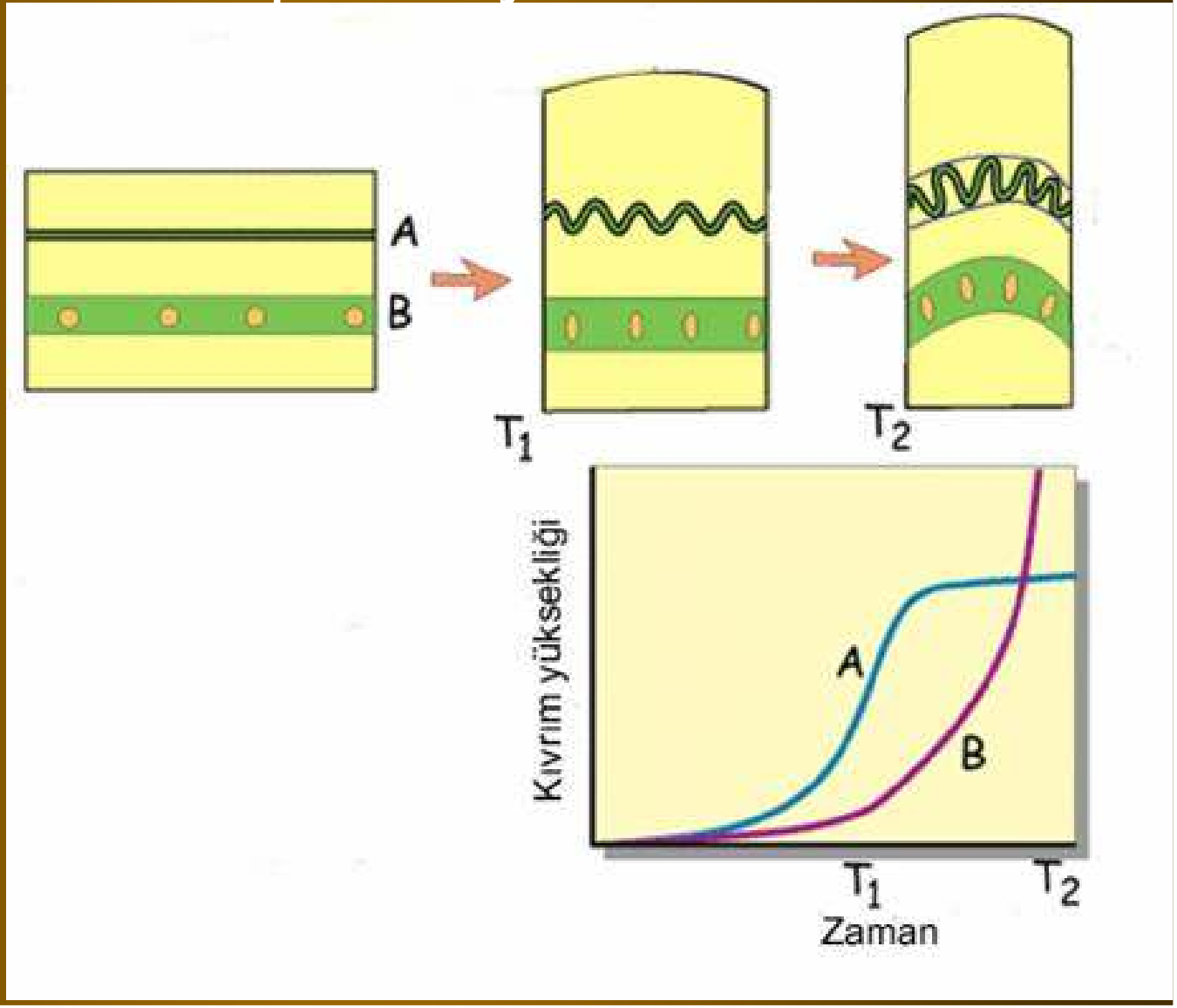
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?

Kıvrım amplifikasyonu

- Gelişmeye başladıktan sonra kıvrımlar hızlı bir şekilde büyür



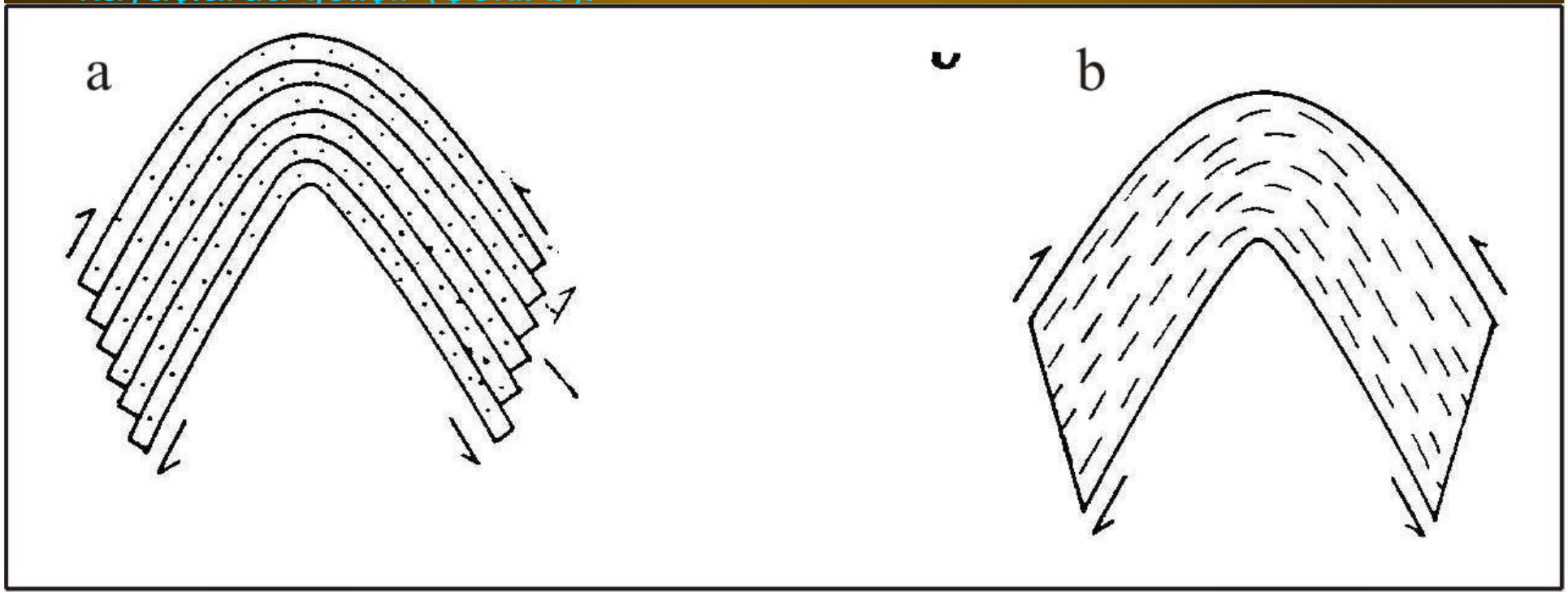
5.6.1.1.Bükülme kıvrım çeşitleri

- Bir çok sedimanter istif iyi tabakalanmalıdır. Tabakalanma içsel deformasyonun tipini belirler.
- Herbir tabaka bükülür ve dıştaki tabakalar alttaki tabakalara göre yukarıya doğru hareket eder (kıvrım eksenine doğru) .
- Bu kıvrımlar parallel kıvrım geometrilidir (Sınıf 1B) ve **Fleksürel kayma** (fleksurel-slip) kıvrımları olarak adlandırılır .

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

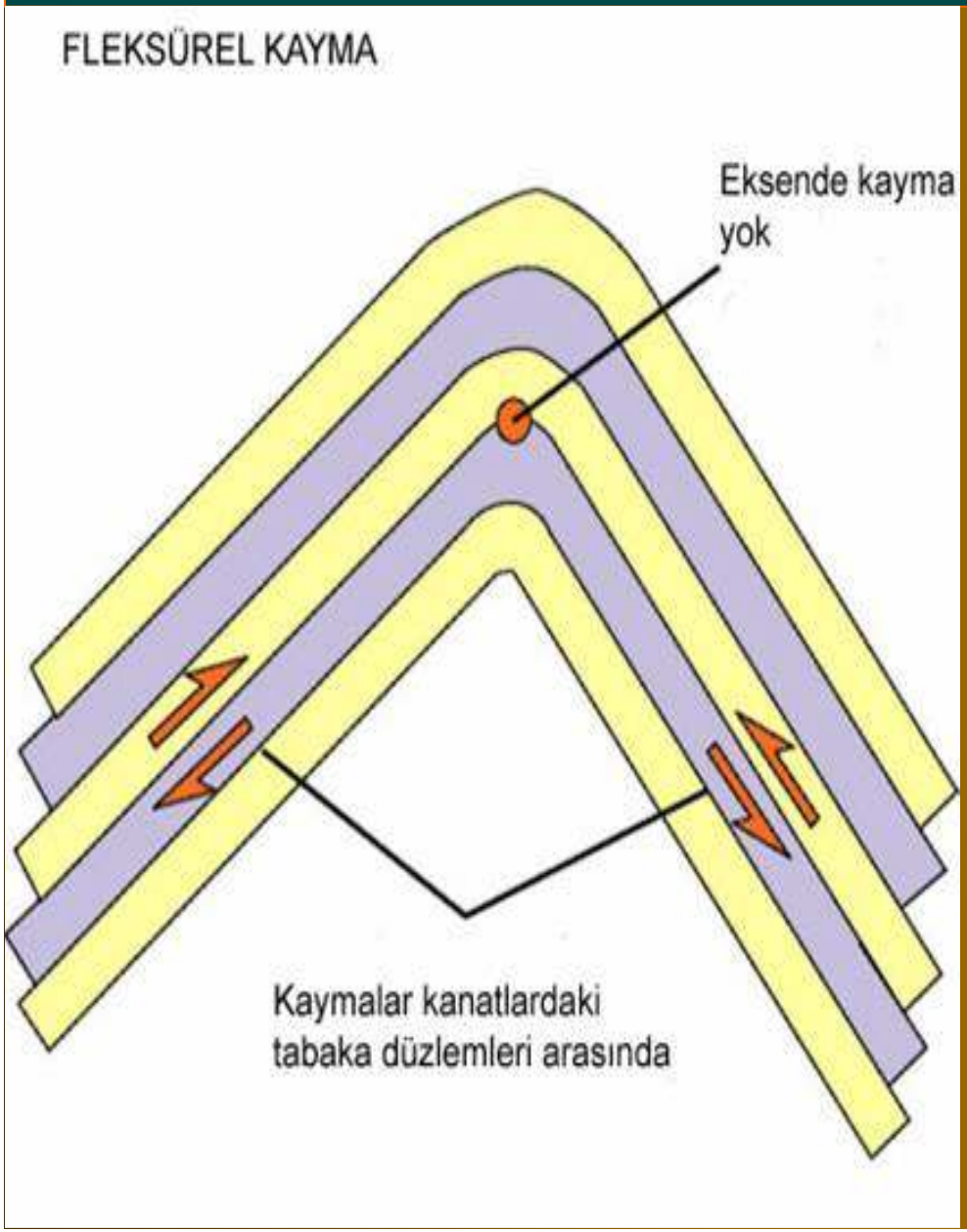
Yaşar EREN-2003

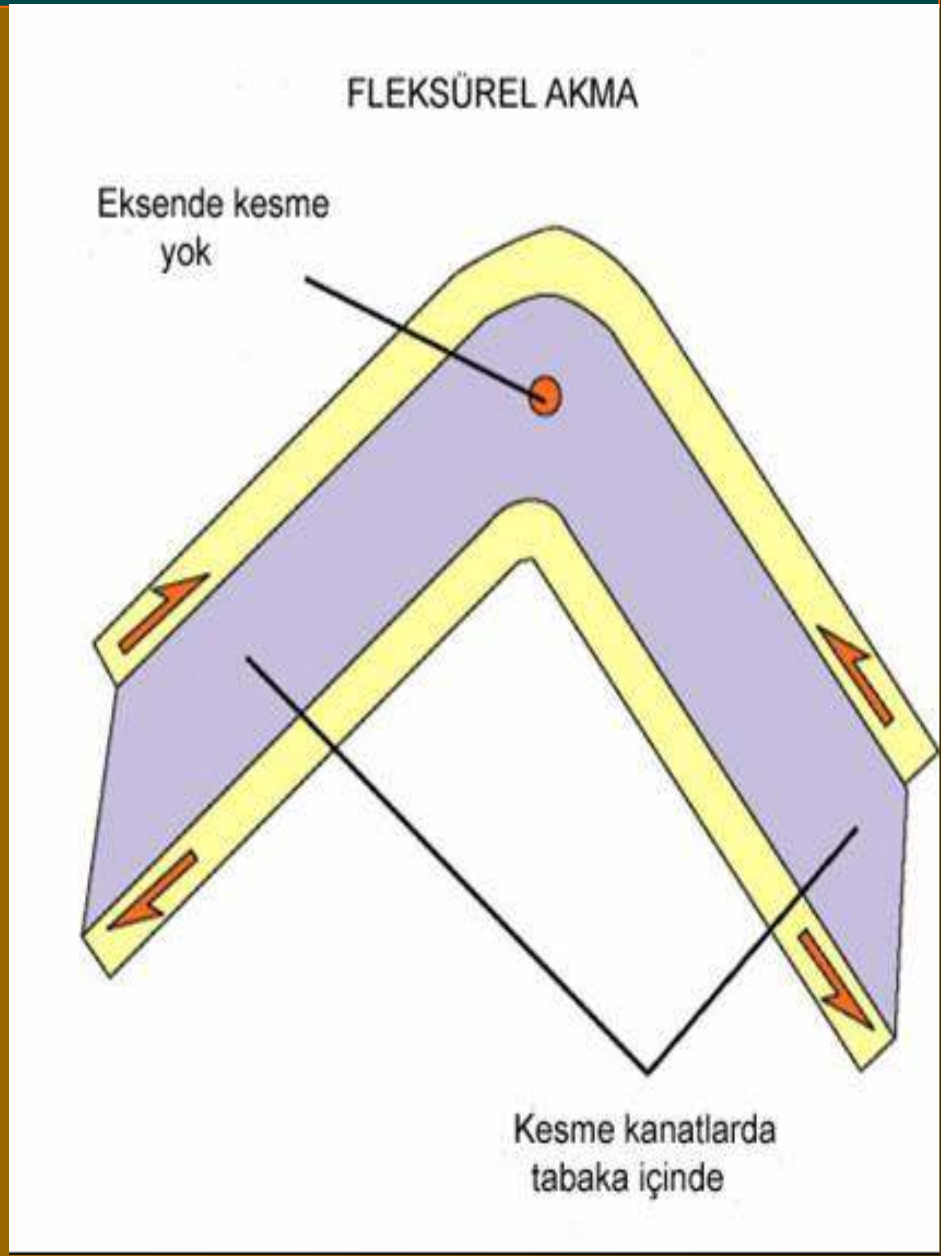
- **Fleksürel kayma:** Eğer kayma (kesme) hareketleri tabaka merkezinden ziyade tabaka yüzeylerinde yoğunlaşırsa fleksürel kayma kıvrımları oluşur. Bu tip kıvrımlar çok belirgin tabakalanmalı ve çok fazla tabaka içeren istiflerde gözlenir (Şekil a).
- **fleksürel akma**(fleksurel-flow, fleksurel-shear): Bu tip kıvrımlanmada basit kayma deformasyonu tabaka boyunca homojen olarak dağılır. Fleksürel akma kıvrımları şeyl gibi sık-düze uniform bir düzlemsel doku içeren kayaçlarda gelişir (Şekil b).



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

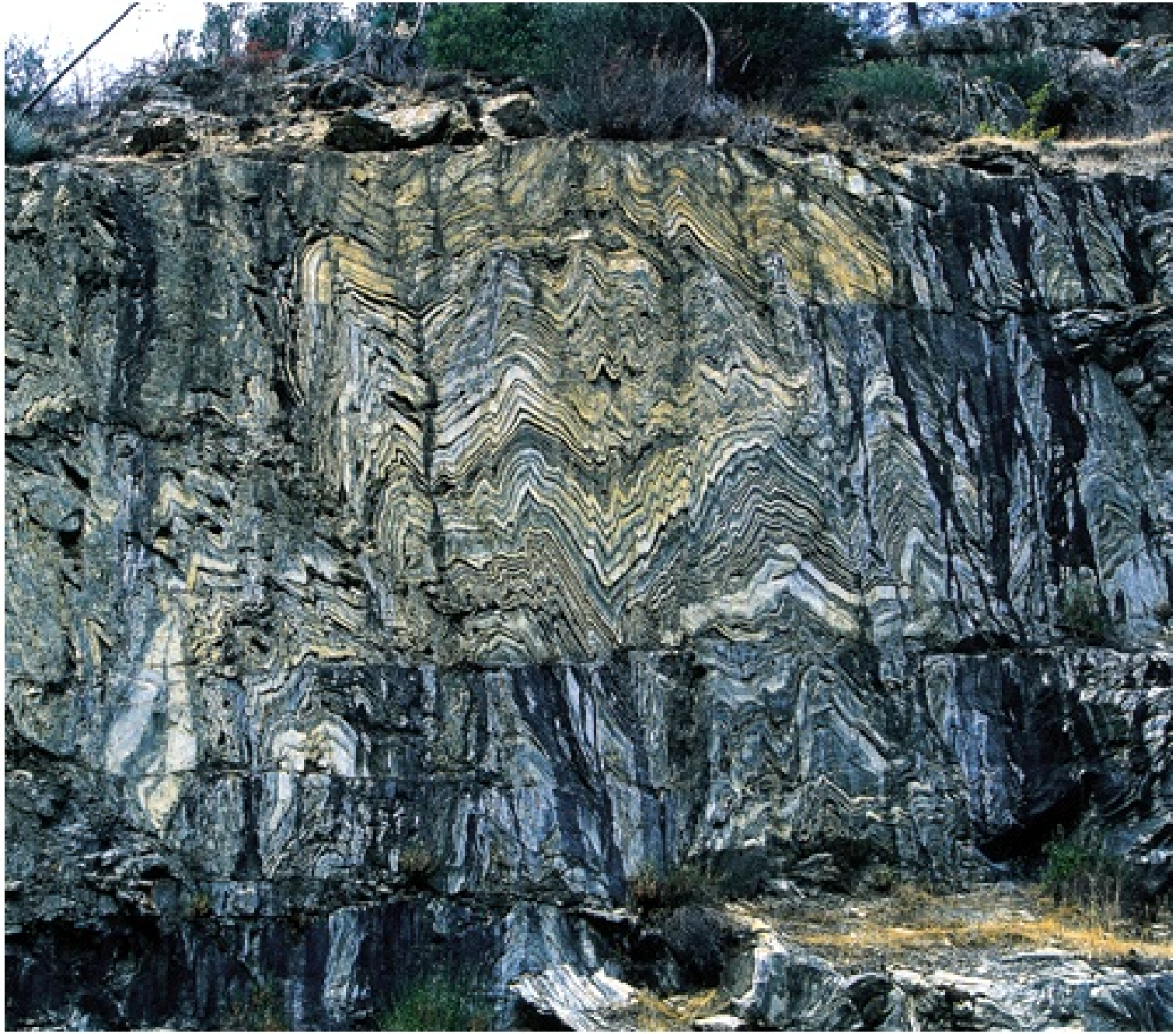




•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Fleksürel kayma kıvrımları



RI

Yaşar EREN-2003

Fleksürel kayma kıvrımları

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

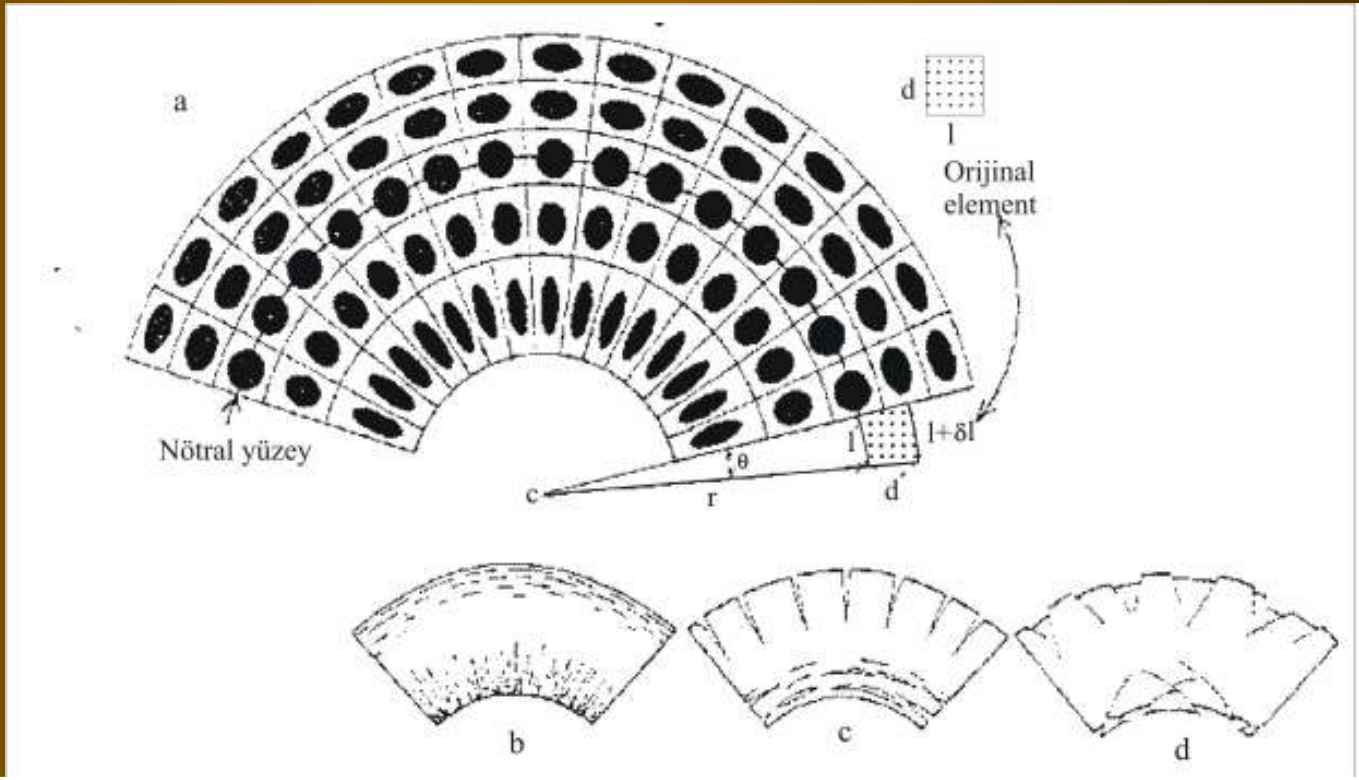
Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

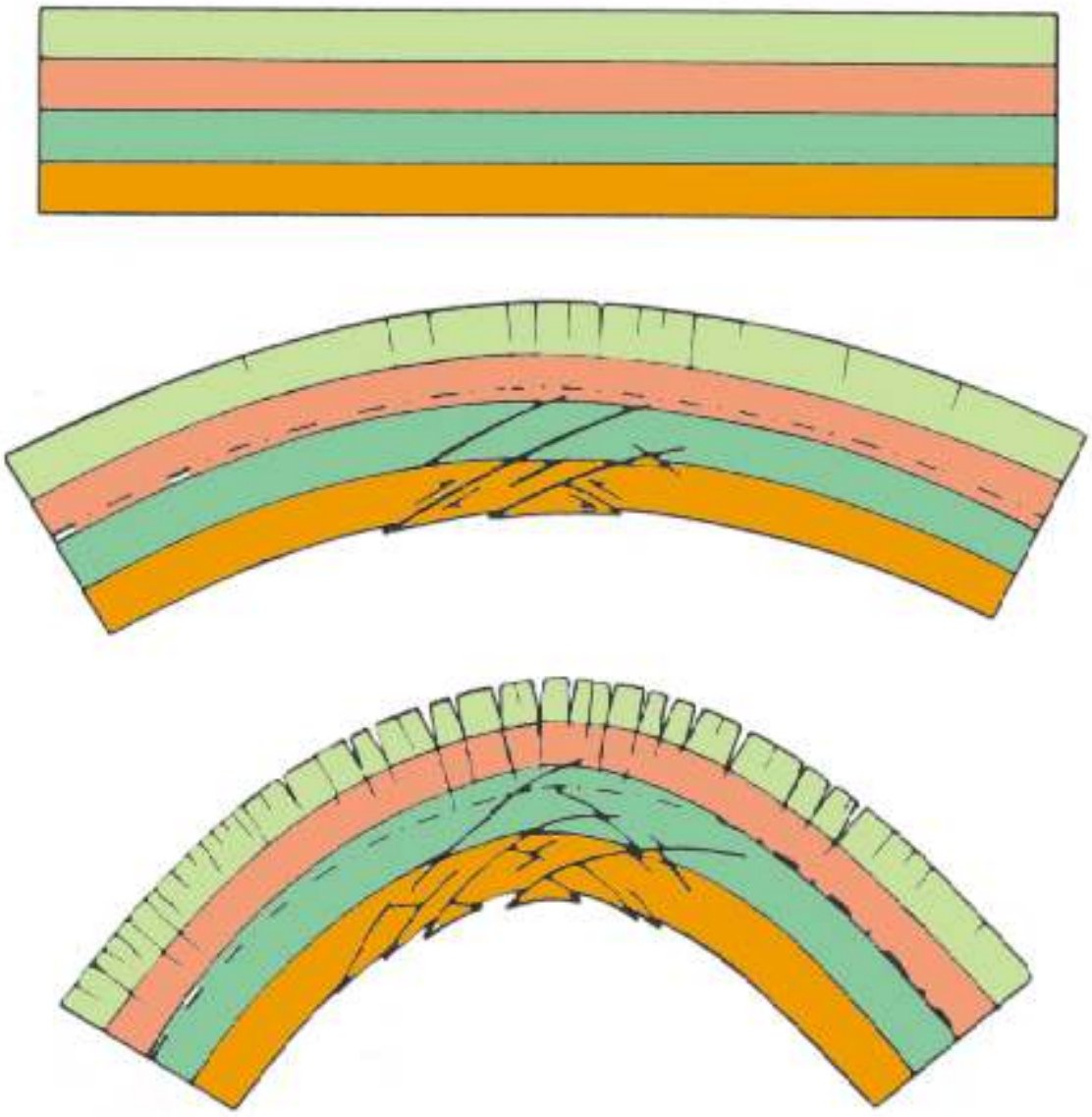
Bükülme (teğetsel boyuna deformasyon):

- Bu kıvrımlanma mekanizmasında, kıvrımın dış yayı ekstensiyona (uzamaya), iç yaydaki tabakalar ise sıkışmaya (kısalmaya) uğrar. Bu iki seviye arasında boy değişiminin olmadığı nötral yüzey bulunur. Deformasyon esnasında tabakalanmaya parallel ve dik olarak çizilmiş doğrular, deformasyondan sonra da dik kalırlar.



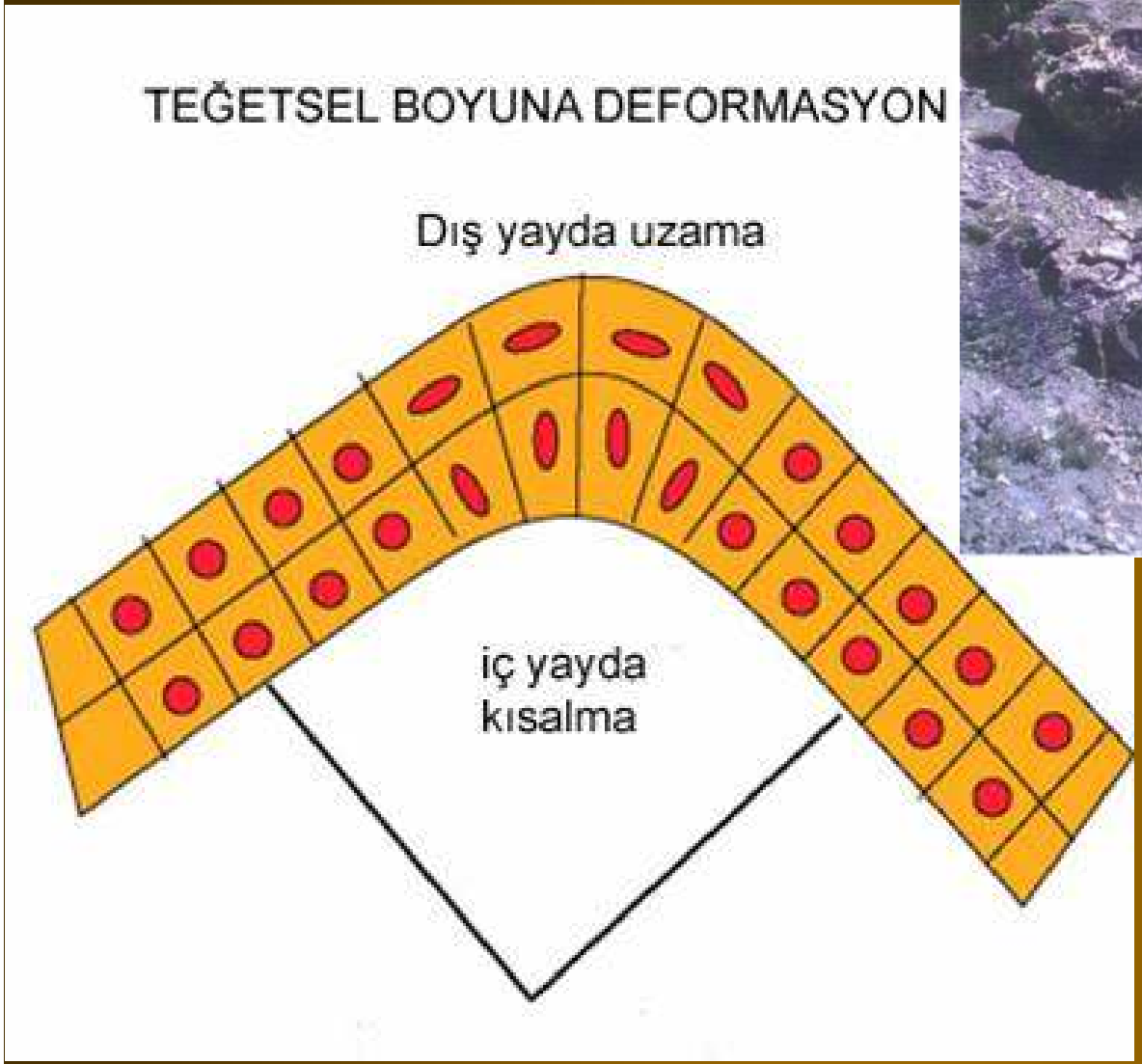
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

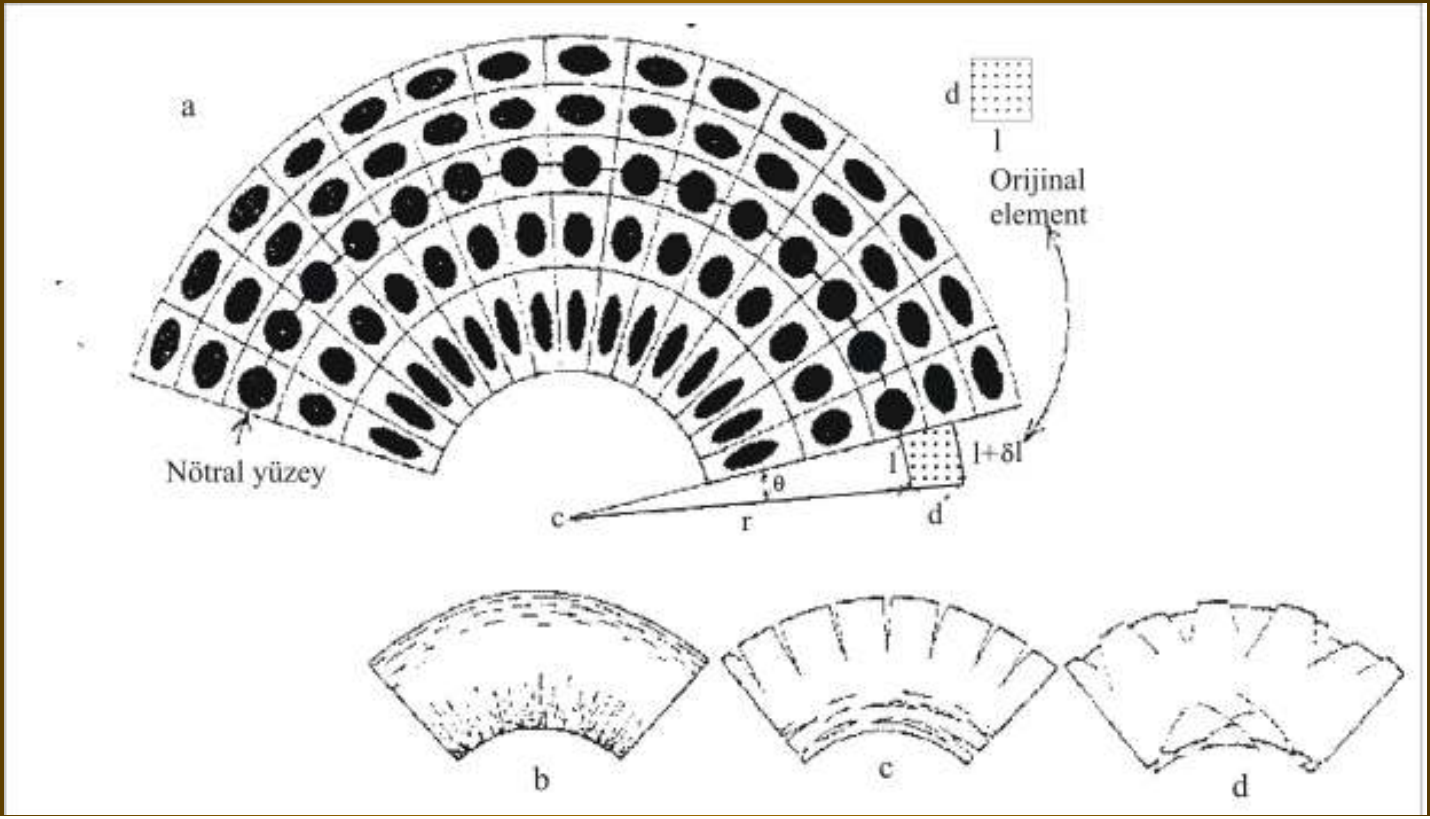
Yaşar EREN-2003



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

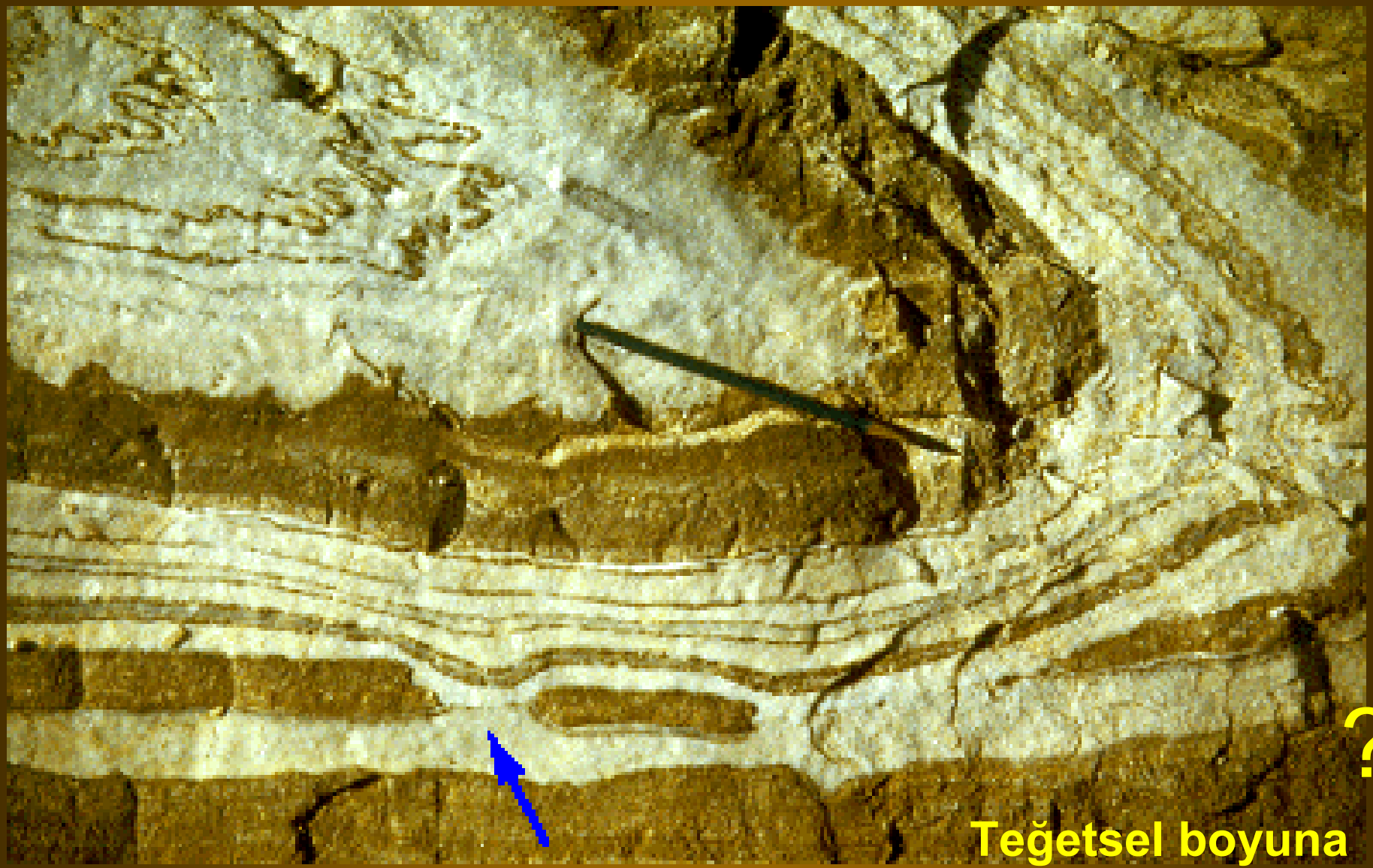
Yaşar EREN-2003

- Genellikle çok kalın tabakalı veya tabakalanmasız istiflerde gelişirler
- Dış yayda tansiyonel, iç yayda ise kesişen kayma yüzeyleri gelişir.
- Yapıların özelliği deformasyonun durumuna bağlıdır.
  - Deformasyon sünümlüyse, iç yayda eksen etrafında sleyti klivajı ve tabakalanmaya yarı-parallel tansiyon çatlakları,
  - Deformasyon sünümlü değilse kesişen kayma yüzeyleri ve bindirmeler oluşur



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



?

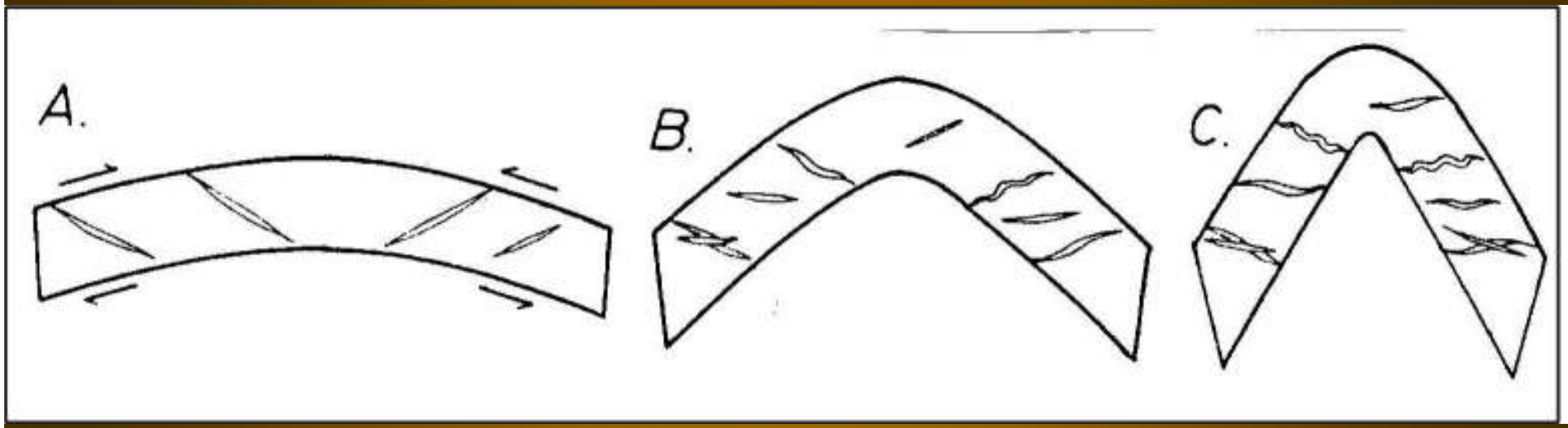
Teğetsel boyuna deformasyon

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

fleksürel kıvrımlarda gelişecek yapılar

- 1-Kademeli tansiyon çatlakları
-



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

2-Kıvrım kanadında maksimum kısalma yönüne dik sleyti kivajı

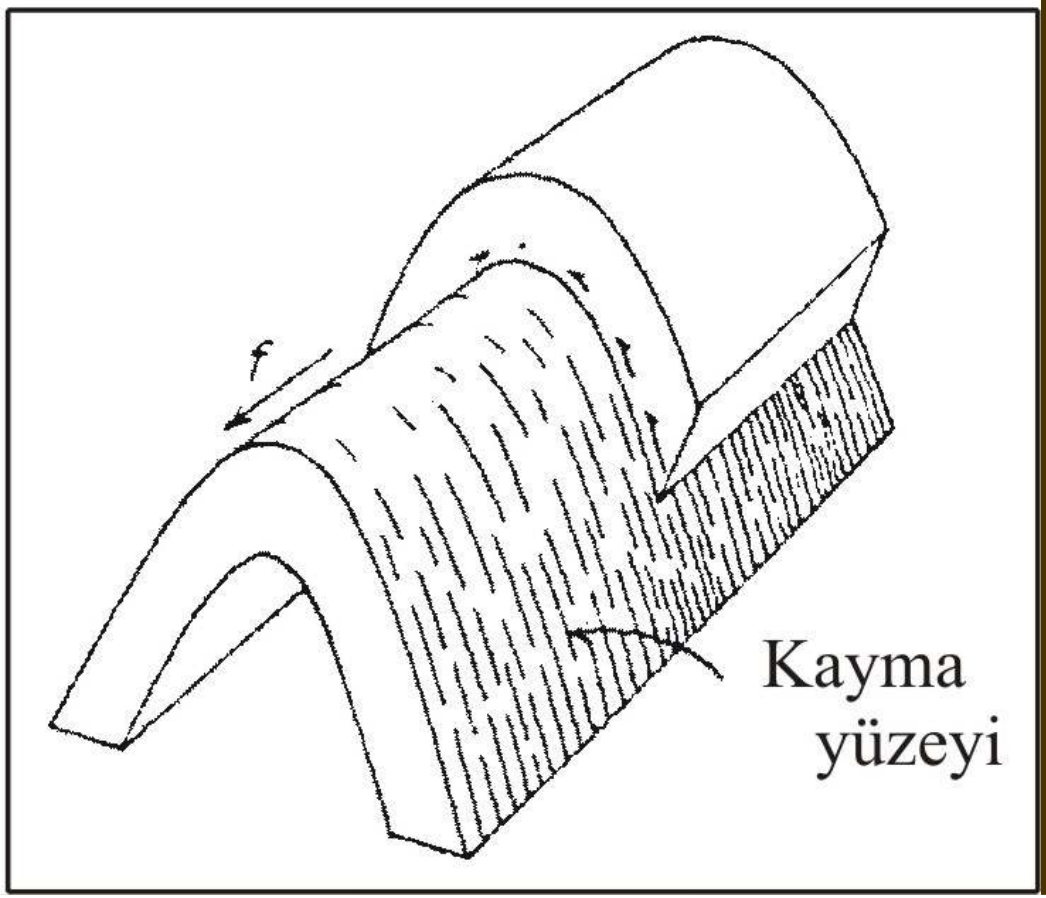
•

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

3-Tabaka düzlemi bindirmeleri:

- Kıvrım kanatlarında kalın tabakalarda daha belirgindir. Tabaka yüzeylerinde kayma çizikleri izlenir.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

4-Kalın tabakalı kayaçlarda, tabakalanma yüzeyine parallel kayma düzlemleri

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

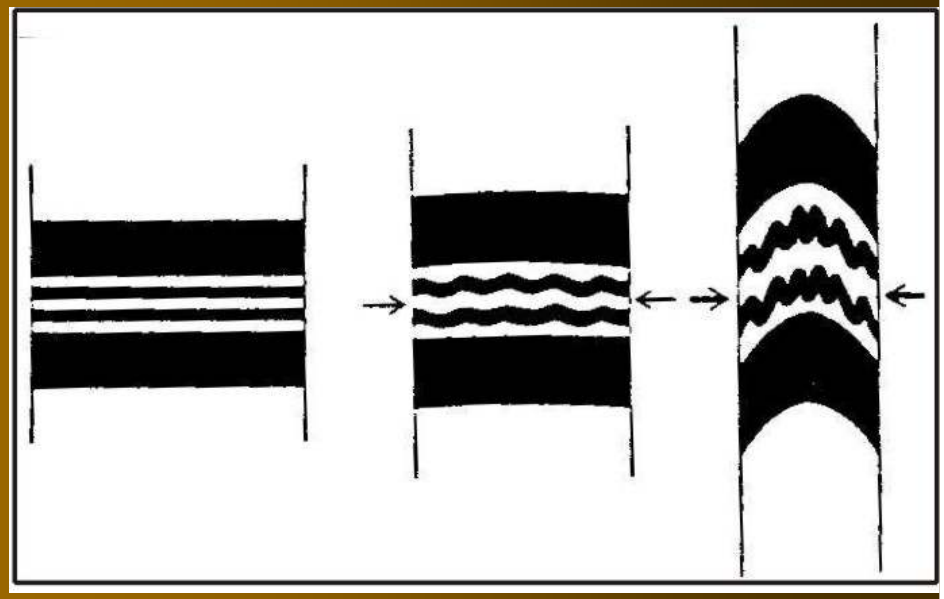
5-Parazitik kıvrımlar

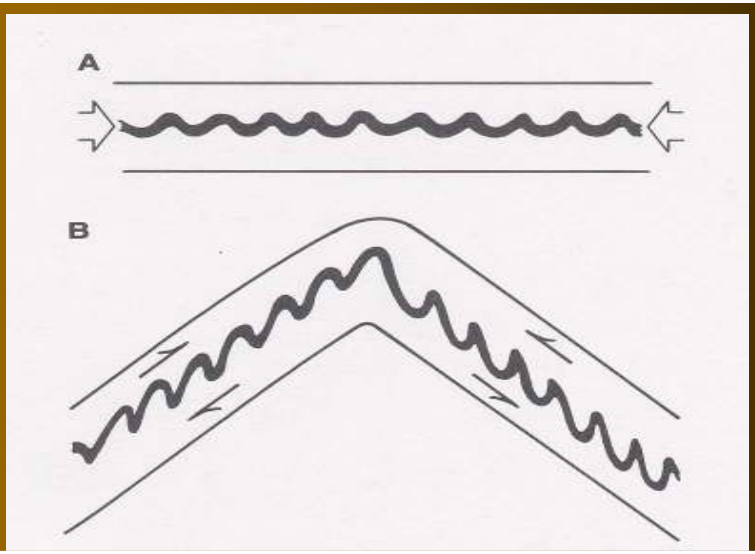
- Fleksürel kayma kıvrımlarında boy değişimi hesaplanabilir. Fleksürel kayma modeli ile asimetrik küçük kıvrımların oluştuğu belirtilerek bunlara sürüme kıvrımları adı verilmiştir (drag folds, Leith 1923, Billings 1963).
- De Sitter (1964) ise bu kıvrımların, fleksürel kayma modeli ile oluşmuşsa eksene doğru sönümlenmesi gerektiğini belirtmiştir.
- Oysa pratikte asimetrik kıvrımlar eksene doğru simetrik kıvrıma dönüşmekte ve eksen bölgesinde de bu kıvrımlar gözlenmektedir.
- Eksen bölgesinde izlenen simetrik kıvrımlar, bu mekanizmada eksende kayma olamıyacağı için, tabaka boyunca kayma ile açıklanamaz. Bu nedenle De Sitter bunları parazitik kıvrımlar olarak adlandırmış ve bu kıvrımların hem kanatlarda hem de eksende kompetent tabaka boyunca etkiyen sıkışmalarla oluştuğunu belirtmiştir.
-

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Parazit kıvrımların bir kısmı da, başlangıçta oluşan simetrik kıvrımların deformasyonun daha ileri evrelerinde, daha büyük dalga genişliğindeki kıvrımların oluşumu ile şekil değiştirmesi sonucu oluşabilir (Ramberg 1963).





KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

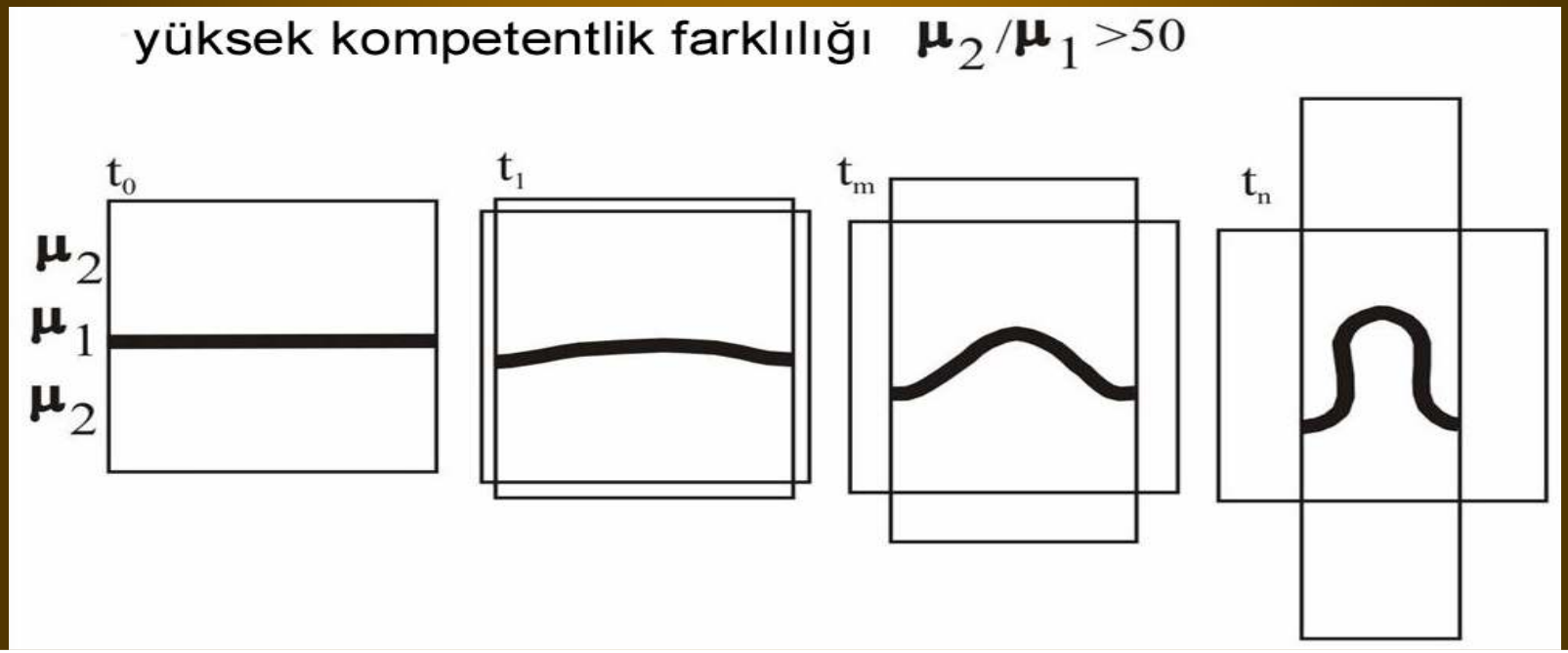
5.6.1.2.Kıvrım mekaniği

- Bükülme genellikle, başlangıçta bir sinüs eğrisine benzer. Kıvrım ilerledikçe, bükülen tabaka bu şekilden uzaklaşır. Oluşacak şekil dört etkene bağlıdır.
- 1-Başlangıçtaki dalga boyu-tabaka kalınlığı oranına (W/t).
- 2- Matriks içinde tek tabaka veya birden fazla kompetent tabakanın varlığına. Istif çok tabakalıysa kompetent tabakaların birbirine yakınlığına ve viskozitelerine
- 3-Kıvrım oluşumu esnasında kayaçların reolojik özelliklerine ve bunun değişimine
- 4-Kıvrımlanma esnasındaki fiziksel ortama
- Matriks içinde tekbir kompetent tabaka olması durumunda, kompetentlik farklılığına göre farklı kıvrımlar gelişecektir.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

a-yüksek kompetentlik farklılığı:μ1/μ2>50

- Başlangıçta büyük dalga boyunda kıvrım oluşur. tabakalanmaya parallel kısalma yoktur.
- Deformasyon ilerledikçe kıvrım yüksekliği artar.
- Daha fazla kısalma ile kıvrım kanatları dönmeye uğrar.
- Kanatların dönme açısı 90o yi geçebilir ve tipik pitigmatik yapı (elastika) oluşur
- 

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Bahçecik-Konya

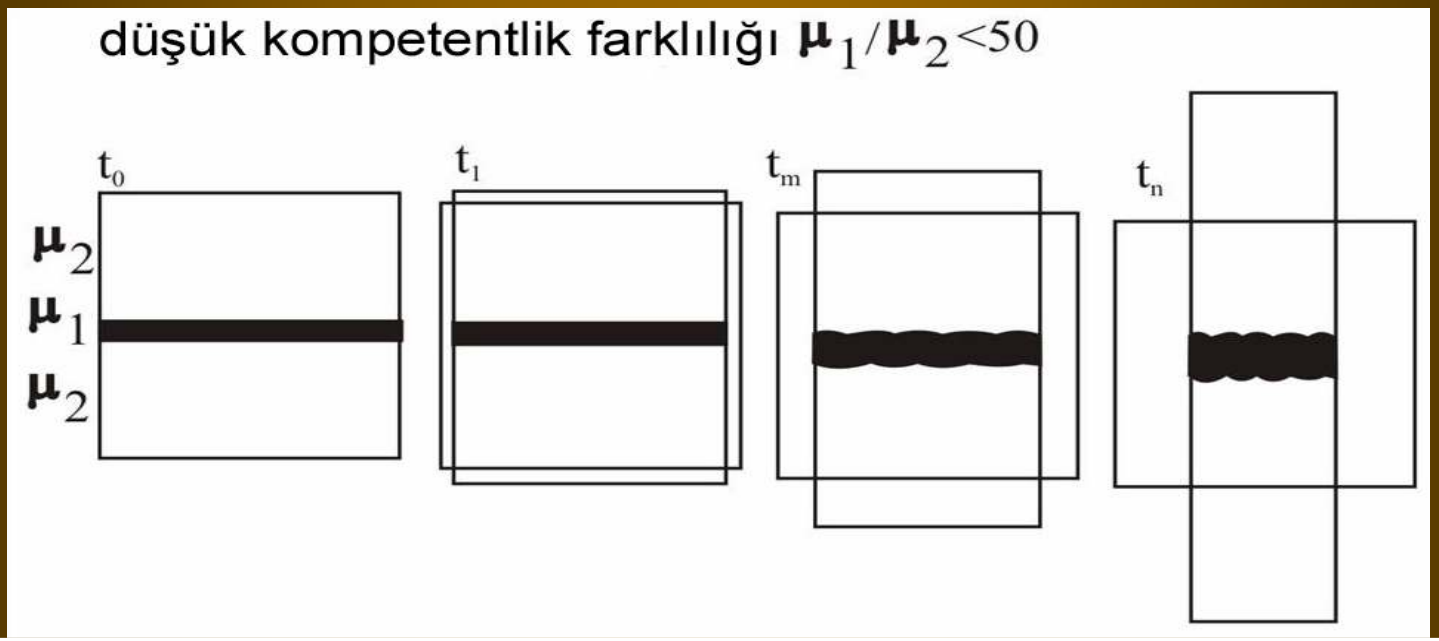
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

b-Düşük kompetentlik farklılığı: μ1/μ2<10

- Kıvrımın yüksekliği çok az artar.
- Sıkışma tabakalanmaya parallel kısalmayla karşılanır.
- Kompetentlik farklılığı ne kadar azsa tabakalanmaya parallel kısalma o kadar fazla olacaktır.
- μ1=μ2 ise kıvrımlanma yoktur. Artan kısalmayla beraber tabaka kalınlığı artar, fakat dereceli olarak kıvrımın yüksekliği de artar.
- Bu evrede ptigmatik yapı yerine kasp-lob yapısı oluşur
- 

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Düşük dereceli metamorfik şartlarda

Yeşilşist ve düşük amfibolit fasiyesi

En kompetent

Dolomit
Arkoz
kuvarslı kumtaşı
Grovak
Iri taneli kireçtaşı
Ince taneli kireçtaşı
Silttaşı
Marn
Şeyl
Anhidrit
Tuz

Metabazaltik kayaçlar
Iri taneli granitik kayaçlar
Ince taneli granitik kayaçlar
Kuvars-feldispat,mikalı gnays
Kuvarsit
Mermer
Mikaşist

Enaz kompetent

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

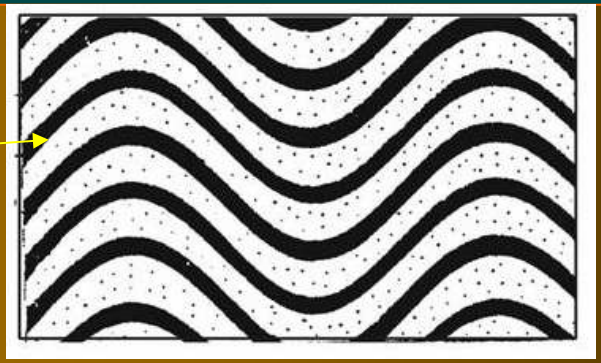
Çok tabakalı istiflerde kıvrımlanma

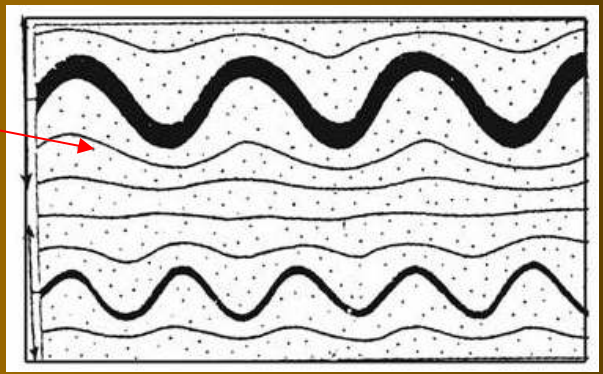
- Çok tabakalı istiflerde kıvrım geometrisini etkileyen faktörler
  - 1-Tabakaların bileşimi ve her bir kayaç tipinin reolojik özellikleri
  - 2-Kıvrım oluşumu esnasında basınç ve sıcaklık şartlarının değişimine bağlı olarak, kayaçların reolojik özelliklerinin değişimi
  - 3-Deformasyon esnasında minerallerin yönelim kazanması
  - 4-Tabakalar arasındaki arayüzeyin mekanik özellikleri
  - 5-Kayaç istifinde, her bir tabakanın kalınlığı ve değişik tip kayaçların birbirleriyle gruplaşma özelliği
  - 6-Kayaç birimlerinin sınır özellikleri

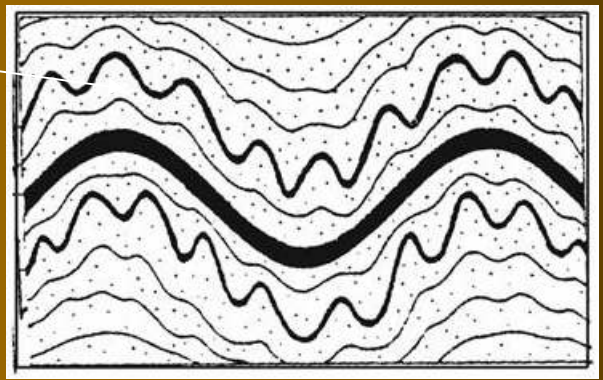
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Kompetent tabakalar birbirini etkleyecek yakınlıkta iseler tek bir tabaka gibi davranırlar ve harmonik kıvrımlar oluşur.
- Kıvrımlanma esnasında kompetent tabakalar arasındaki mesafe fazla ise, kıvrımlar birbirini etkilemeyecek ve disharmonik kıvrımlar oluşur.
- Değişik kalınlıkta ve değişik kompetentlik farkı olan kayaçlar yakın mesafede iseler, daha büyük dalga boylu kıvrımlar daha küçük dalga boylu kıvrımlar üzerine eklenecek ve poliharmonik kıvrımlar oluşacaktır.
- Viskozite farklılığı, istiflenme mesafesi ve tabaka kalınlığı harmonik veya disharmonik kıvrımların oluşumunda etkendir







RI

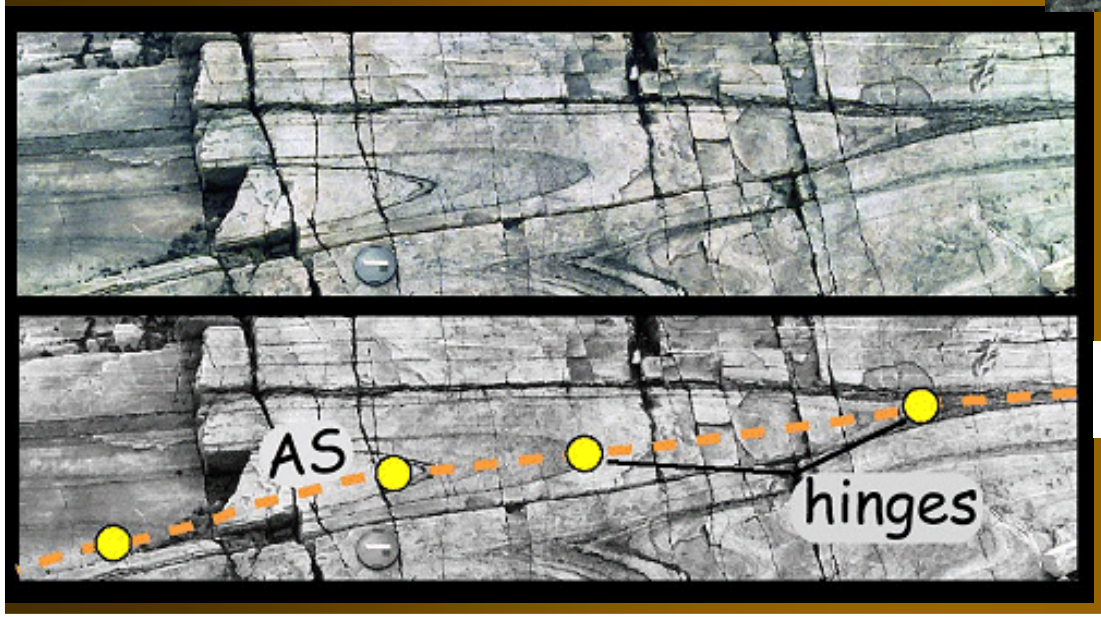
Yaşar EREN-2003

?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

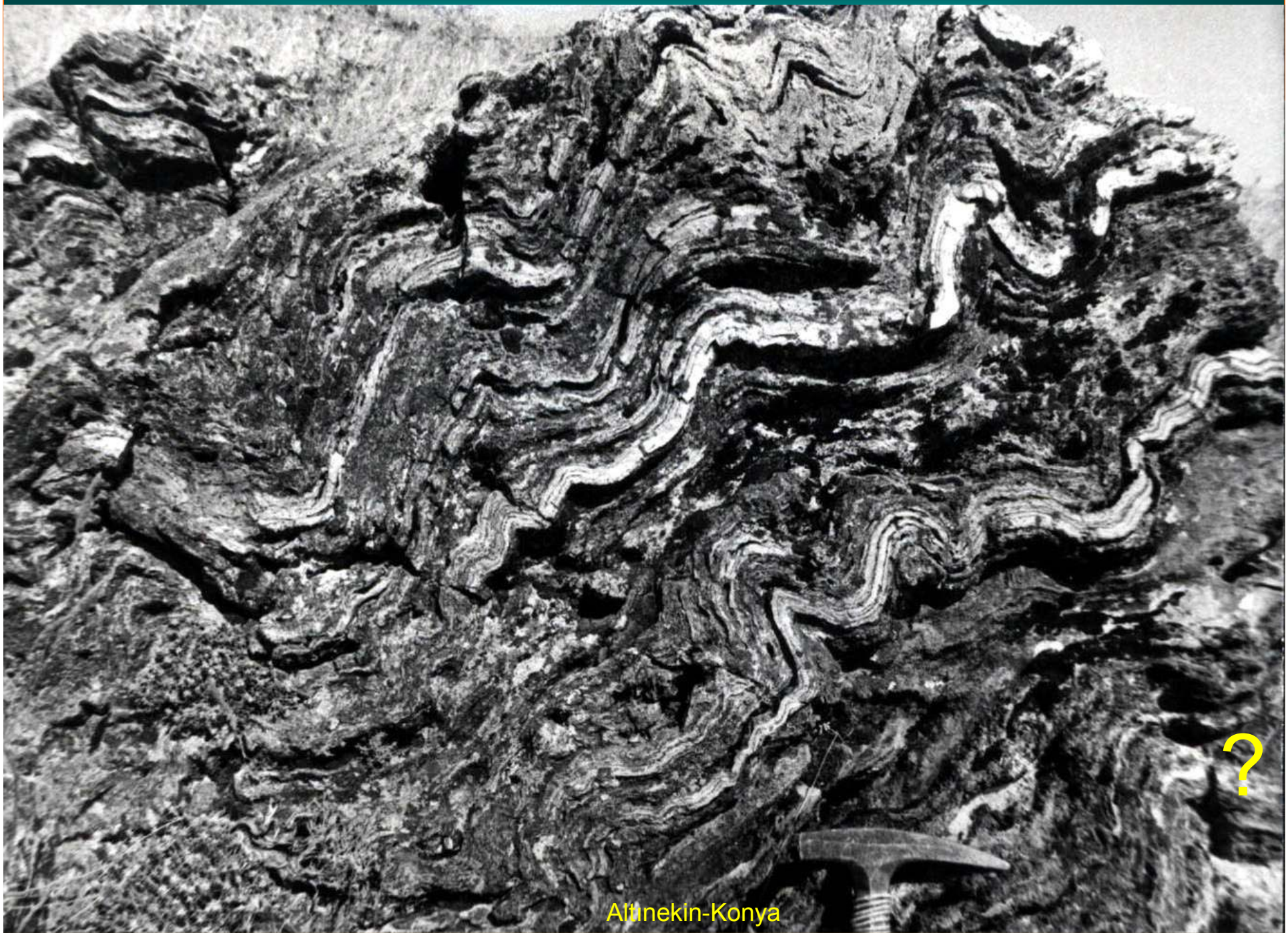
Yaşar EREN-2003

disharmonik



harmonik

Altınekin-Konya


?
Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

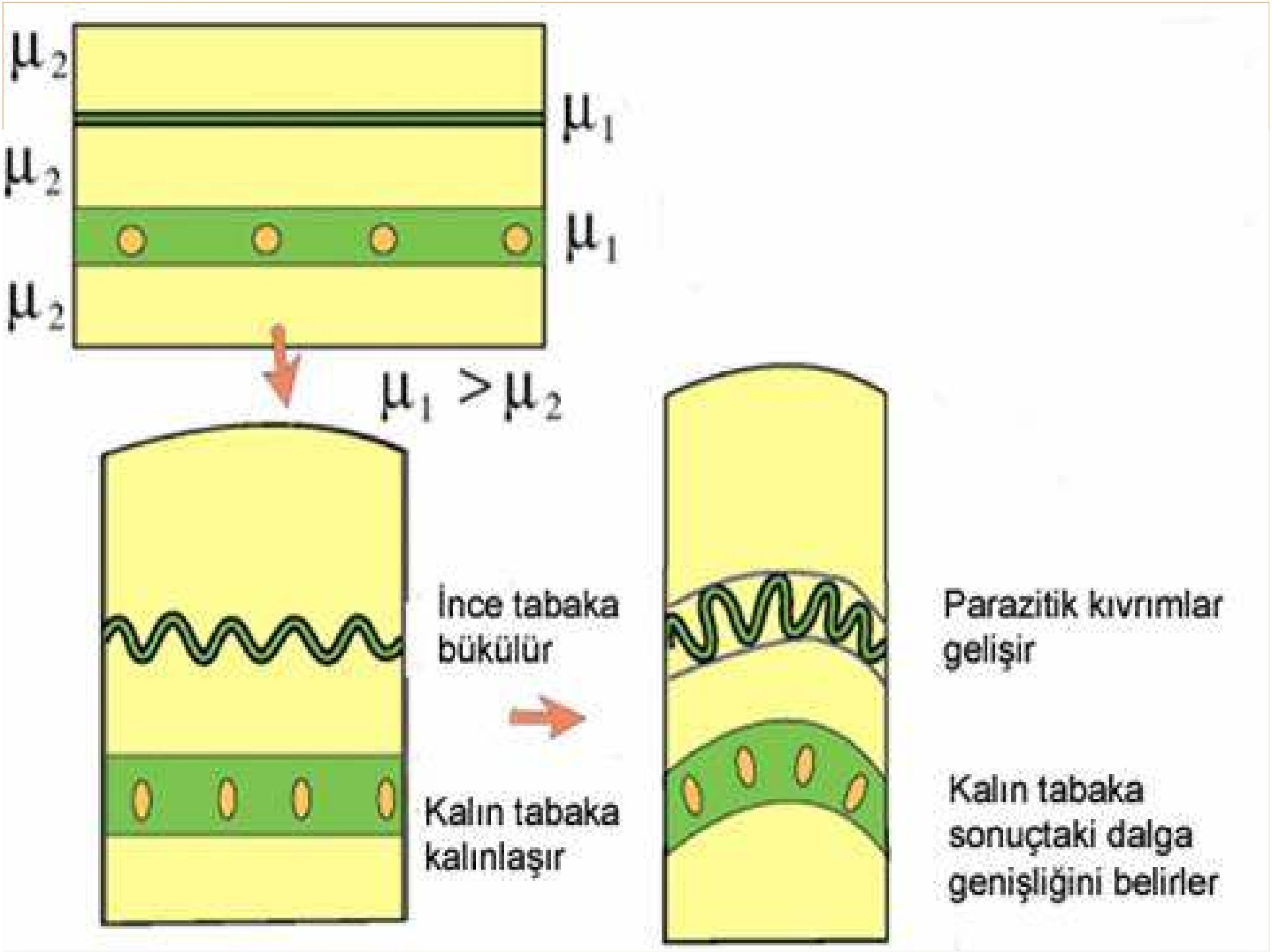
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

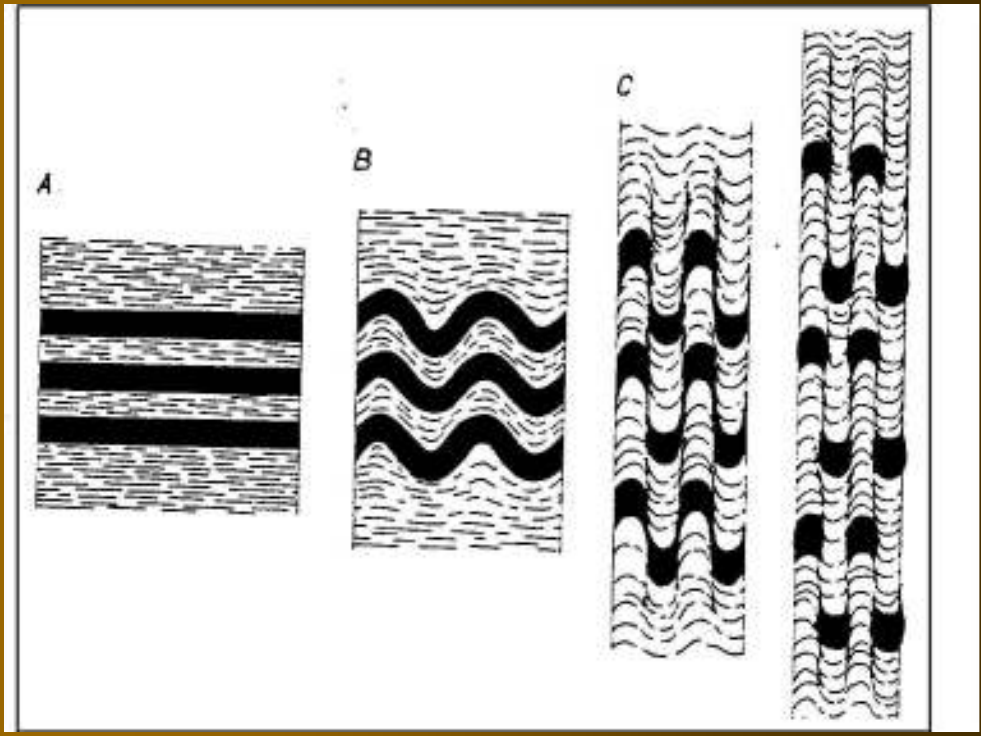
?


μ_2
μ_1
μ_2
μ_1
μ_2
$\mu_1 > \mu_2$
İnce tabaka bükülür
Kalın tabaka kalınlaşır
Parazitik kıvrımlar gelişir
Kalın tabaka sonuçtaki dalga genişliğini belirler

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Kıvrımlanma ilerledikçe çevredeki inkompetent malzemeyi sıkıştırır ve yer değiştirtirir.
- Kıvrımın daha ileri evrelerinde deformasyonla eksenler birbirinden uzaklaşmaya başlar.
- İki eksen arasında bükülmüş tabaka düzleşebilir ve şevron kıvrım oluşabilir.
- Sıkışma devam ettiğinde kanatlar uzar, eksenler arasındaki mesafe artar. Ve kanat boyunca süreksizlik veya kayma zonları oluşabilir.
- Bu süreçte kayaç, birbirine parallel dilimlere ayrılarak mikroliton yapısı oluşur. Mikrolitonun genişliği kompetent tabakanın kalınlığına bağlıdır. Kalın tabakalarda daha geniştir. Kalın tabakadan ince tabakaya doğru takip edildiğinde mikroliton daha ince bölümlere ayrılır.



•K ARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

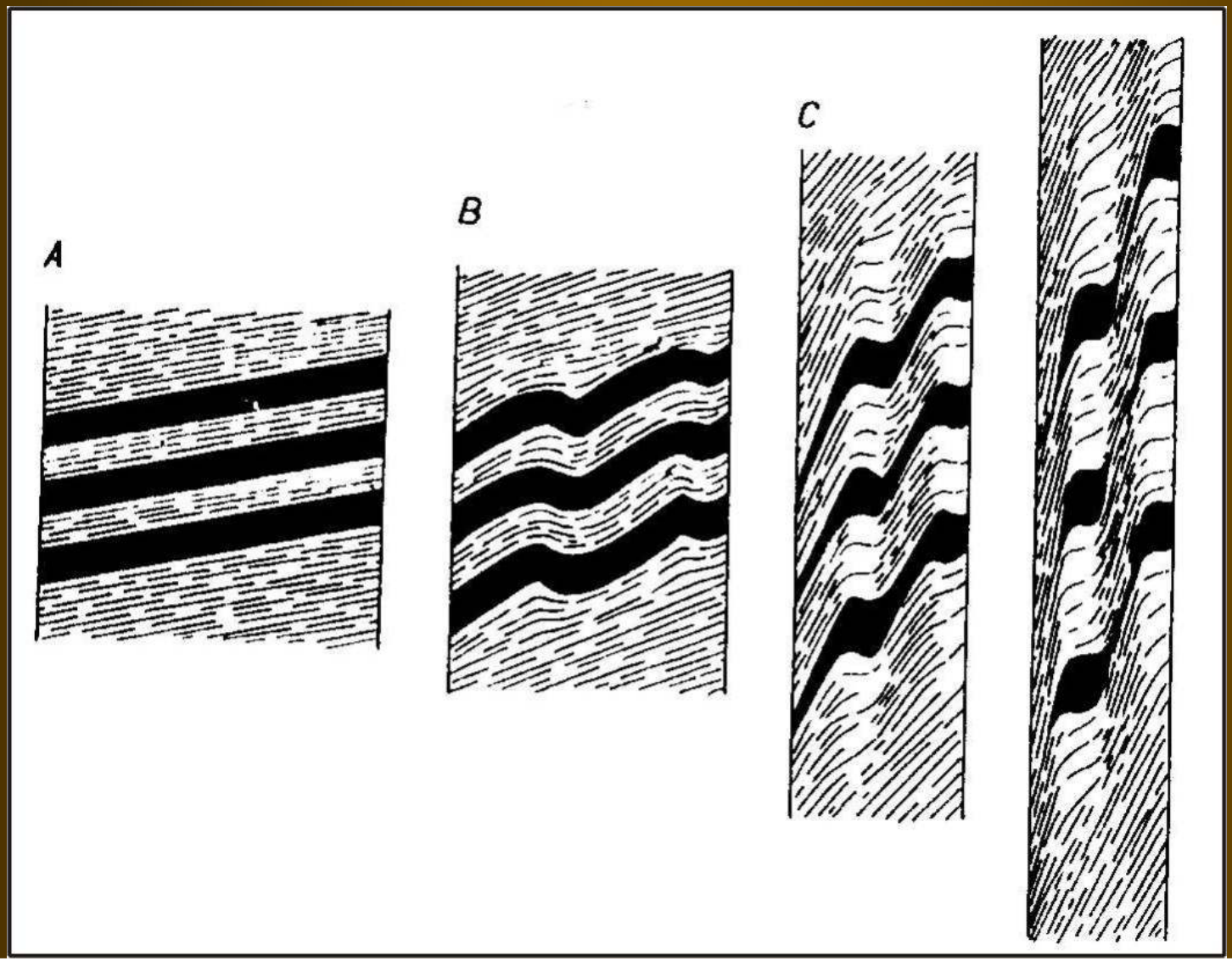
Yaşar EREN-2003

Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Tabaka ana kısalma yönüne eğik ise, asimetrik mikroliton yapısı oluşur.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

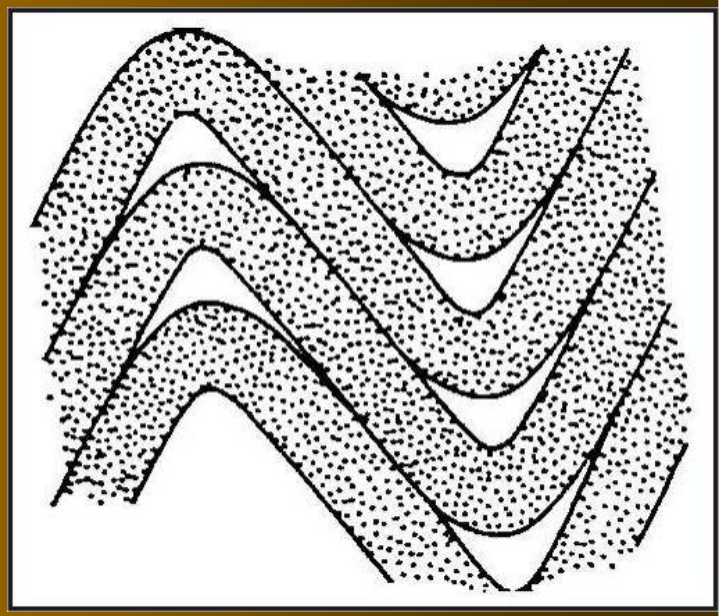
- Sleyti klivajı ve şistozitenin bu şekilde deformasyonu ile buruşma klivajı oluşur.
- Kıvrımlanma esnasında bu zonlarda rekristalizasyon olur.
  - Kayma zonu ve hemen çevresindeki kayacın kimyasal bileşimi, açık renkli kuvars ve kalsitin bu zondan uzaklaştırılması ile değişir.
  - Kayma yüzeyleri eksen düzlemine parallel koyu çizgiler şeklinde görülür.
  - Mika ve pulsu mineraller bu zona parallel olabilir.
  - Kuvars damarının bu mekanizmayla parçalanması ile kalem yapısı oluşur.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

5.6.1.3.Bükülme kıvrımları çevresindeki kayaçların davranışları

- Kompetent bir tabaka büküldüğü zaman, çevredeki kayaçlar da bu kıvrıma bağlı olarak şekil değişikliğine uğrar.
- Çevredeki kayaçların davranışları bükülen tabakaya yakınlığına ve reolojik özelliklerine bağlıdır.
- Eğer kompetent tabakalar birbirine bitişikse, kıvrımlanan tabakanın alt ve üst yüzeyleri birbirleriyle aynı olmayacağından, kanatlarda dokanak halinde olan tabakalar eksen bölgelerinde dokanak yapmaz.
- Eğer arada inkompetent malzeme varsa, bu malzeme eksene doğru yerleşir.
- Inkompetent malzeme yoksa eksen bölgelerinde bükülmüş boşluklar oluşur.
- Bu boşluklara çevredeki kayaçlardan türemiş kuvars ve karbonat malzemesi dolar. Bu yapıya semer resifi denir.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

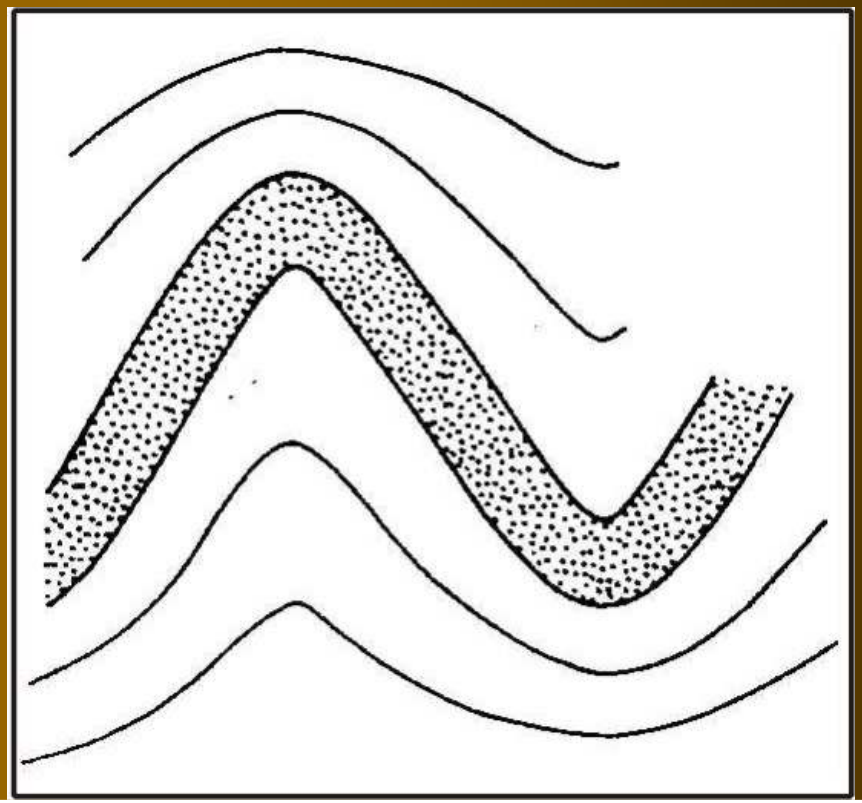
Yaşar EREN-2003

?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Eğer bükülen tabaka daha az viskoz materyal ile çevreliyse, bu kayaçlar da kıvrımlanır. Bükülmüş tabakadan belirli bir mesafede ise, bu kayaçlar kıvrımlanmadan homojen kısalmaya uğrar .

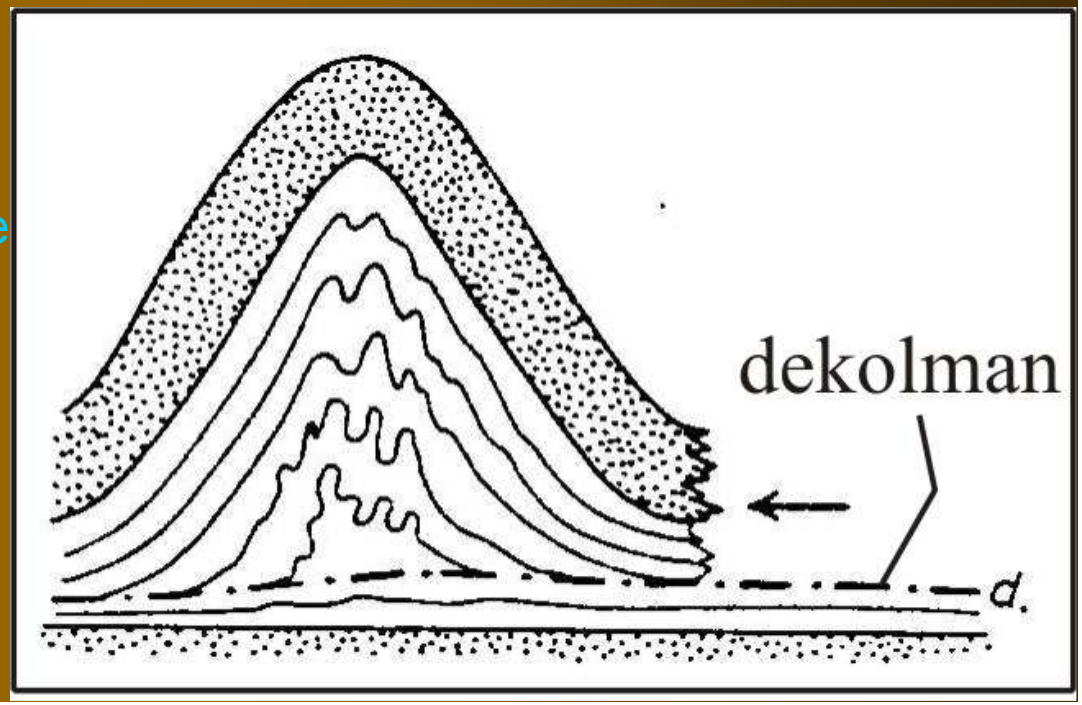


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Çevredeki kayaçların direnci varsa bükülürler ve çekirdekte karmaşık bir kıvrımlanma oluştururlar.
- Bitişikteki kalın tabaka aynı oranda kısalmaz ise inkompetent tabaka içinde bir süreksizlik oluşur ve üstteki kayaçlar bu yüzeyin altındaki kayaçlara göre bağımsız olarak kıvrımlanır.
- Bu yüzeye dekolman yüzeyi denir.

Örneğin Isviçre ve Fransa'daki Jura dağlarında Mesozoyik yaşlı kayaçlar alttaki temelden bir dekolman yüzeyi ile ayrılmış ve temelden bağımsız olarak kıvrımlanmıştır.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

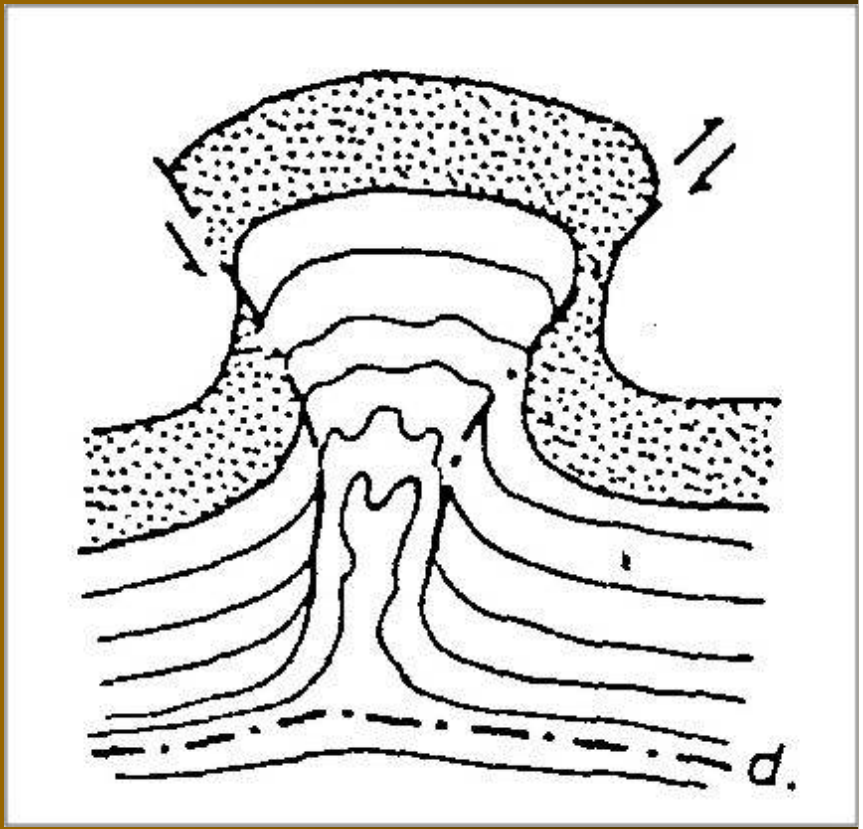
Yaşar EREN-2003

?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Dekolmanın da oluştuğu yerde, bükülmüş tabakanın çevresindeki kayaçlar viskoz bir şekilde defome olmazlarsa, kıvrımın iç yayında yer problemi oluşur.
- Bu durumda kıvrım kanat fayları ile değiştirilir ve kutu kıvrımları oluşur.
- Faylarla kıvrım ekseni yükseltilerek alttaki malzemenin yerleşeceği alanlar oluşturulur

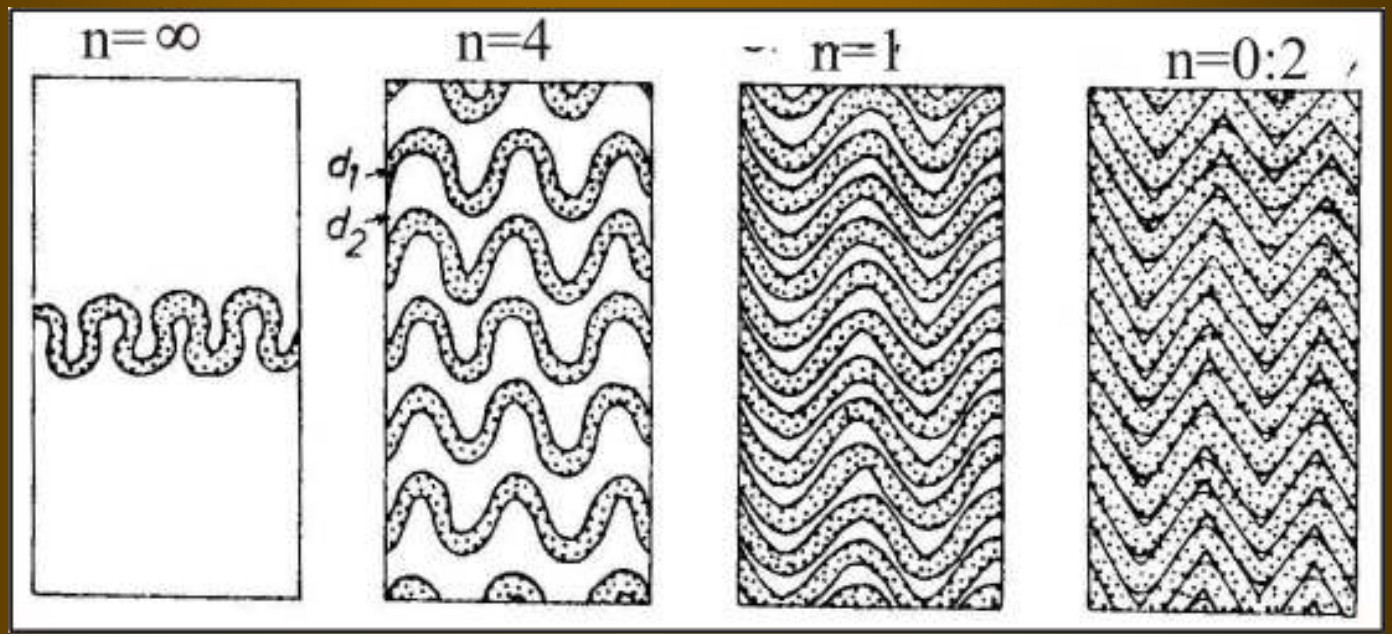


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Kompetent tabakaların istiflenme mesafesi

- **n=**Inkompetent/kompetent malzeme oranı
- Tek tabaka ise pitigmatik yapı oluşur.
- İnkompetent malzemenin azalmasıyla, bükülme eksende daha fazla yoğunlaşır ve kanatlar daha az büklümlü olur.
- n-değerinin daha da azalmasıyla keskin eksenli, düz kanatlı şevron kıvrımlar oluşur .

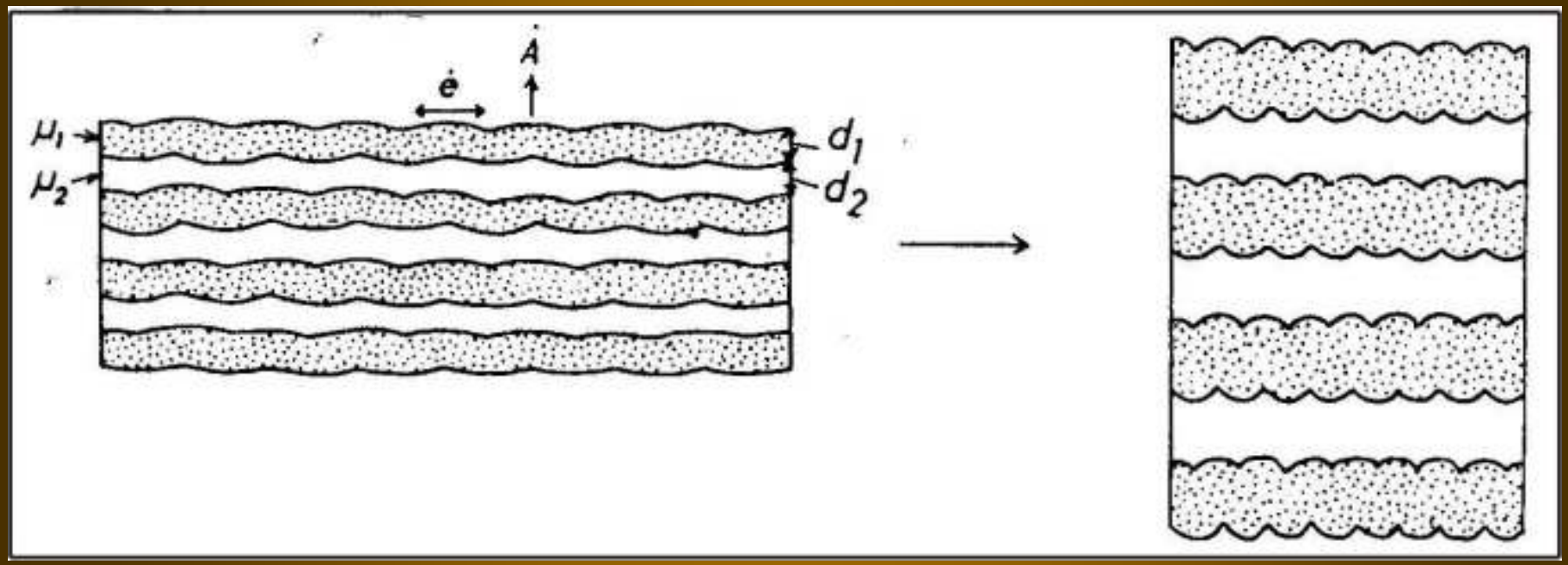


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Kompetentlik farkı ve n-değerine bağlı olarak oluşacak kıvrımlanma modelleri

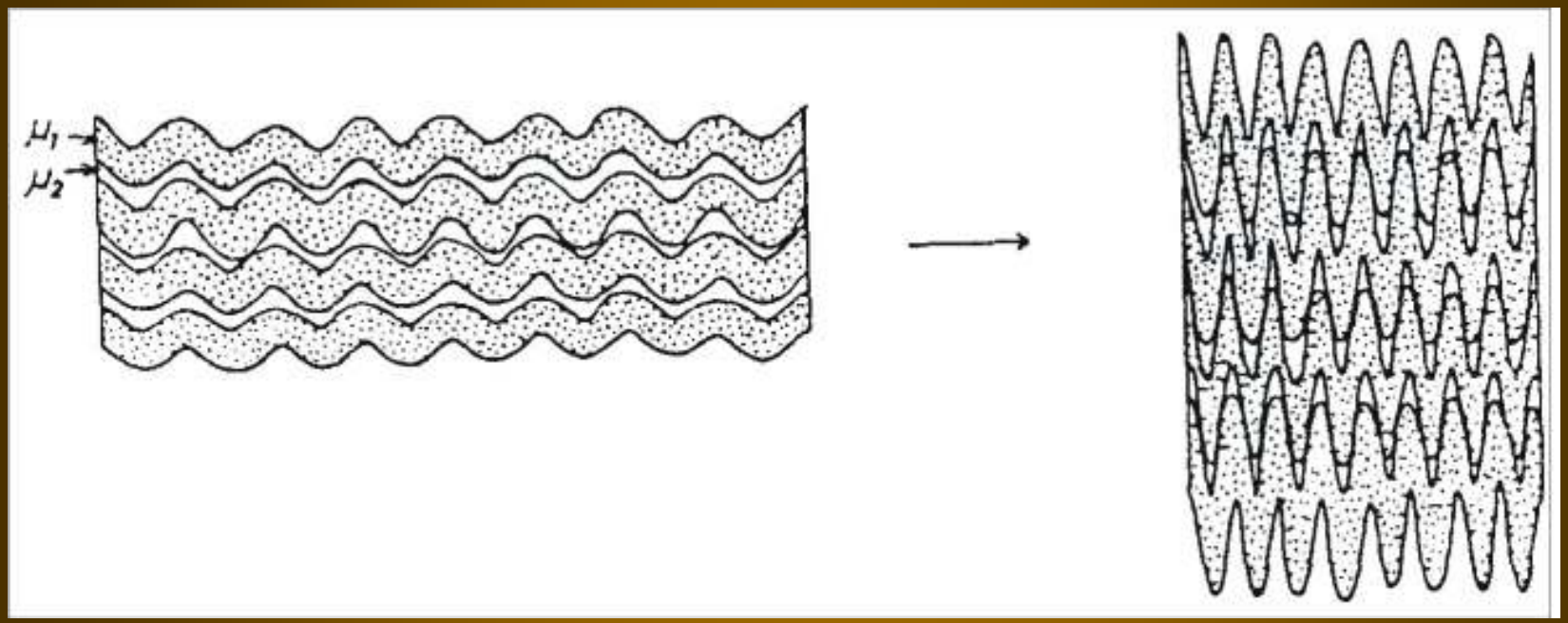
- Model a: μ1/μ2 düşük n- değeri yüksek



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

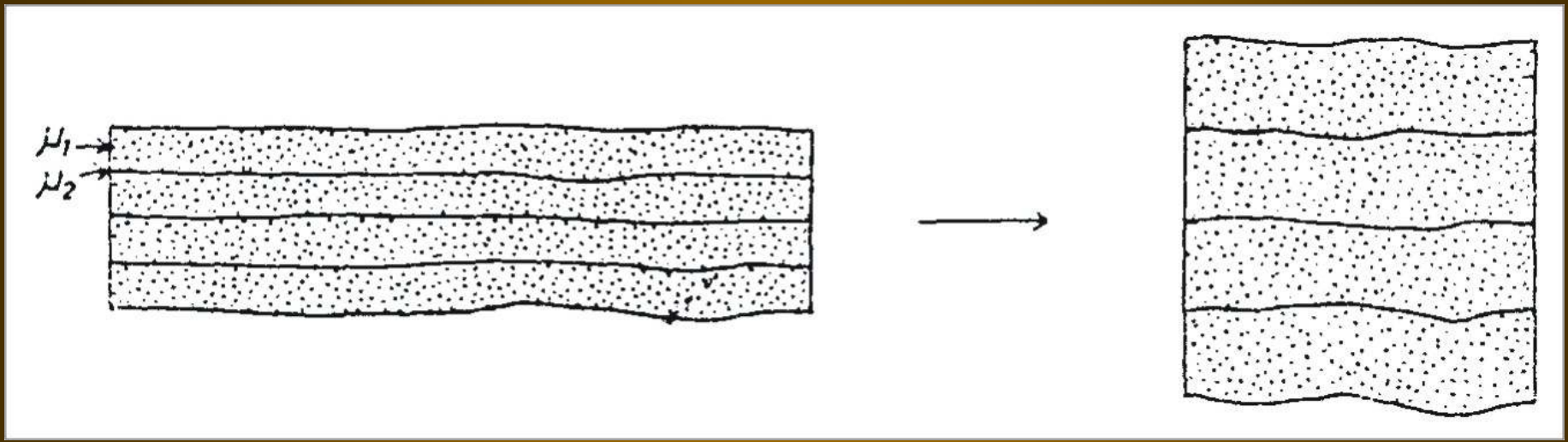
- Model b: μ1/μ2 düşük n-değeri orta



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

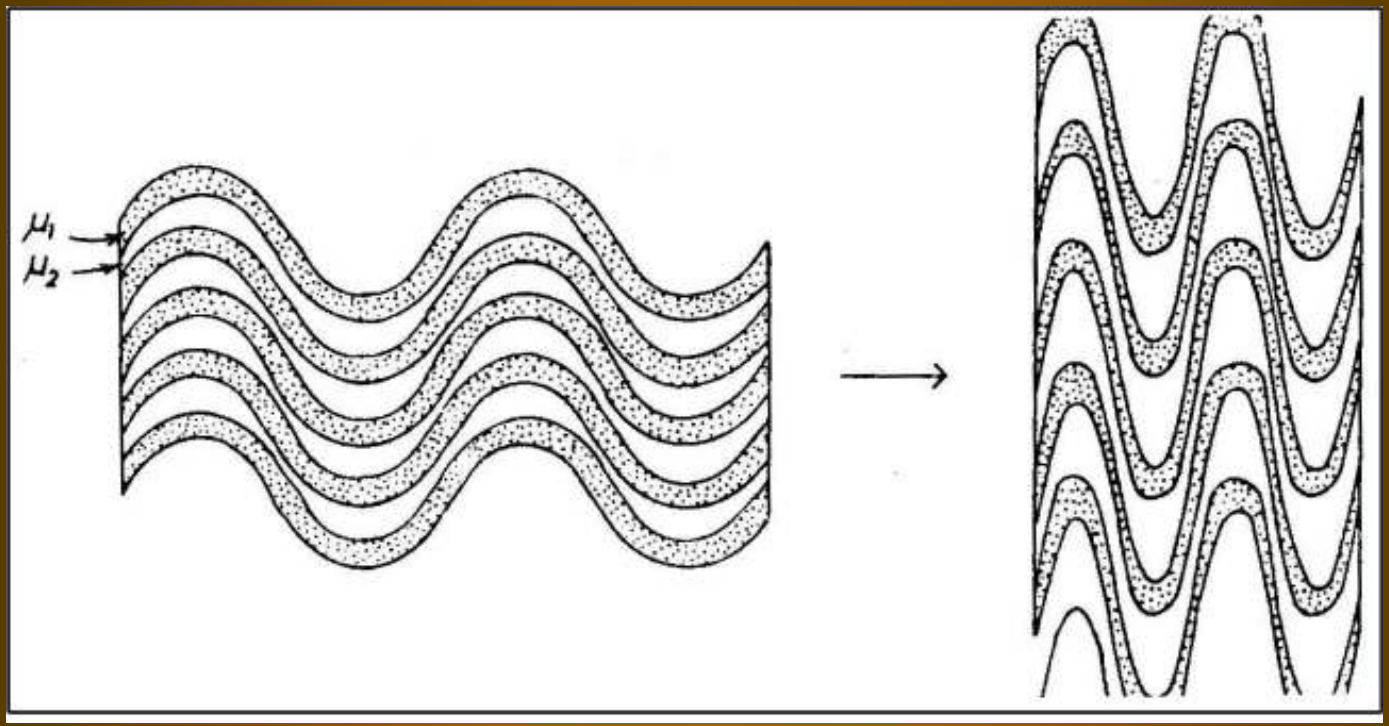
- Model c: μ1/μ2 düşük n-değeri düşük



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

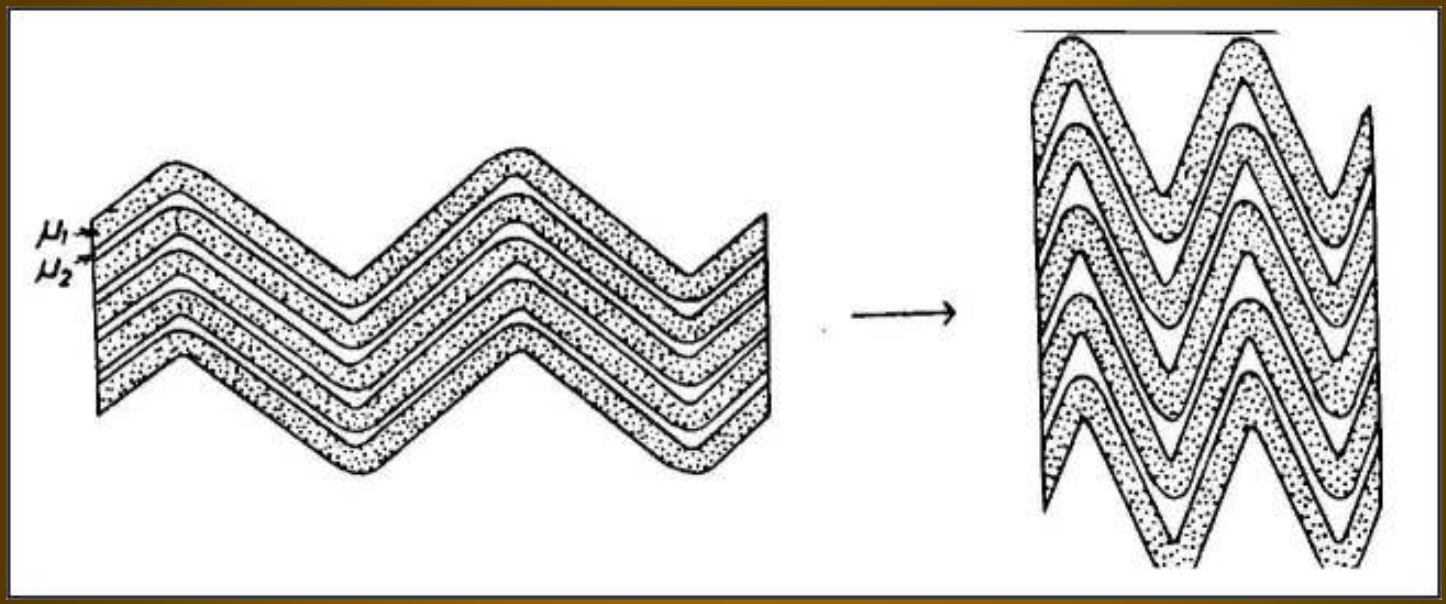
- model d: μ1/μ2 yüksek n-değeri yüksek



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

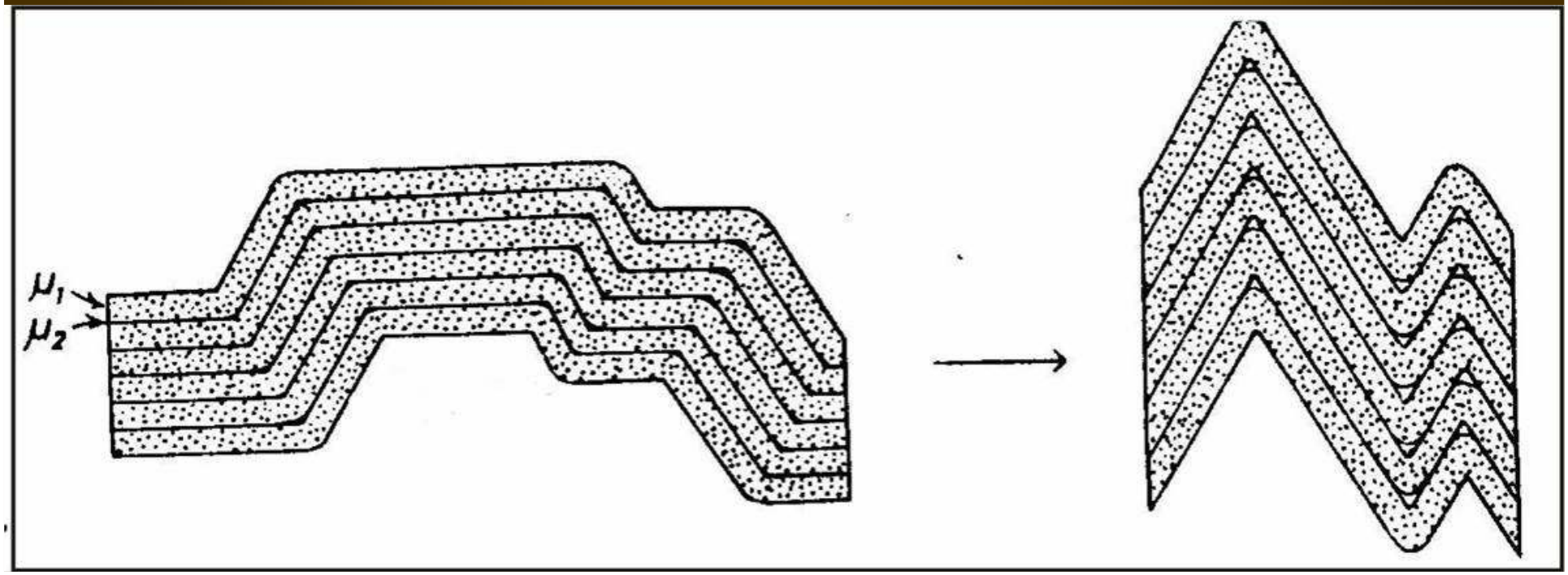
- Model e: μ1/μ2 yüksek n-değeri orta



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Model f: μ1/μ2 yüksek, n-değeri düşük



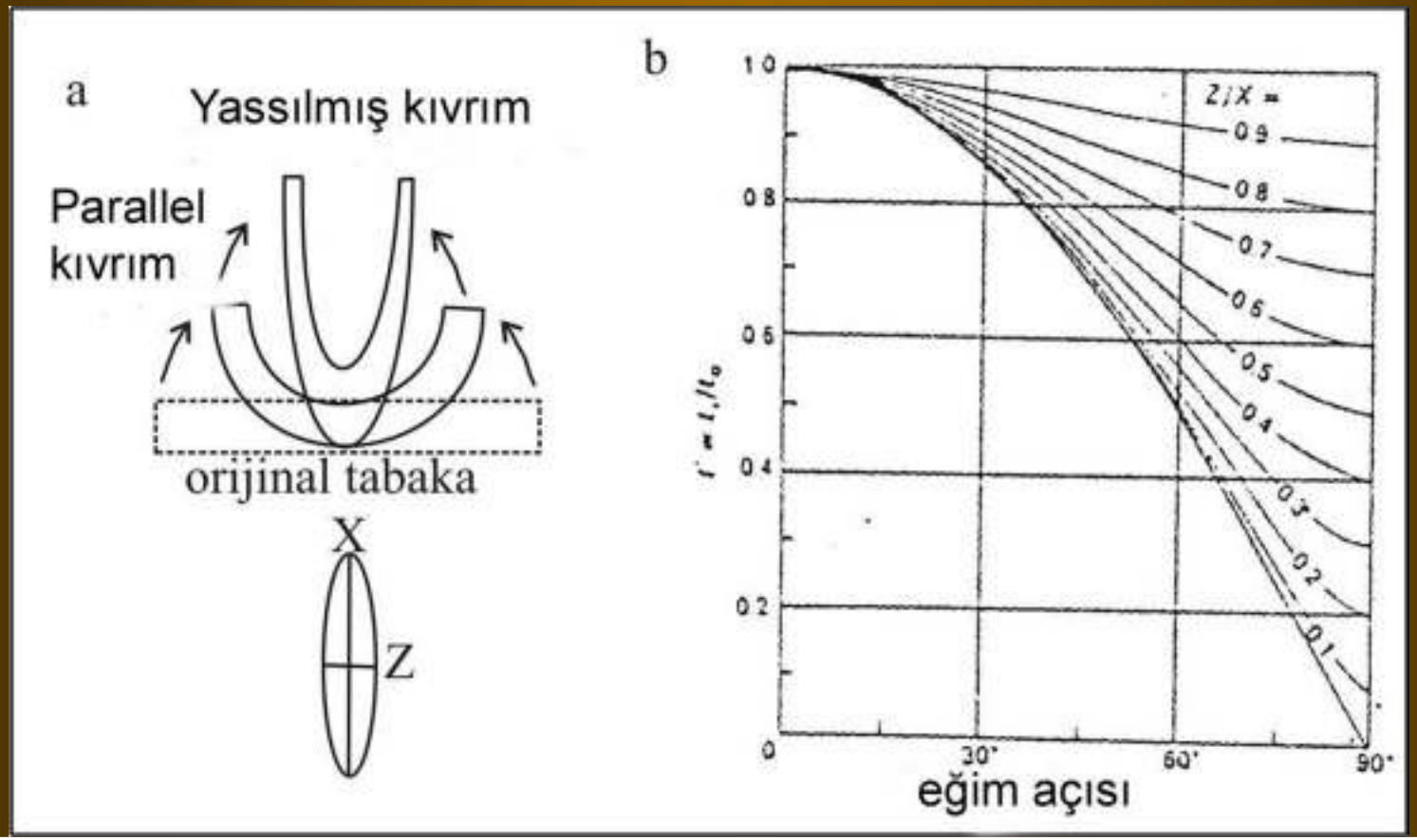
5.6.2.Yassılmış kıvrımlar

- Parallel kıvrımlanma modelinde, kıvrımlanmış uzunluk ve kıvrımlanmamış tabaka uzunluğu belirlenerek kısalma hesaplanabilir.
  - Eğer kıvrım konsantrik ise, bu kıvrımda maksimum bir kısalma vardır.
  - Bu kısalma dalga genişliği ve tabaka kalınlığı oranına bağlıdır. Eğer W/t oranı $\pi/2$ ise bu maksimum kısalma %36 dır.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Daha fazla kısalma ile kıvrım şeklini değiştirir. Kıvrım ya kırılır veya homojen deformasyon ile yassılır. Kıvrım şeklinin değişimi kanatların yassılması ve eşit oranda eksen yüzeyi boyunca uzama ile olur (Şekil a).
- Bu kıvrımlara yassılmış parallel kıvrım (Sınıf 1C) denir.
- Deformasyon arttıkça kıvrım şekli Sınıf 2 (benzer kıvrım) modeline yaklaşır.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Izoklinal kıvrımın kanatları parallel ve α=90o olduğunda t'α=2/α olur. Yani deformasyon oranı kanatlardaki kalınlığın eksendeki kalınlığın oranına eşittir.
- Izoklinal olmayan kıvrımlarda yassılma oranını hesaplamak için iki veya üç noktada t'α/ to ölçülüp α değerine karşılık Şekil b deki diyagramda noktalandığında bulunur.

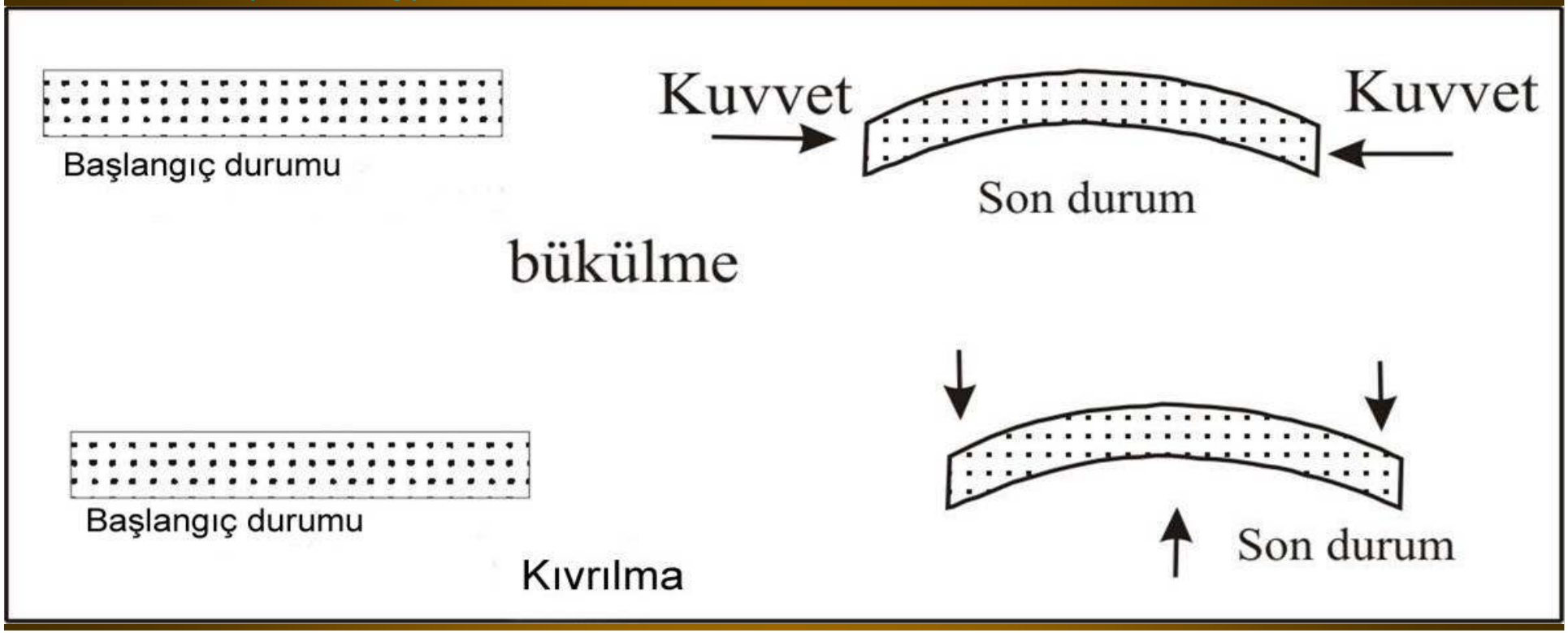
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Suppe (1987) kayacın tüm olarak akması olarak adlandırdığı pasif amplifikasyon ile ilgili parallel olmayan kıvrım oluşumunda üç kanıt vermektedir.
  - 1-Parallel olmayan kıvrım, parallel bükülme kıvrımlarının sonradan homojen deformasyonu sonucu oluşabilir.
  - 2-Çok tabakalı istiflerde, tabakalanmaya parallel kayma, kıvrımın yüksekliği arttıkça zorlaşır. Çünkü kıvrım kanatları maksimum sıkışma gerilmelerine dik konuma gelir. Kayma gerilmeleri, bu yöne 45o eğimde maksimumdur. Daha sonra azalır. Devam eden kısalma ile kayaç kütlesinin tümü homojen deformasyonla şekil değiştirir.
  - 3- Polideforme bölgelerde, eski kıvrımlar gittikçe izoklinalleşir. Bu da önceden var olan kıvrımların genel akmasını gösterir.

5.6.3.Bending (Kıvrılma)

- Kıvrılma ve bükülme birbirleriyle ilişkilidir. Ana farklılık uygulanan gerilmenin yönelimi ve dağılımı ile ilişkilidir. Bükülmede, kayaç tabakalanmaya parallel kısalmaya uğrar. Fakat kıvrılmada bir çift kuvvet etkilidir (Şekil 5.59). Yatay orojenik kompresyon genellikle bükülme, dikey etki eden kuvvetler ise kıvrılma (bending) oluşturur.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

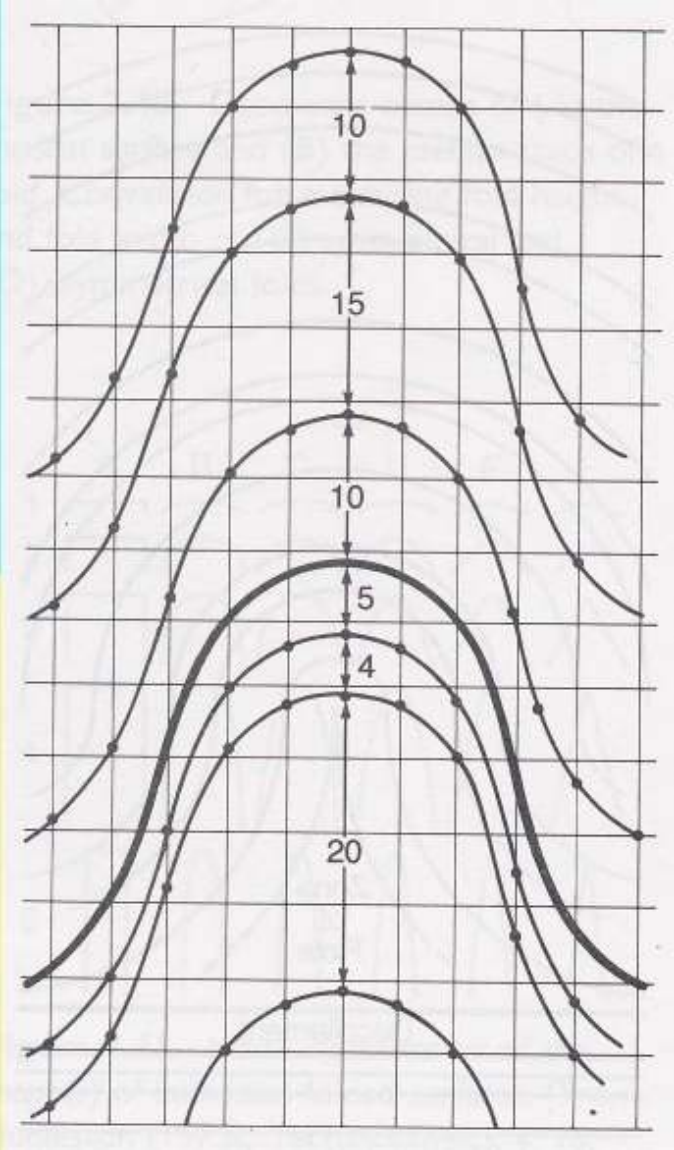
Yaşar EREN-2003

Kıvrılma oluşturan bazı önemli mekanizmalar

- 1-Gravite yükü, buzul, kıta kenarı çökelleri, dağ kuşakları, deniz adaları ile litosferik levhanın bükülmesi
- 2-Epirojenik çökme ve yükselmeler
- 3-Differansiyel sediment (resif, kanal kumtaşları) kompaksiyonu
- 4-Magma ve tuz intrüzyonu
- 5-Fay bükülmesi

5.6.4.Benzer kıvrımlanma

- Profil boyunca herbir kıvrımın aynı şekle sahip olduğu kıvrım şeklidir.
- Bu kıvrımlarda tabakalanmaya dik kalınlık birbirine eşit değildir.
- Tabakalar eksen bölgelerinde kalınlaşır, kanatlarda ise incelir.
- Eksen düzlemine parallel kalınlık ise kıvrımın her yerinde birbirine eşittir.
- Bu kıvrımlar Sınıf 2 tip kıvrımlardır (Şekil 5.34).



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

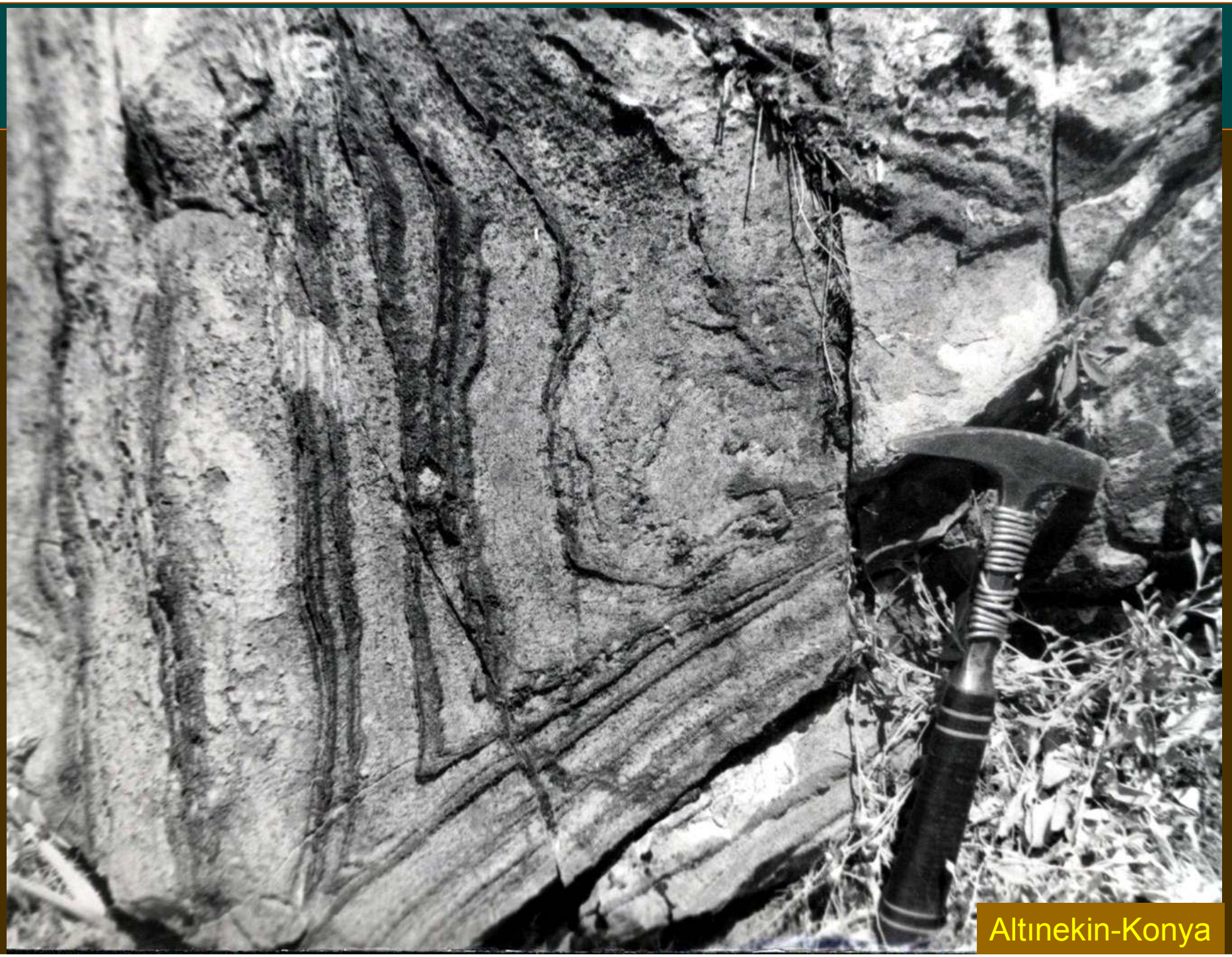
Yaşar EREN-2003

?

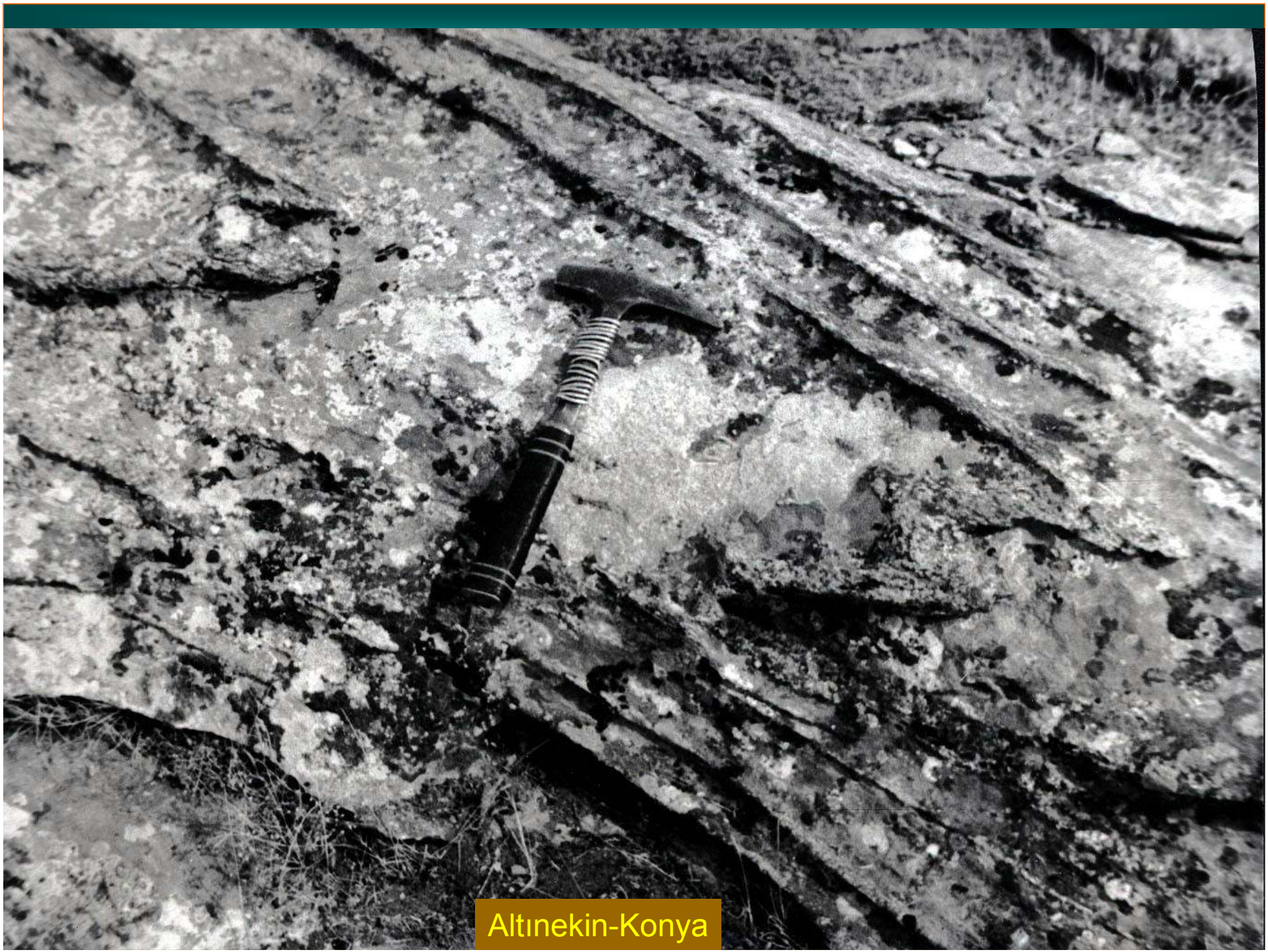
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?



Altınekin-Konya

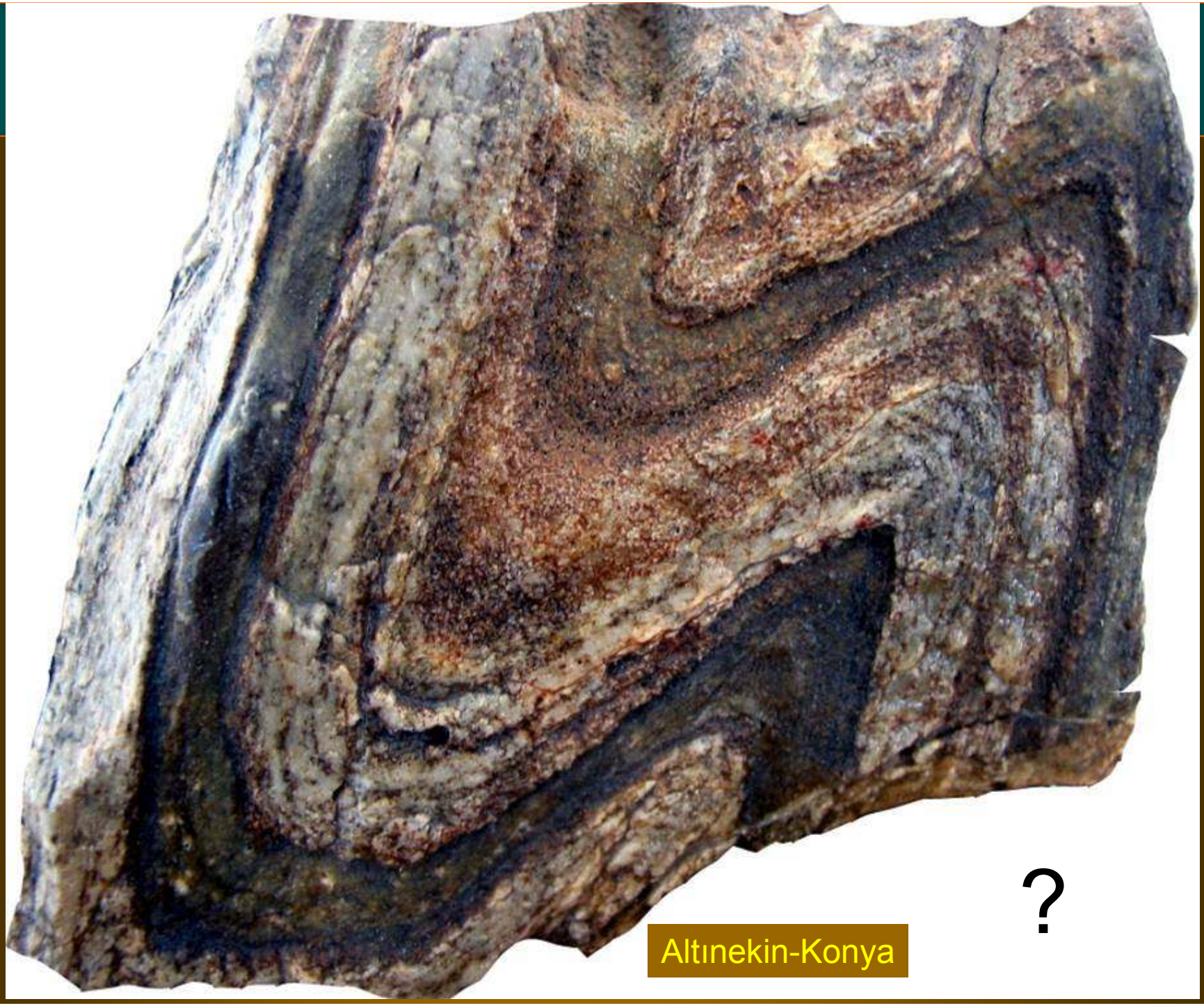


Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?


?
Altınekin-Konya

A MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Altınekin-Konya

Çamardı-Niğde

Altınekin-Konya

Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Benzer kıvrımlanmada kıvrımlanan yüzeyler pasiftir.
- Kıvrımlar deformasyon esnasında kayaçların oldukça sünümlü olduğu (Orta ve yüksek dereceli metamorfik bölgelerde) ve viskozite farkının çok düşük olduğu kayaçlarda gelişir.
- Kayaçlar yerkabuğunun derinliklerinde hem yüksek basınç hem de yüksek sıcaklık altındadır.
- Ayrıca bu tip kıvrımlar tuz ve jips gibi kayaçlarda düşük sıcaklıklarda da oluşur. Genellikle klivajla beraberdirler.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

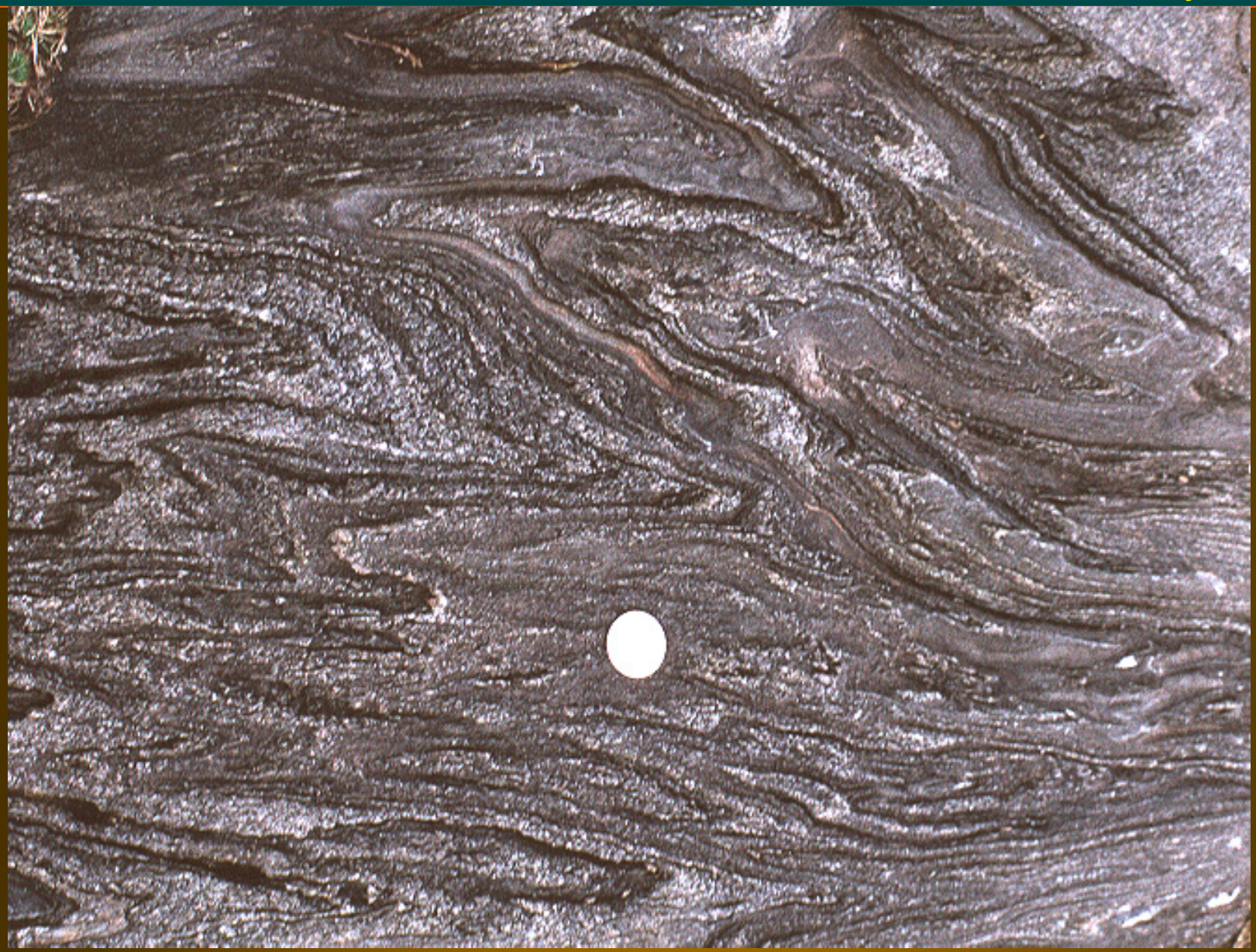
Yaşar EREN-2003

?

Altınekin-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



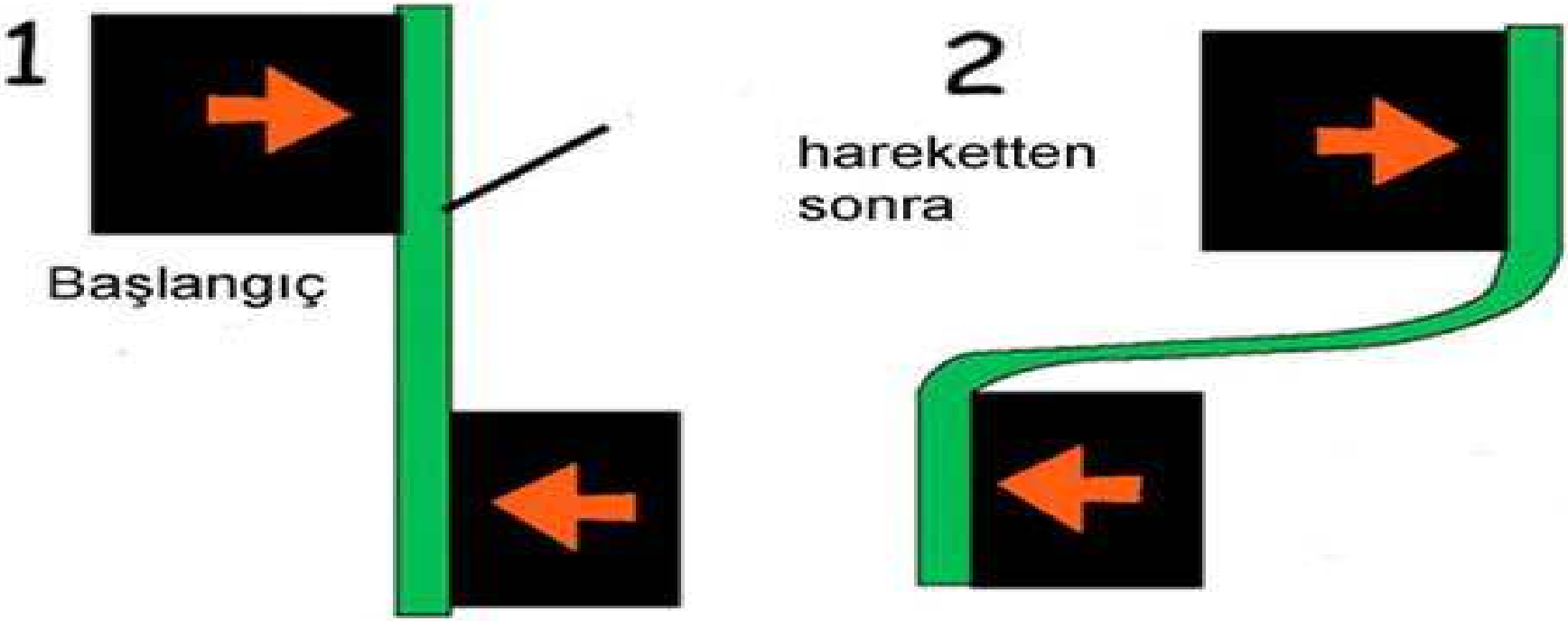
?

Çamardı-Niğde

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Benzer kıvrım (Pasif)

Benzer kıvrım oluşturma deneyi



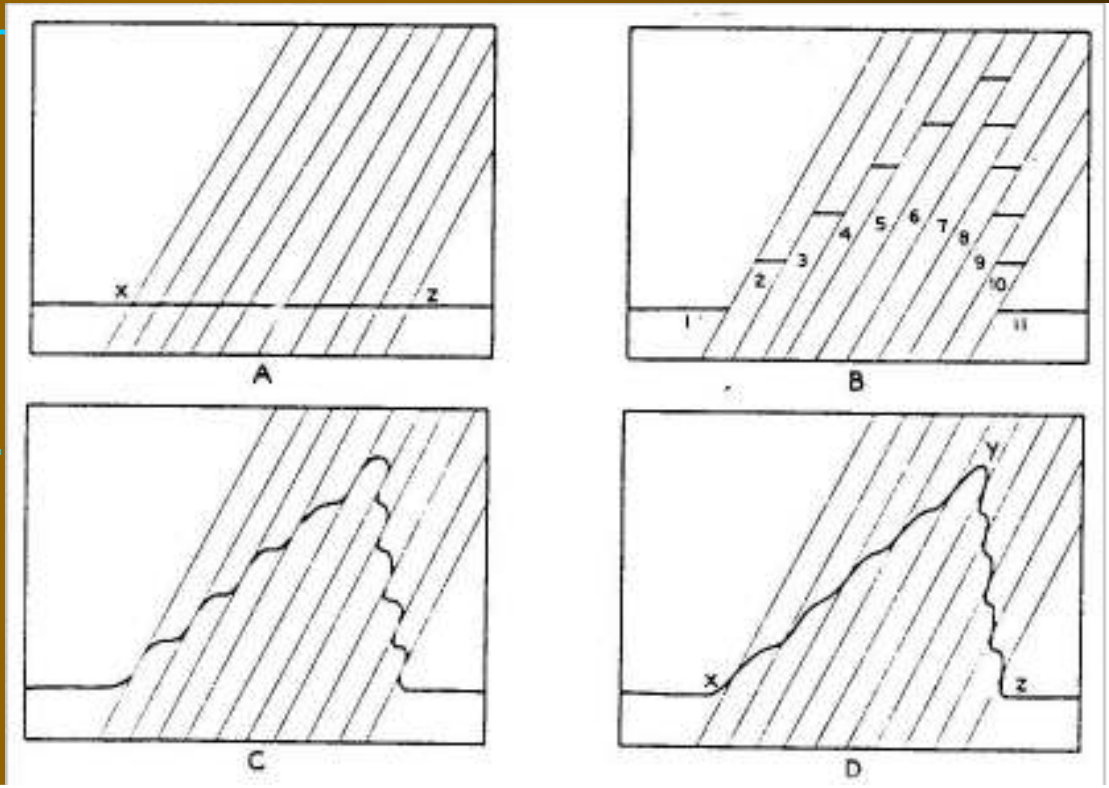
tabaka kalınlığı değişir

PASİF KIVRIMLANMA

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

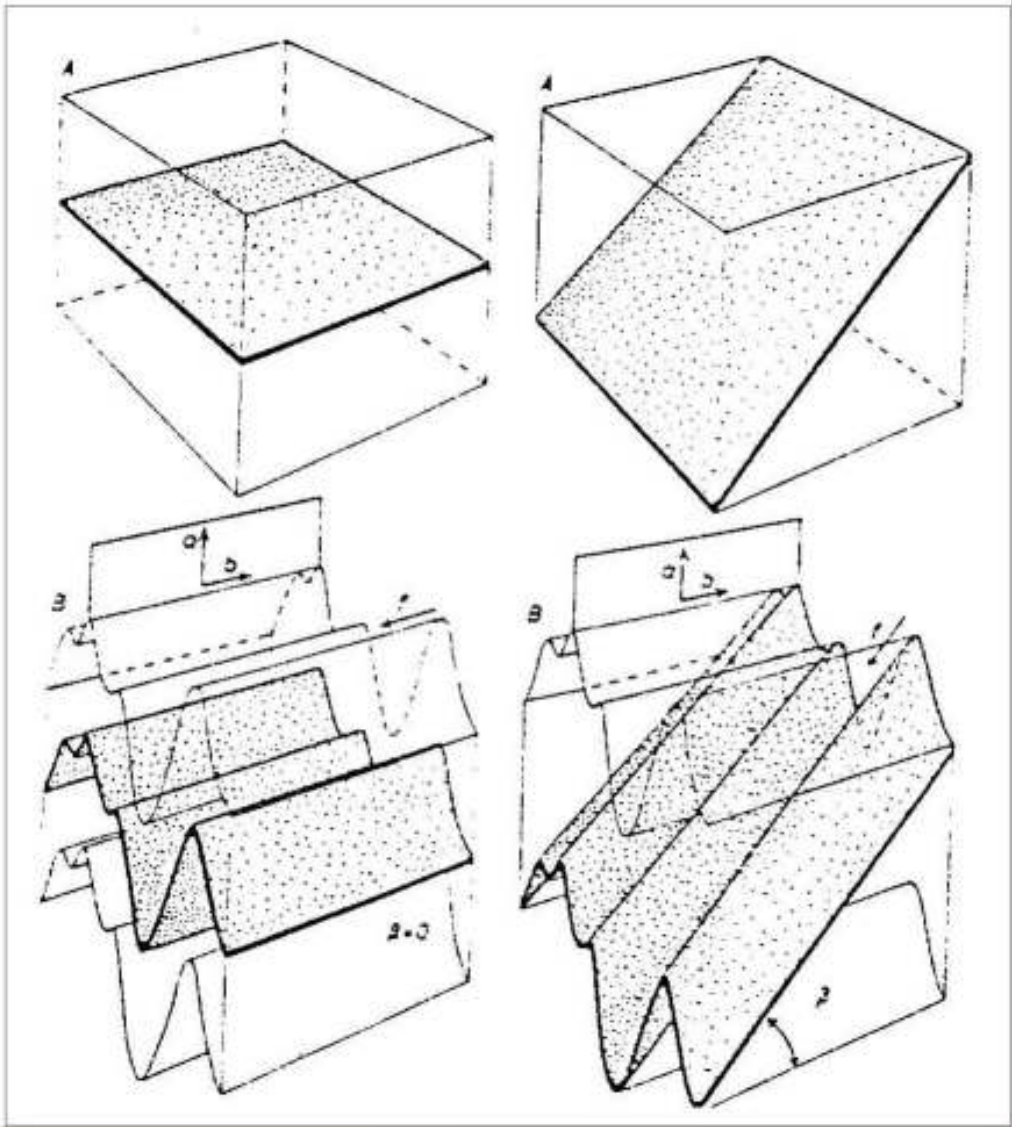
- Bu kıvrımlar, tabakalanmaya belirli bir açıyla yönelmiş kayma, kesme ve akma düzlemleri boyunca etkiyen hareketlerle oluşur .
- Kıvrımlanma esnasında tabakaların bir etkisi yoktur. Ancak değişik renkli düzeyler kılavuz bir rol oynar.
- Kayma düzlemleri çok fazla bitişik olabilir ve gözle görünmeyebilir. Bu durumda tabaka kesikliğe uğramadan sürekli bir şekilde kıvrımlanır.
- Bu kıvrımlarda eksen yüzeyi ab-kayma (akma) düzlemine paralleldir.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Kıvrım ekseni de kıvrımlanan yüzey ile kayma düzleminin arakesitine paralleldir.
- Eğer tabakalar başlangıçta eğimliyse b-yönü kıvrım ekseni ile çakışmaz.
-



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

- Benzer kıvrım oluşması için kayma hareketinin tabaka boyunca farklı olması gerekir.
- Bunun için modele heterojen basit kayma modeli de denir. Bunu yine akan bir sıvı içindeki kılavuz bir düzeyin kvrımlanmasına benzetebiliriz.
- Eğer kayma yönü sabit ise ideal benzer kıvrım oluşur.
- Kıvrım oluşumu için, kayma miktarının tabaka boyunca farklı olması gerekir. Yoksa tabaka kıvrımlanmadan sadece ötelenmeye uğrar.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

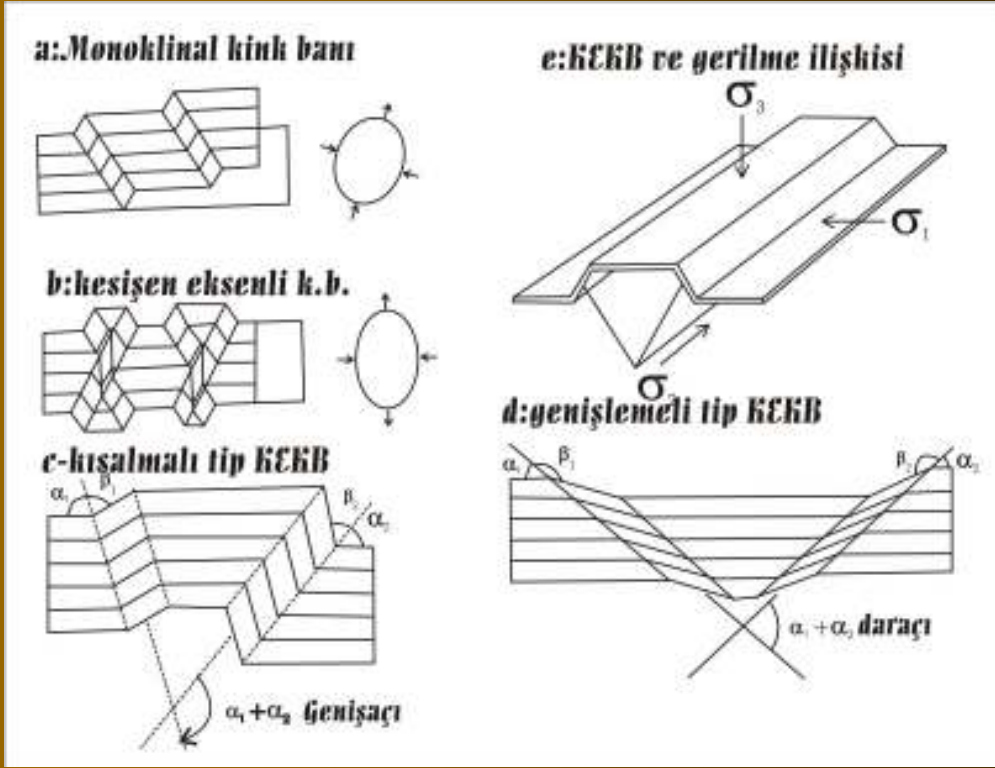
- Kıvrımın şekli yer değiştirme vektörüne bağlıdır.
- Vektörlerin simetrik dağılımı ile simetrik, asimetrik dağılımı ile asimetrik kıvrımlar oluşur.
- Benzer kıvrım olarak nitelenen bir çok kıvrım detaylı olarak incelendiğinde bunların gerçek benzer kıvrım olmadığı görülür.
- Örneğin bazı durumlarda kompetent tabakada gelişen Sınıf 1C ve inkompetent kayaçlarda gözlenen Sınıf 3 kıvrımları beraberce Sınıf 2 kıvrım geometrisi sunar.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

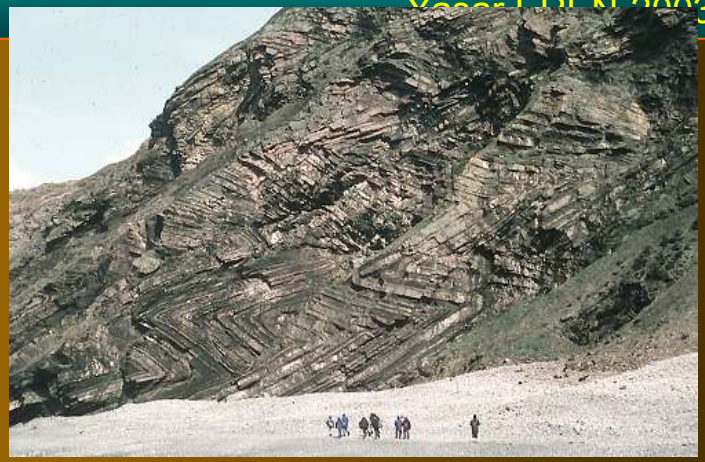
5.6.5.Kink bandı, şevron kıvrımı ve kesişen eksenli kıvrımlar

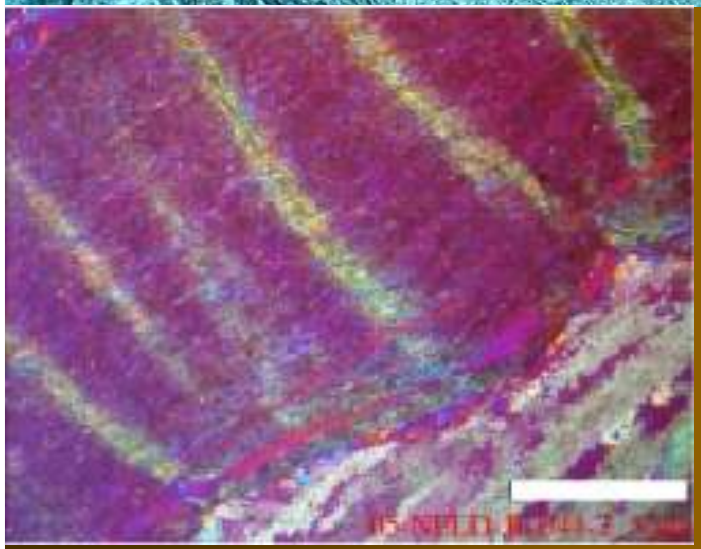
- Düz kanatlı,dar eksen zonuna sahip açısal kıvrımlara bazı yerlerde sık sık rastlanılır.
- Bu kıvrımlar tek veya çok eksenli olabilirler.
- Monoklinal yapıya benzer bir şekilde açısal olarak gelişmiş, asimetrik köşeli ve dar bir eksen zonuna sahip düz kanatları olan kıvrımlara **kink kıvrımları** denir.
- Kink kıvrımlarında iki eksen yüzeyi ile sınırlı kısa kanadın bulunduğu zona **kink bandı** denir



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN 2003





Kinkleşme
her ölçekte
gözlenir

Sızma-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Çamardı-Niğde

?

Meydanköy-Konya

Meydanköy-Konya

Meydanköy-Konya

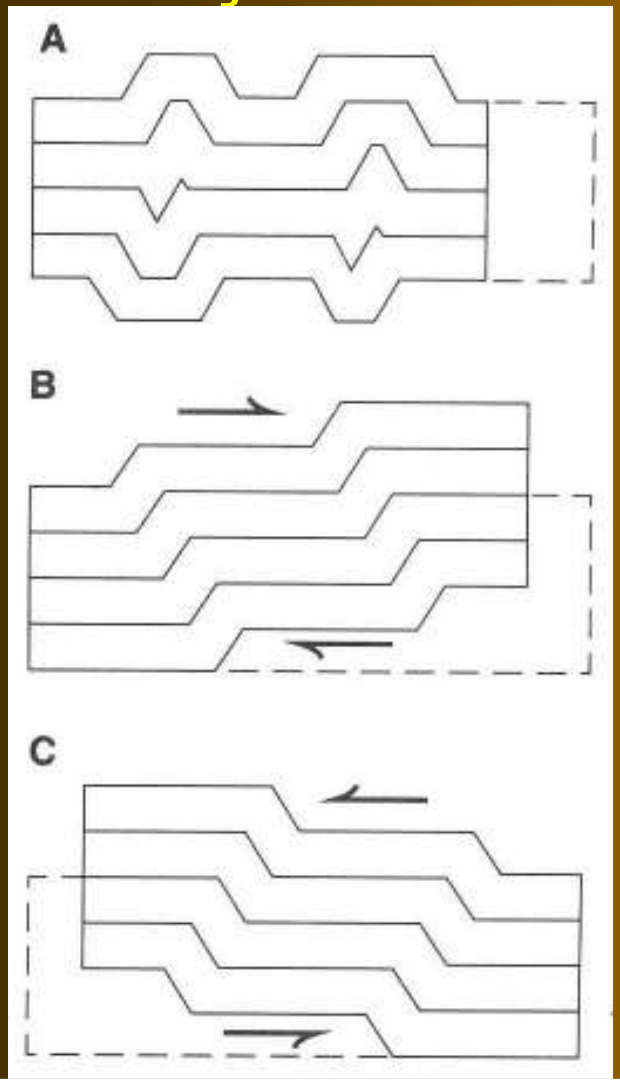
Meydanköy-Konya

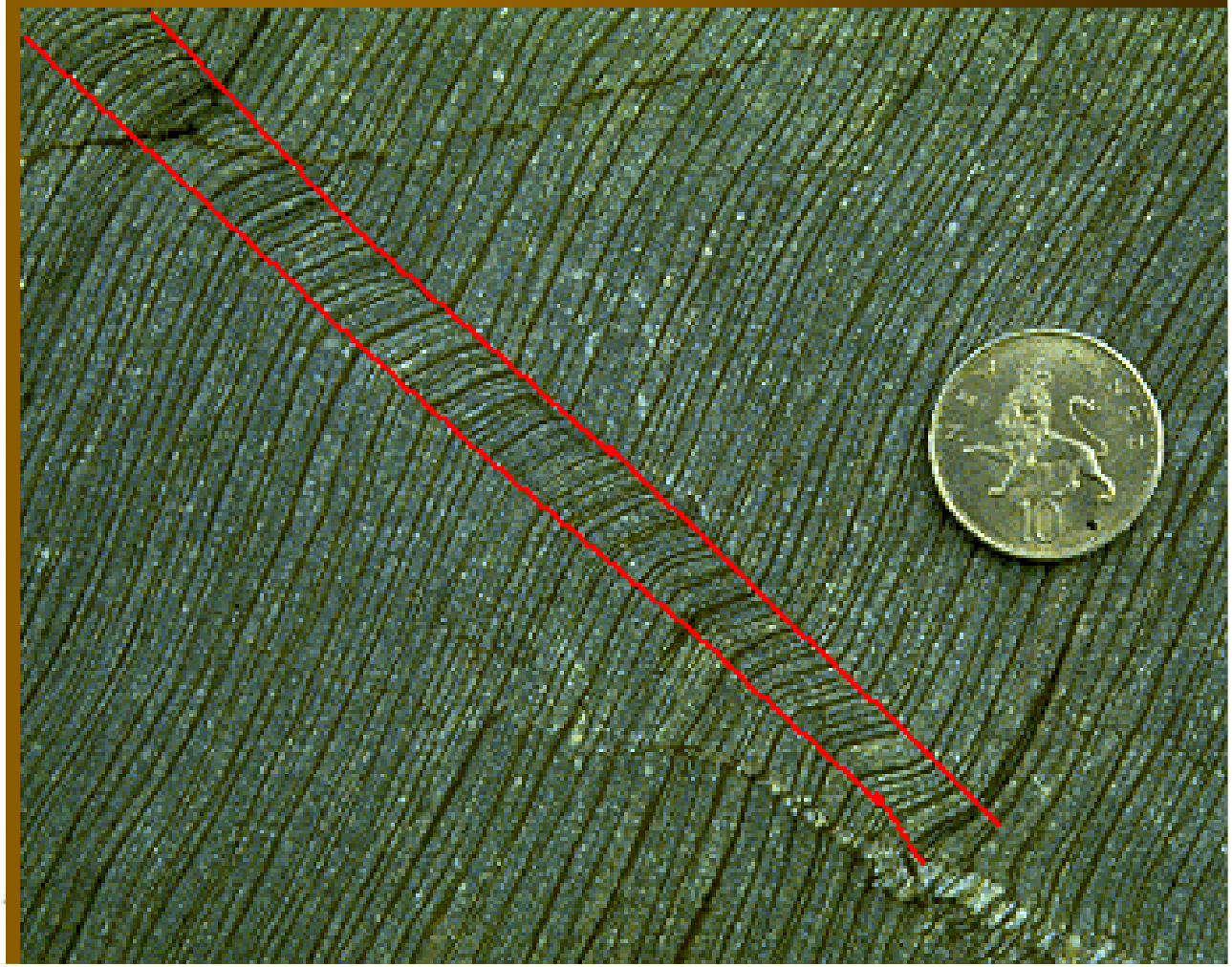
Meydanköy-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yasar EREN-2003

Kink kıvrımlanması, yapraklanmalı-çok ince tabakalı kayaçlarda ve tabakalar/yapraklanmalar arasında şiddetli kohezyonun olduğu kayaçlarda gelişir



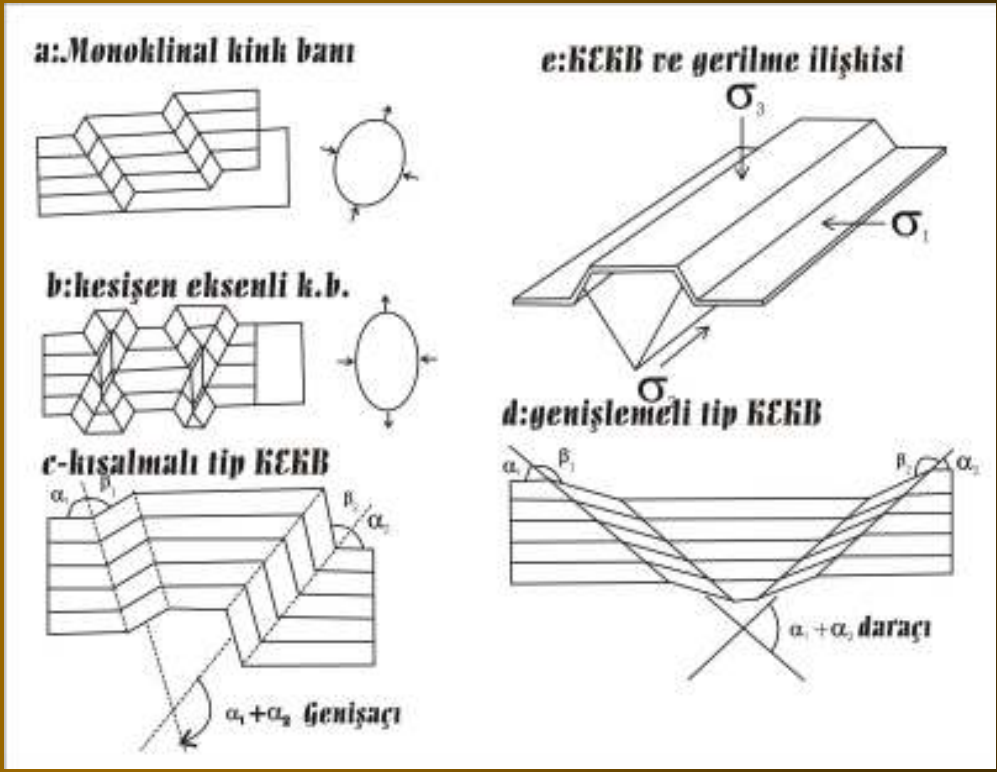


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Kink bantları eğer birbirine parallel tek bir takım şeklinde gelişmişse buna monoklinal kink bandı denir.
- Değişik yönelimli iki kink bandının kesişimi ile oluşmuş kıvrımlara ise kesişen eksenli kink kıvrımları denir.
- Kesişen eksenli kink kıvrımları kısalmalı (c)
- veya genişlemeli (d) tipte olabilir.

- Gerilme eksenleri ile olan ilişkileri gevrek fayların tersidir

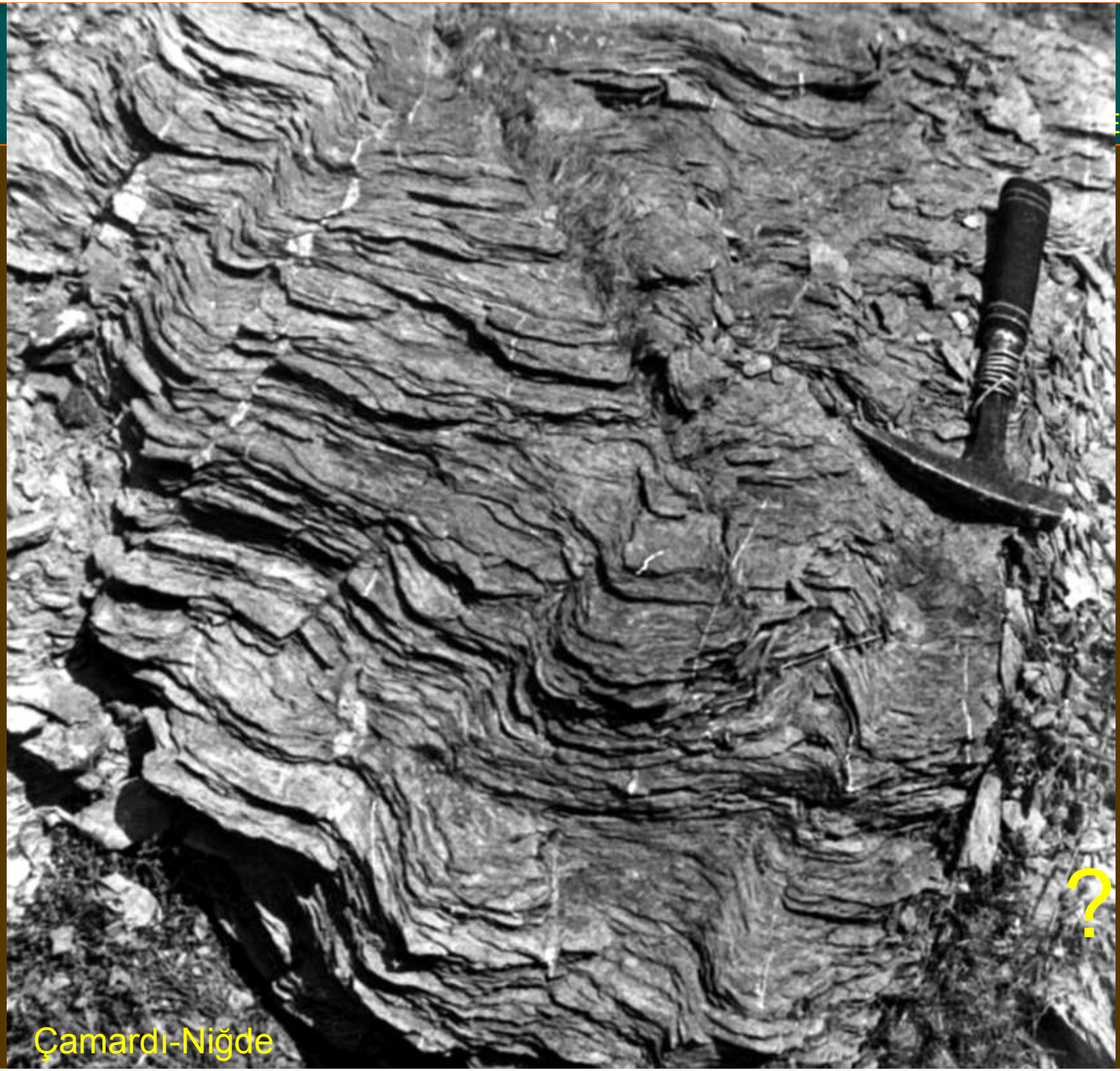


Meydanköy-Konya

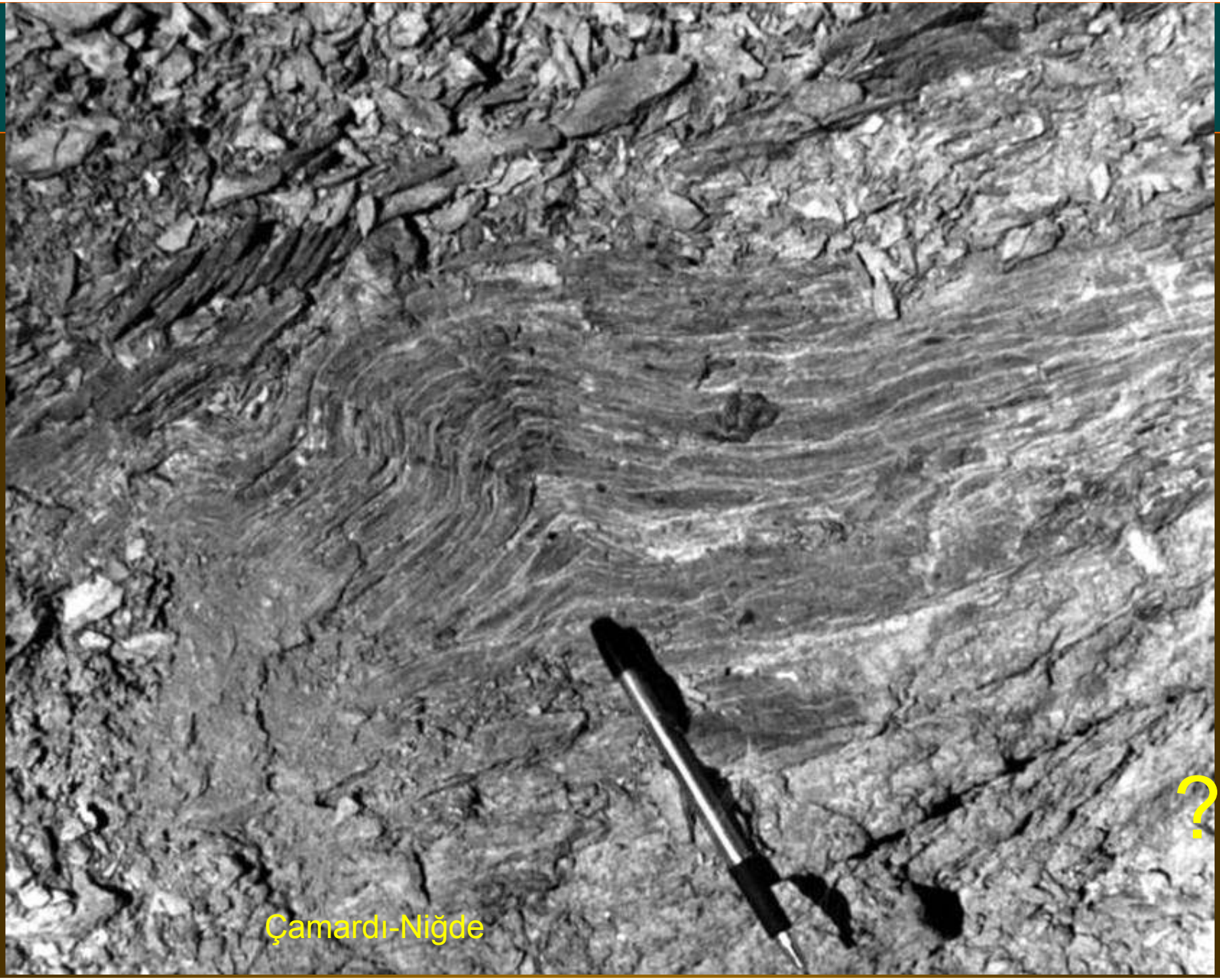
Meydanköy-Konya

Çamardı-Niğde

?
Yükselen-Konya

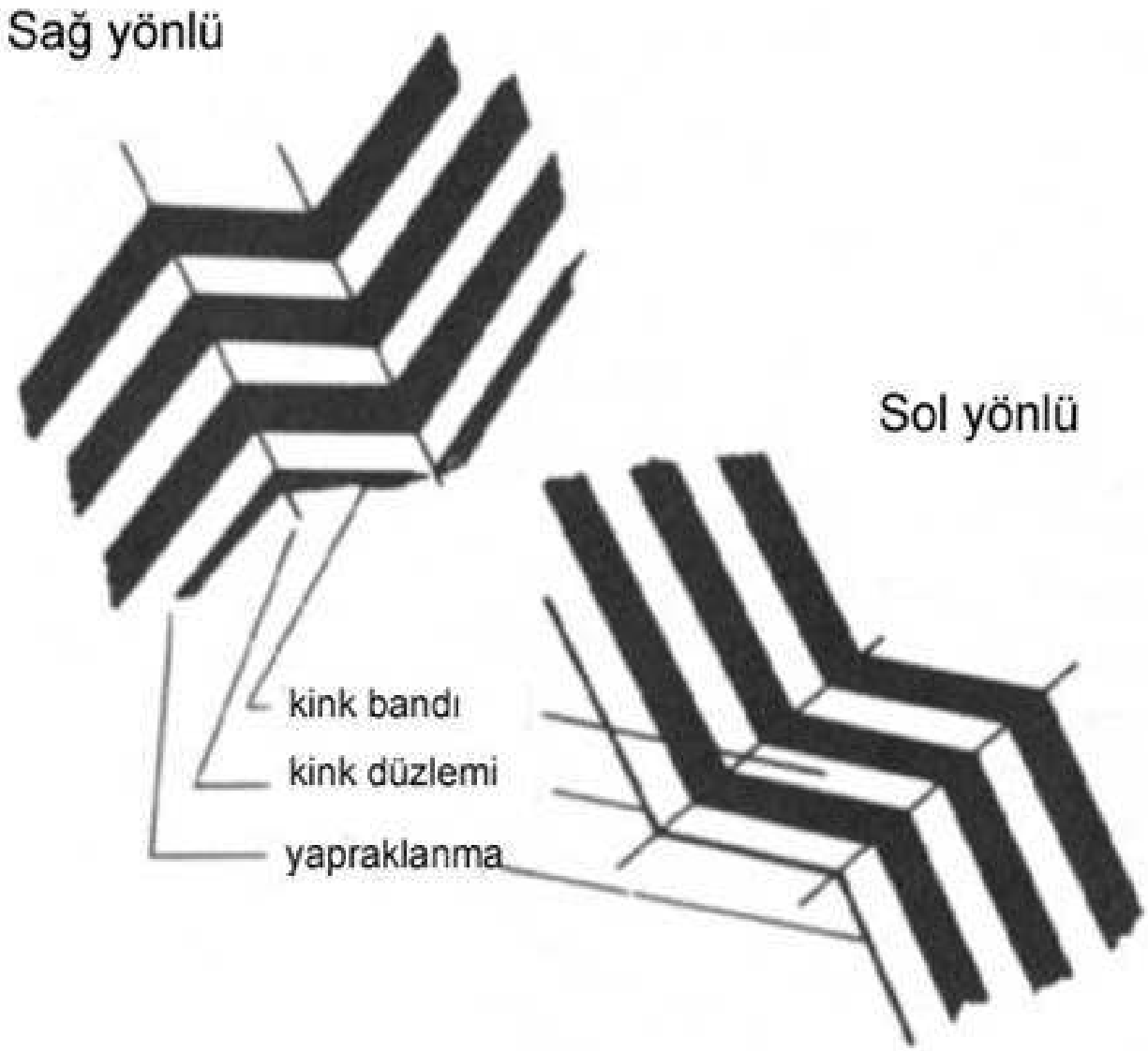


Çamardı-Niğde


Çamardı-Niğde
?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



Monoklinal kink kıvrımlar
Sağ yönlü veya sol yönlü olabilir

Meydanköy-Konya

Meydanköy-Konya

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

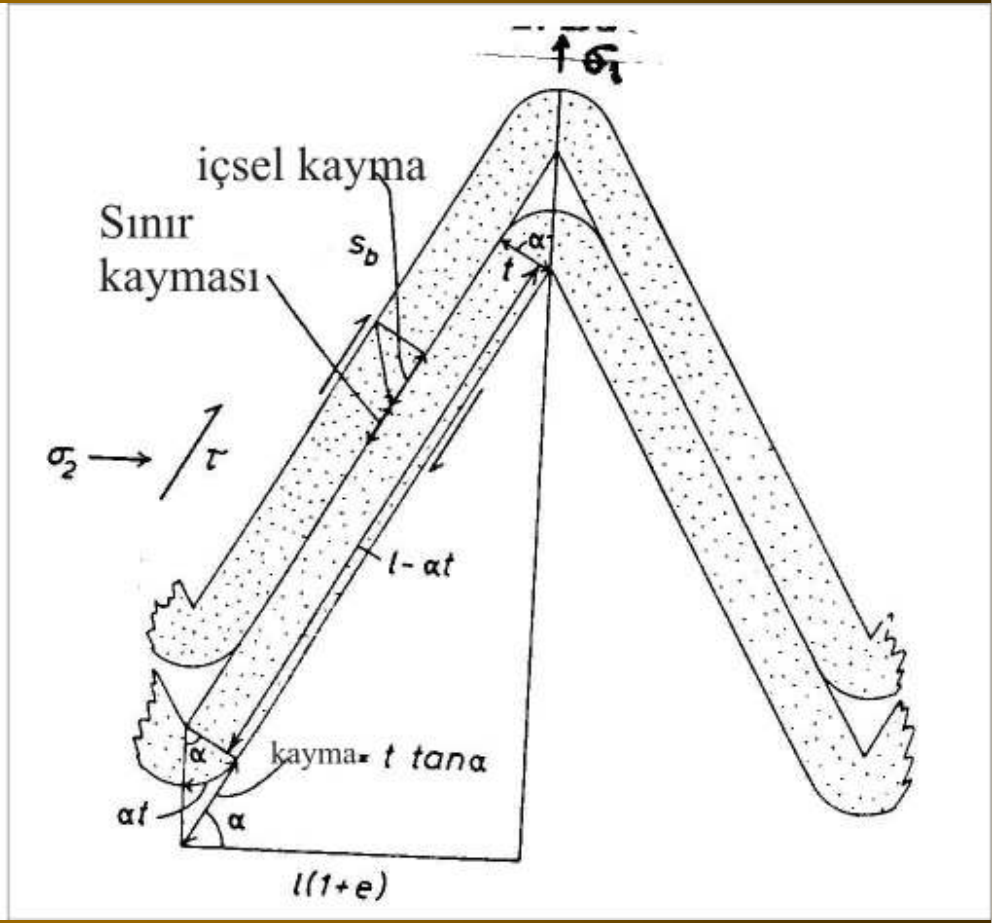
Yaşar EREN-2003

- Kink bantları ince laminalı kayaçlarda,veya şiddetli klivajlanmış veya şistozite kazanmış kayaçlarda gözlenir.
- Laboratuvar deneylerinde kink bantları, genellikle iyi gelişmiş bir düzlemselliğe sahip kayaçların düzlemselliğe parallel-yarı parallel olarak sıkıştırıldıklarında geliştiğini göstermiştir.
- Kink kıvrımlarında eksen düzlemleri arasındaki mesafe 10 cm den daha büyükse **zigzag kıvrımlar** oluşur.
- Kıvrımlar simetrik ve kanatları eşit uzunlukta ise bu kıvrımlara **şevron** veya **konsertina kıvrım** adı verilir.
- Yapı boyunca, değişik tabakalarda kıvrım şekli uniformdur ve genellikle benzer kıvrım geometrilidir (Sınıf 2). Ancak bireysel tabakalar incelendiğinde bunların tabaka kalınlığının yapı boyunca korunduğu görülür ve genellikle paralel kıvrım tipindedirler (Sınıf 1B).

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Bu kayaçlardaki deformasyonda, fleksürel kayma mekanizmasına benzer olarak, tabaka üzerinde kaymayla oluşmuştur.
  - Tabaka yüzeylerinde kayma çizikleri görülebilir.
- De Sitter(1964) Şevron kıvrımların kanat açılarının genellikle 60o civarında olduğunu ve kıvrımın bu açıya ulaştığında kilitlendiğini göstermiştir. Bu mekanizmayla %50-65 ten fazla kısalma olmaz.

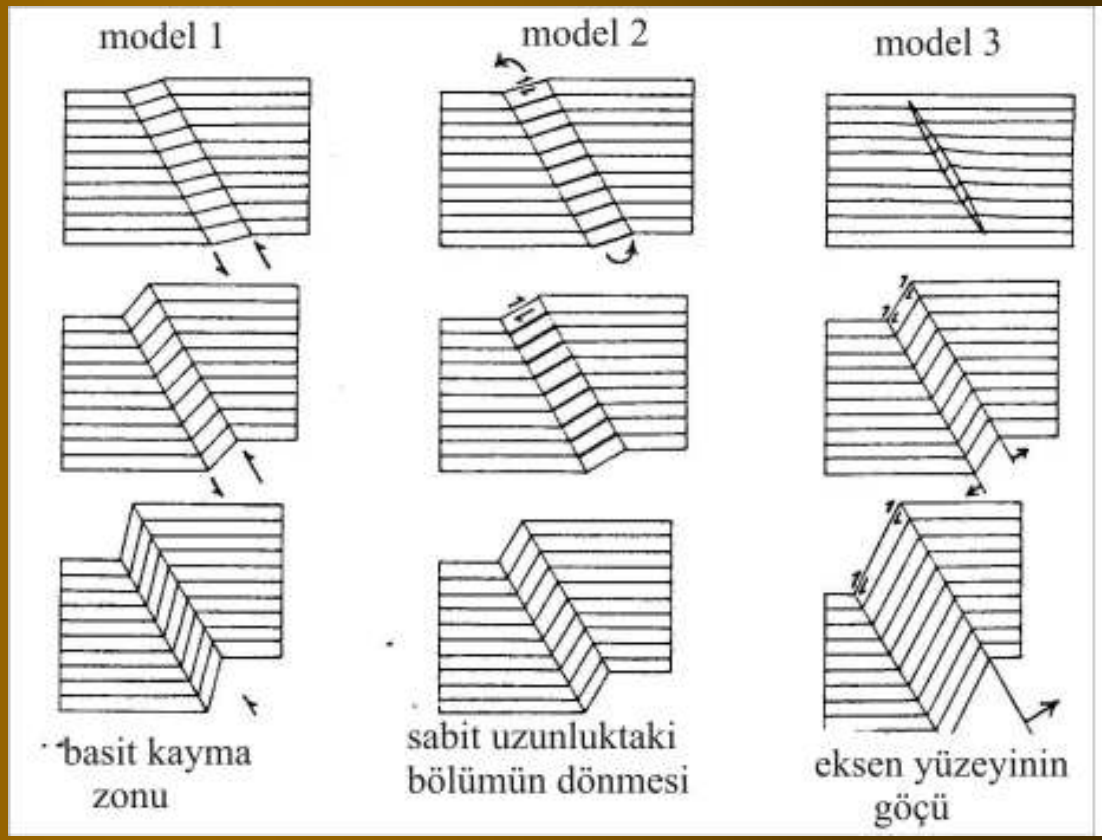


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Kink bandı oluşum modelleri:

- Üç oluşum modeli öne sürülmüştür
- 1.model, yani eksen yüzeyinin başlangıçta kesme sistemleri olarak başladığı genellikle kabul görmez. Çünkü maksimum kısalma yönü bu yapılarda geniş açı yönündedir.
- 3. model daha uygun bir model olarak kabul edilir.Uygulanan gerilme başlangıçta bir bükülme oluşturur ve bu bükülmüş kesimin genişlemesi ile kink bantları oluşur.
- Eğer deformasyon esnasında kayaçlar özelliklerini değiştirip gevrek bir özellik kazanırlarsa eksen yüzeyleri, fay veya kayma yüzeylerine dönüşür ve kink bandı breşleşebilir.
- Kesişen kink bantlarının göçü ile şevron kıvrımlar oluşabilmektedir.



5.7.Faylarla ilişkili kıvrımlanma

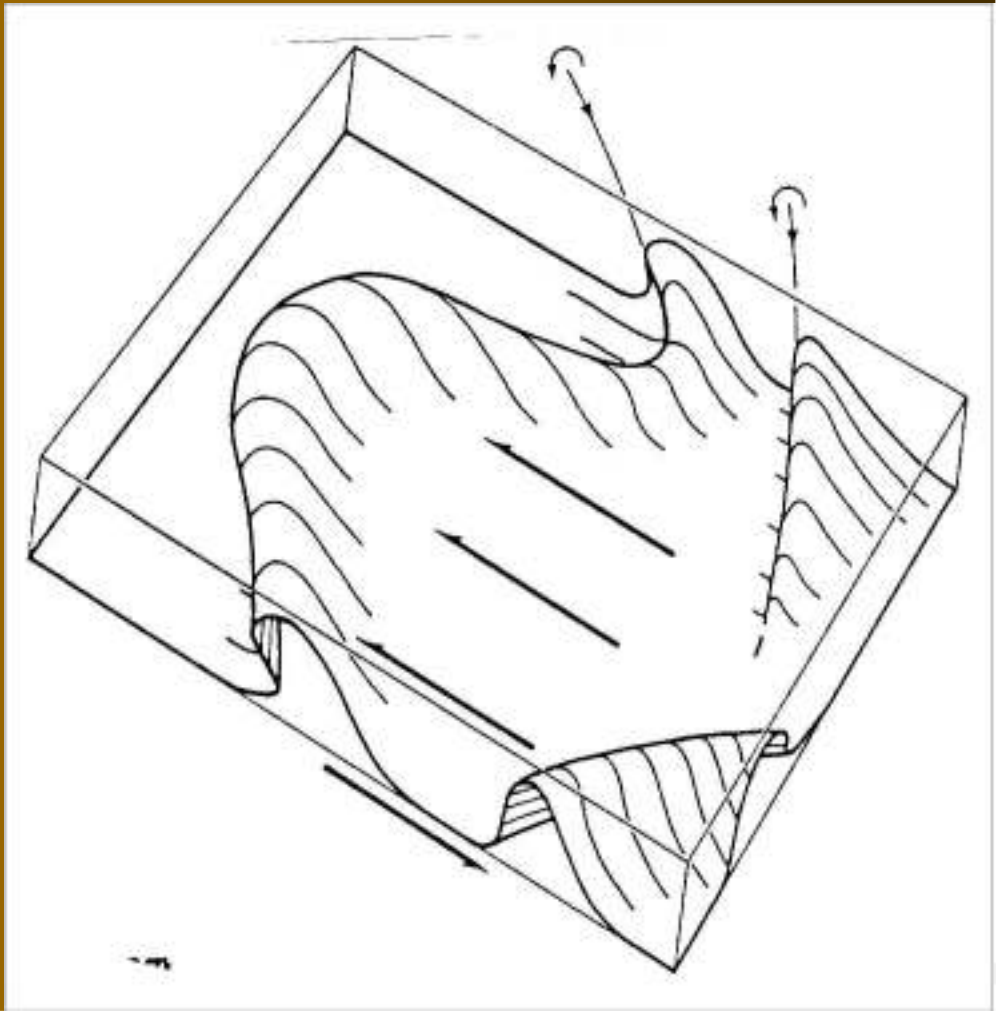
- Bazı kıvrımlar bulunuşları ve geometrik özellikleri açısından faylarla ilişkilidir.
- Bazı durumlarda faylar kıvrımlarla ilişkili ikincil yapılardır.
- Bazı durumlarda ise kıvrımlar doğrudan doğruya fay bloklarının hareketi ile gelişmiştir.
- Bu tip kıvrımlar dört tipe ayrılır.
-

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

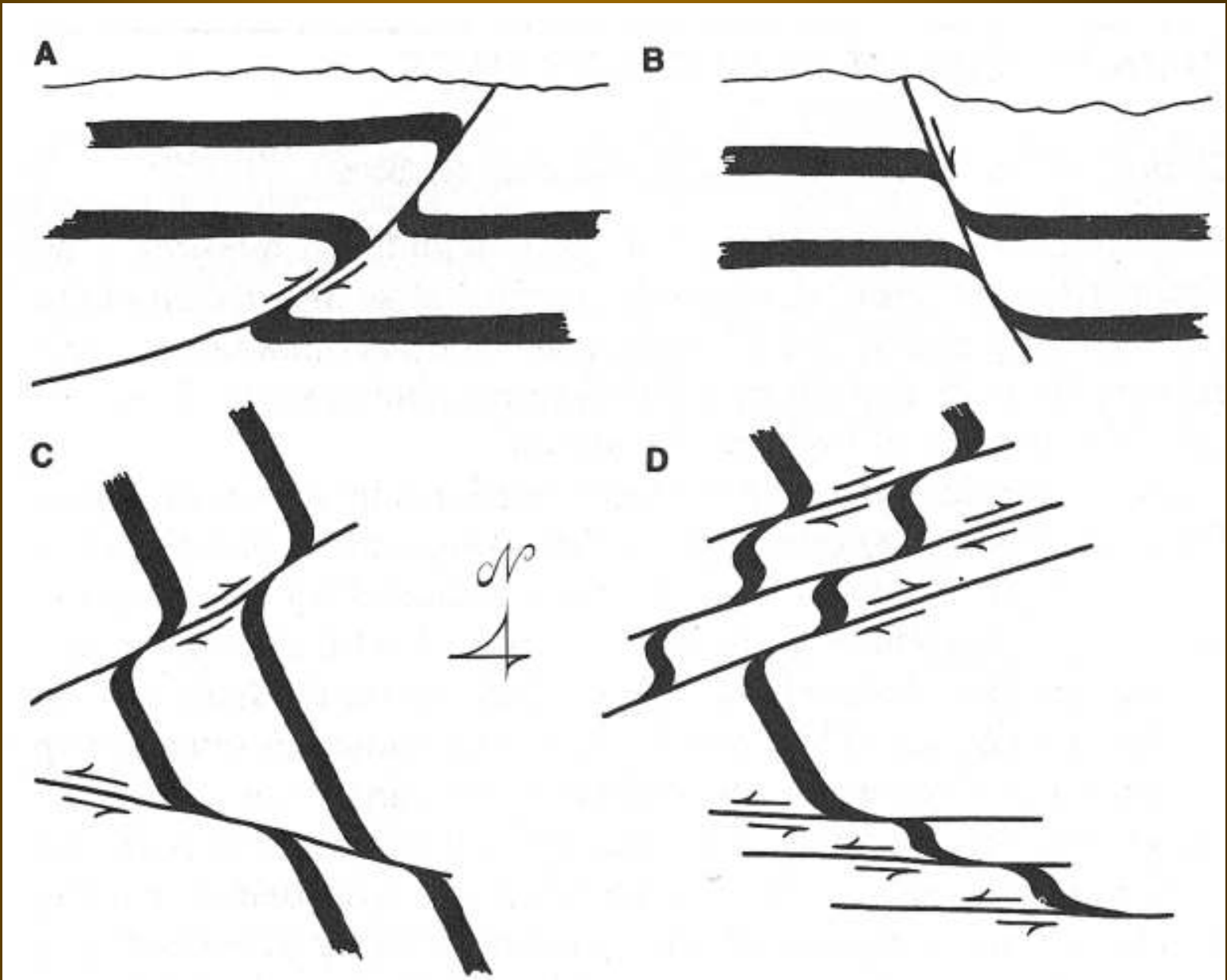
1-Sürüme kıvrımları (drag folds):

- Fay boyunca etkiyen sürtünme hareketleri ile gelişen kıvrımlardır.
- En önemli iki özelliği
  - genellikle asimetriktirler ve
  - silindirik değildirler .



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



•KIV

aşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

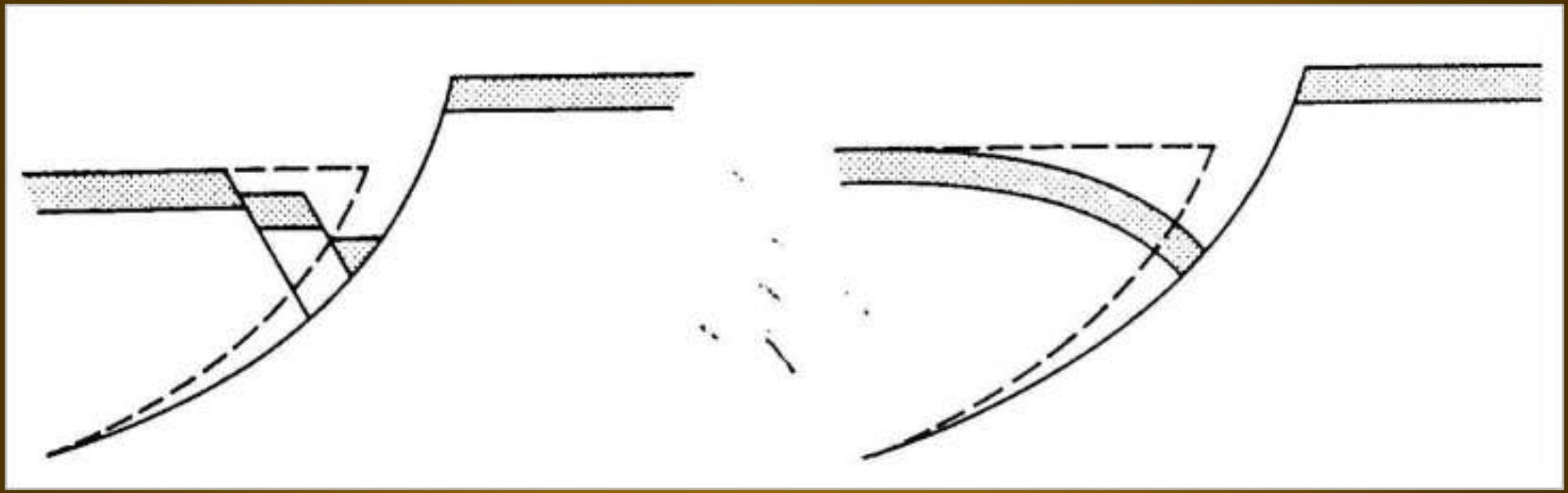
2-Fay-bükülme (fault-bend) kıvrımları :

- Fay yüzeyleri genellikle ideal olarak düzlemsel değildir ve dalgalanmalar, keskin bükülmeler gösterebilirler.
- İki blok birbirine göre yer değiştirdiğinde fay yüzeyi düzlemsel olmadığından genellikle en az bloklardan birinde deformasyon gelişir.
- Bloklar arasında geniş boşluklar oluşamayacağı için bu deformasyon genellikle tavan bloğunda izlenir.
- Bu mekanizmayla oluşan kıvrımlara fay-bükülme kıvrımı (FBK) adı verilir. FBK'ları egemen olarak 1
  - listrik olarak gelişmiş normal faylarda
  - Bindirme faylarındaki yokuş (ramp) ve düz (flat) yapılarına bağlı olarak gelişirler.

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

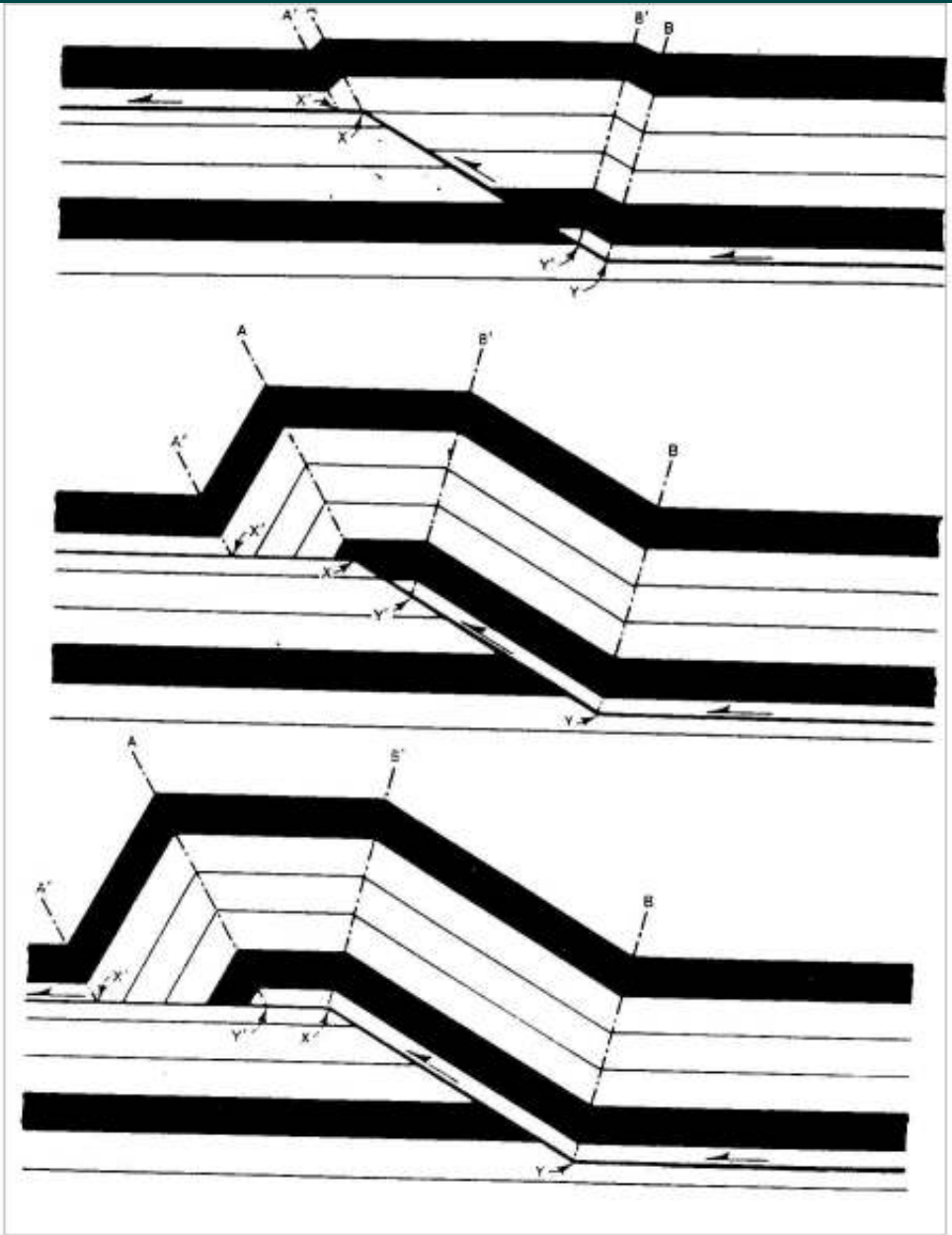
listrik normal faylarda FBK' gelişimi



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

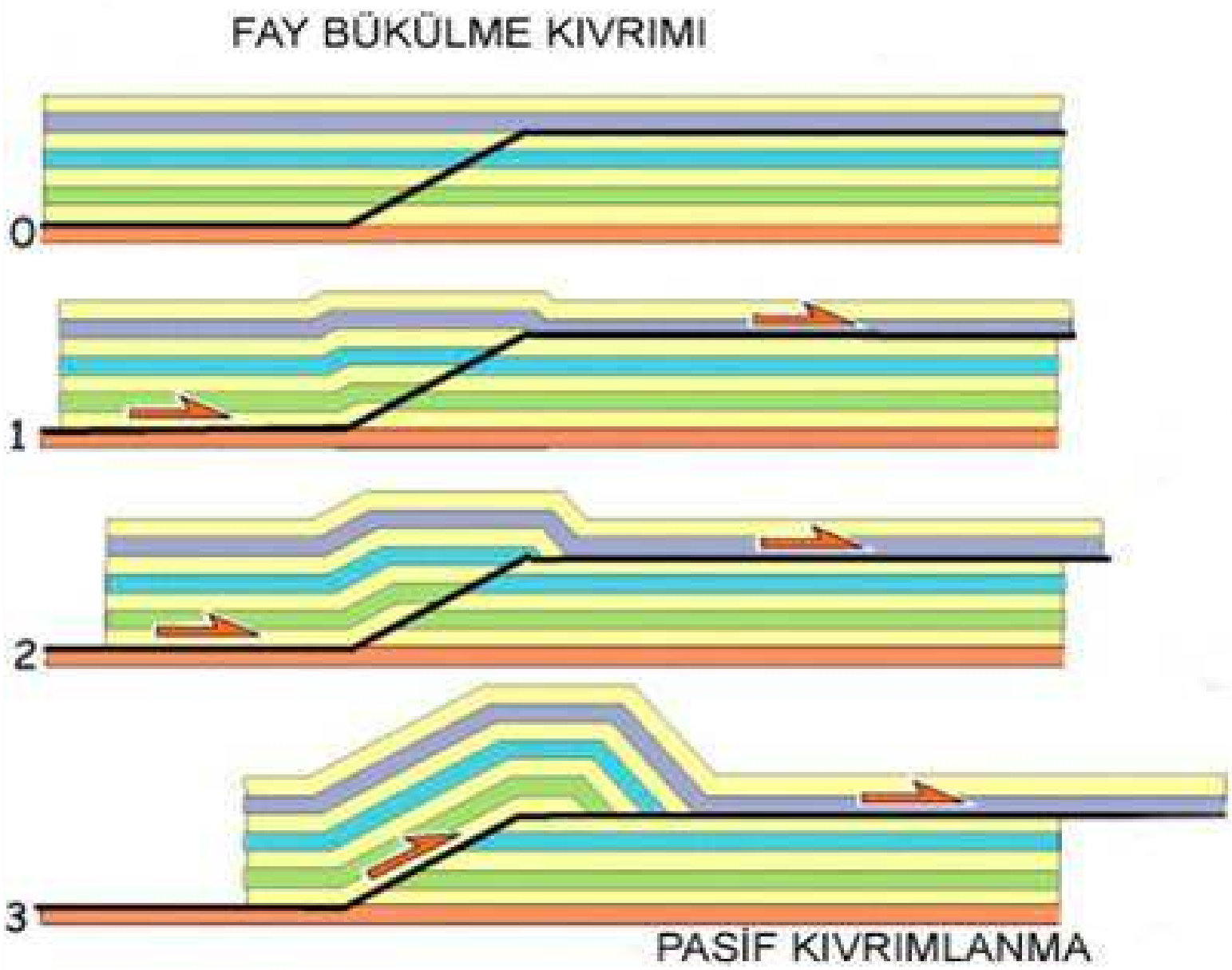
Yaşar EREN-2003

Bindirme faylarında gelişen FBK



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

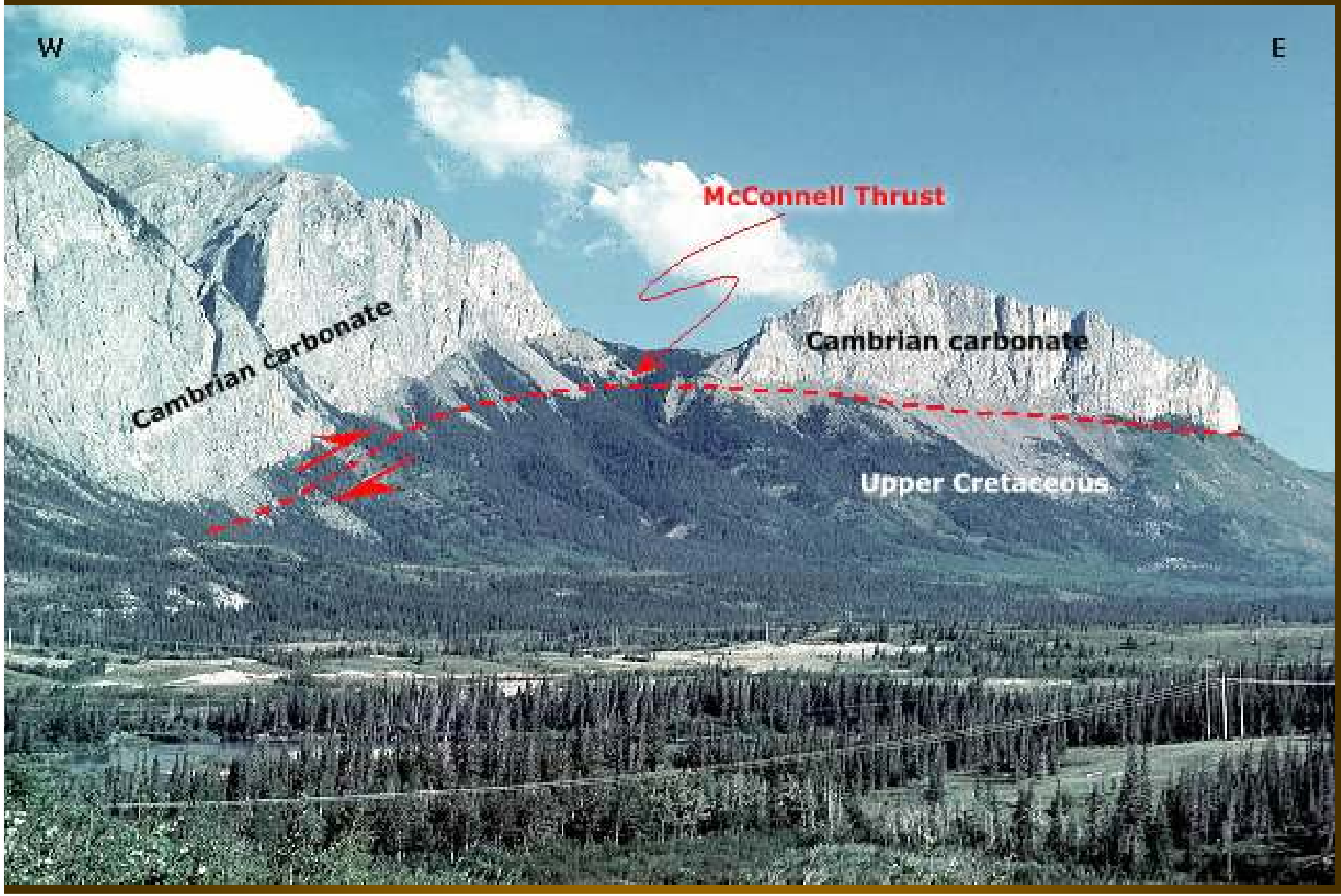
Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

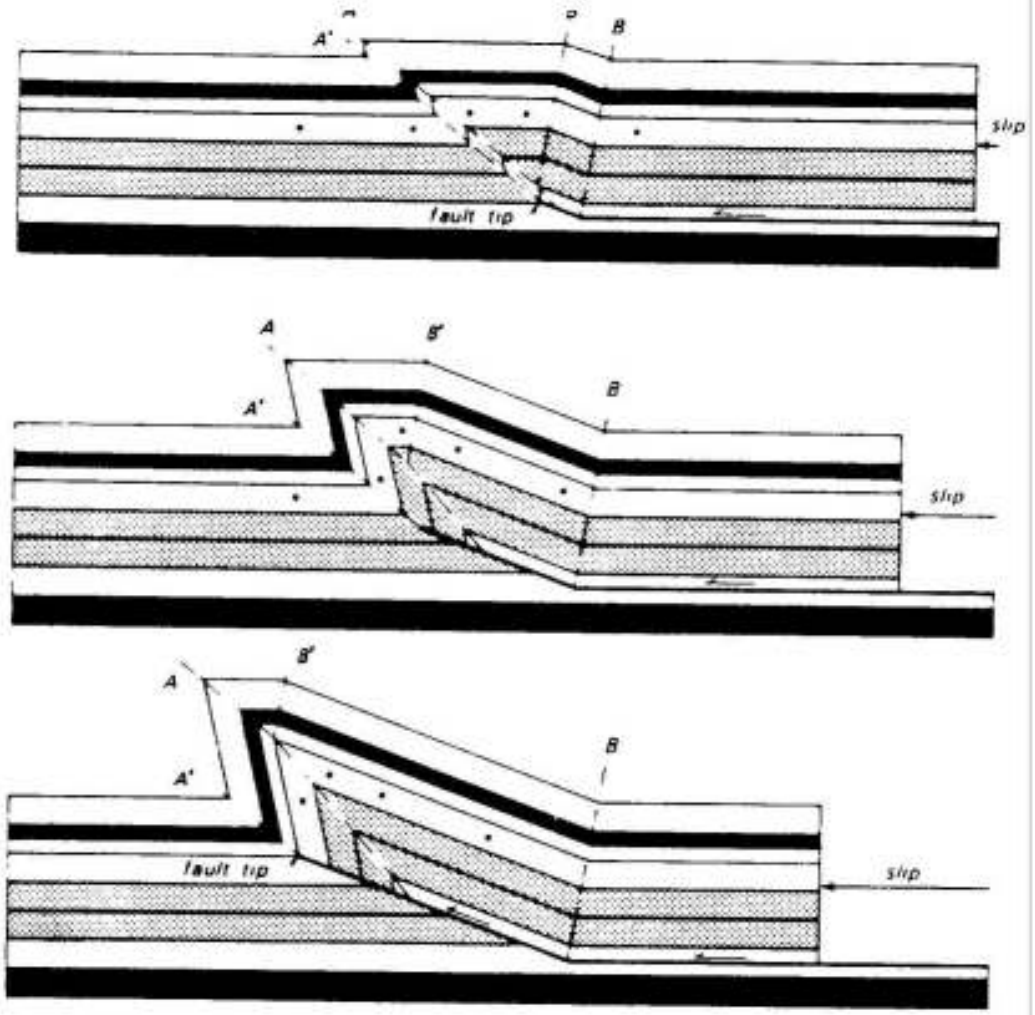


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

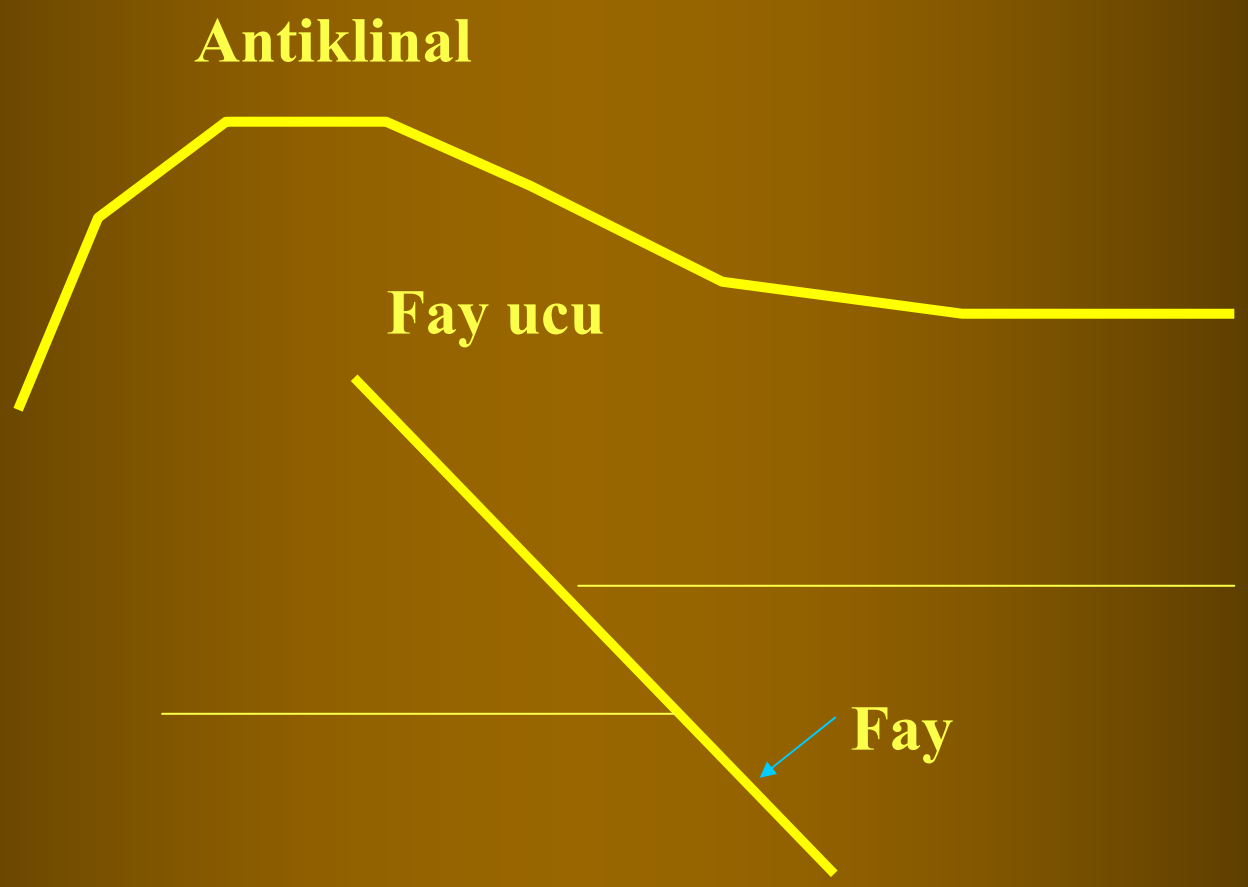
3-Fay ilerlemesi (fault-propagation) kıvrımları

- Bu kıvrımlar fayın ilerlemesine bağlı olarak, fay yüzeyinin önünde gelişen kıvrımlardır.
- Bu tip kıvrımlar genellikle ter faylarla ilişkilidirler.
- Bu yapılarda fay kıvrım çekirdeğinde sona ermekte,
- aynı şekilde kıvrımlar da fay bitiminden kısa bir mesafe sonra sönümlenmektedir



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?

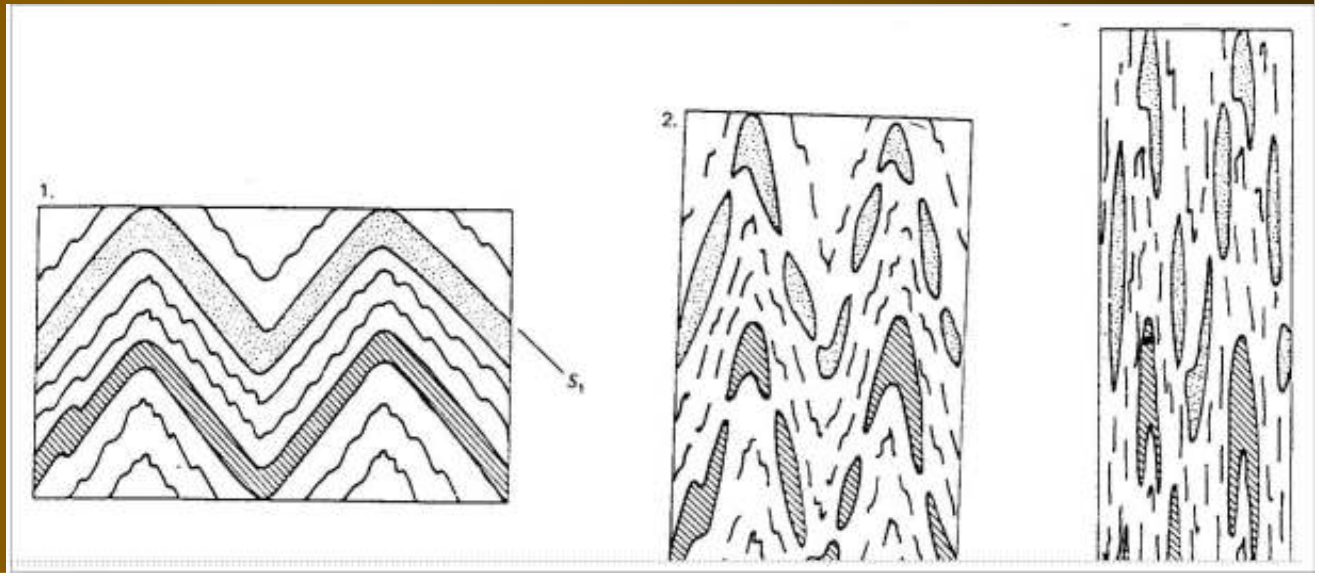
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

4-Faylarla ilişkili diğer kıvrımlar:

- Faylarla ilişkili birkaç tip kıvrım daha vardır.
- Bu kıvrımların bir çoğu daha önce temelde gelişmiş fayları açılı bir uyumsuzlukla örten kayaçlarda gözlenir.
- Temeldeki etkinliğini kaybetmiş faylar daha sonra yeniden hareket kazanabilir.
- Bu durumda örtü kayaçlarında monoklinal-bükülme (monoclinal-flexures) gelişebilir

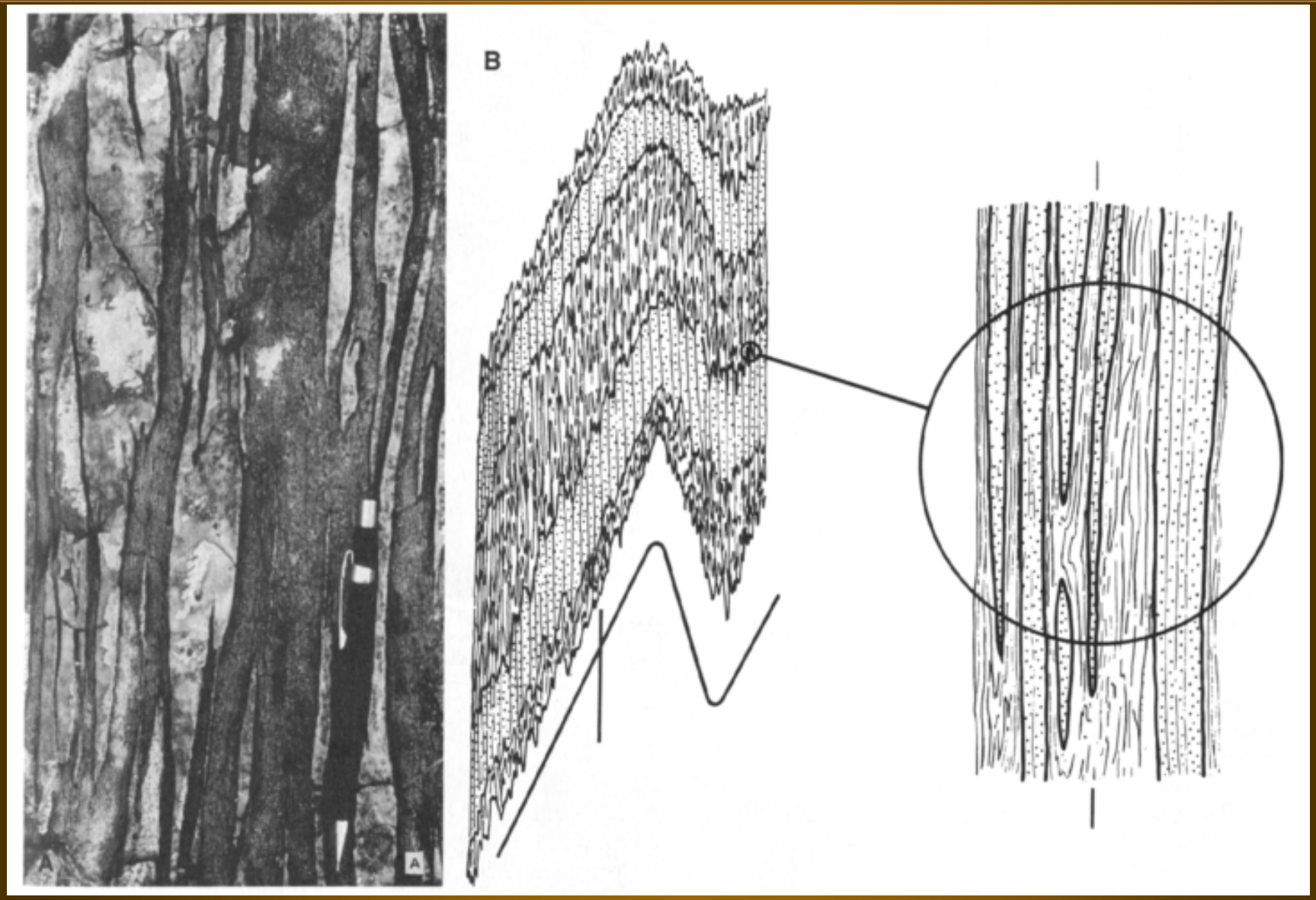
5.8.Transpozisyon yapıları ve yalınmış kıvrımlar

- Tabakalı ve laminalı kayaçlarda, fleksürel kayma kıvrımlanması esnasında kompetent tabaka gittikçe sıkışık bir geometri kazanır ve
- kıvrımın kanatları kayma düzlemlerine parallel olur.
- Deformasyonun ilerlemesiyle, kıvrımın eksen bölgesi hariç tabaka yüzeyi klivaj yüzeyi ile çakışır.
- Buna tabaka transpozisyonu denir.
- Litolojik yüzeyler klivaja parallel bir şekil aldığından kayaçta yalancı tabakalanma oluşur.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

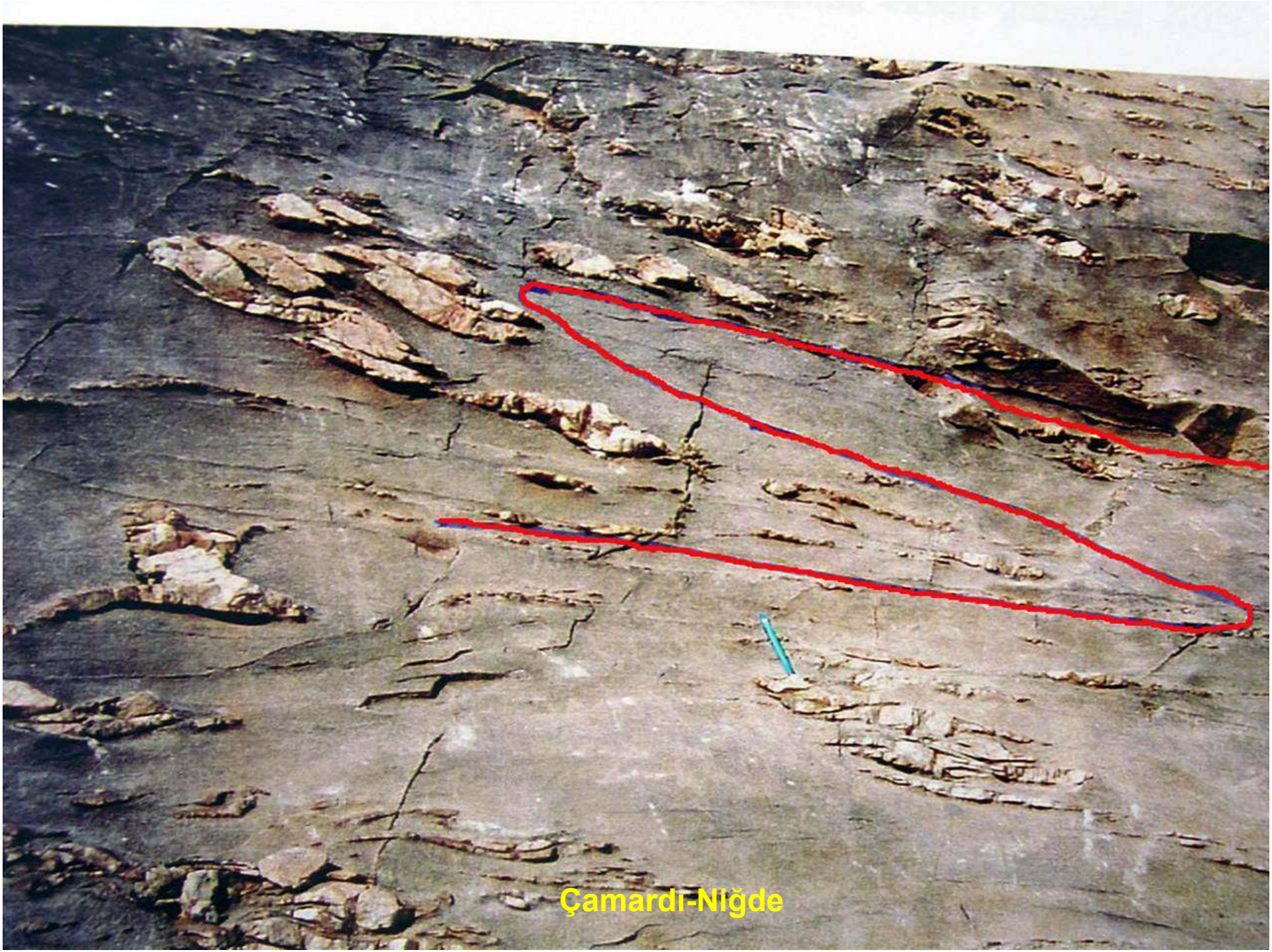


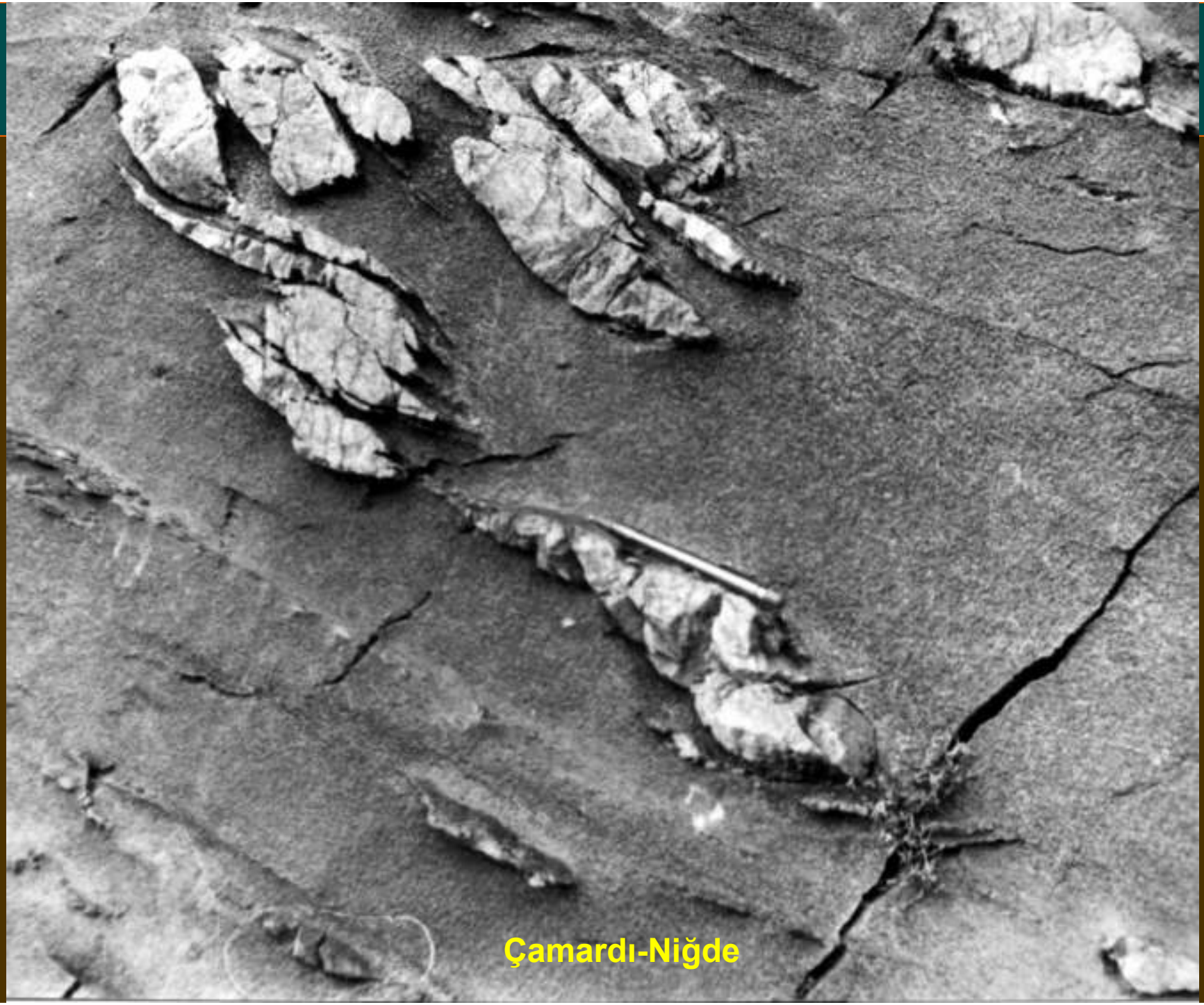
?
Çamardı-Niğde

?
Çamardı-Niğde

•KIVI

Yaşar EREN-2003

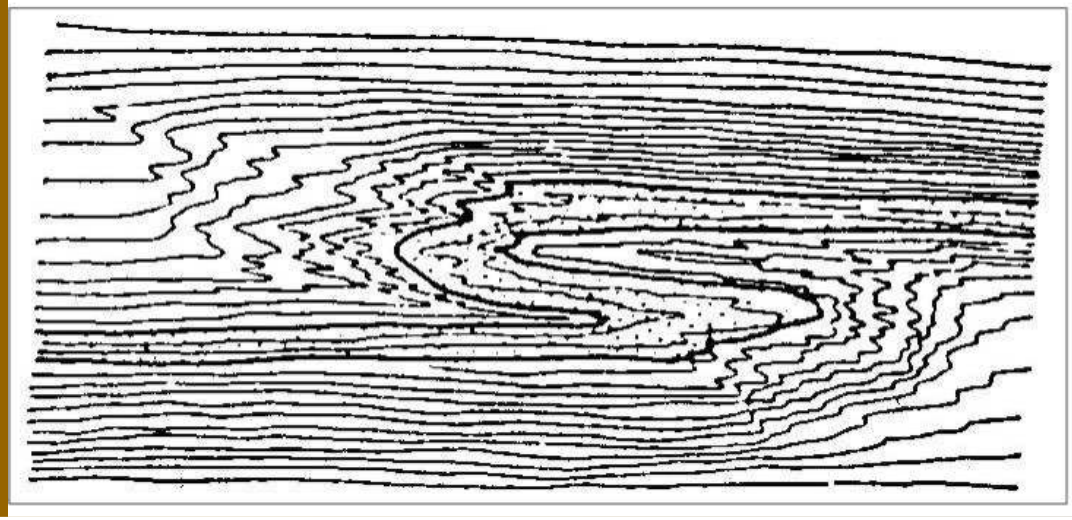

Çamardı-Niğde


Çamardı-Niğde

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

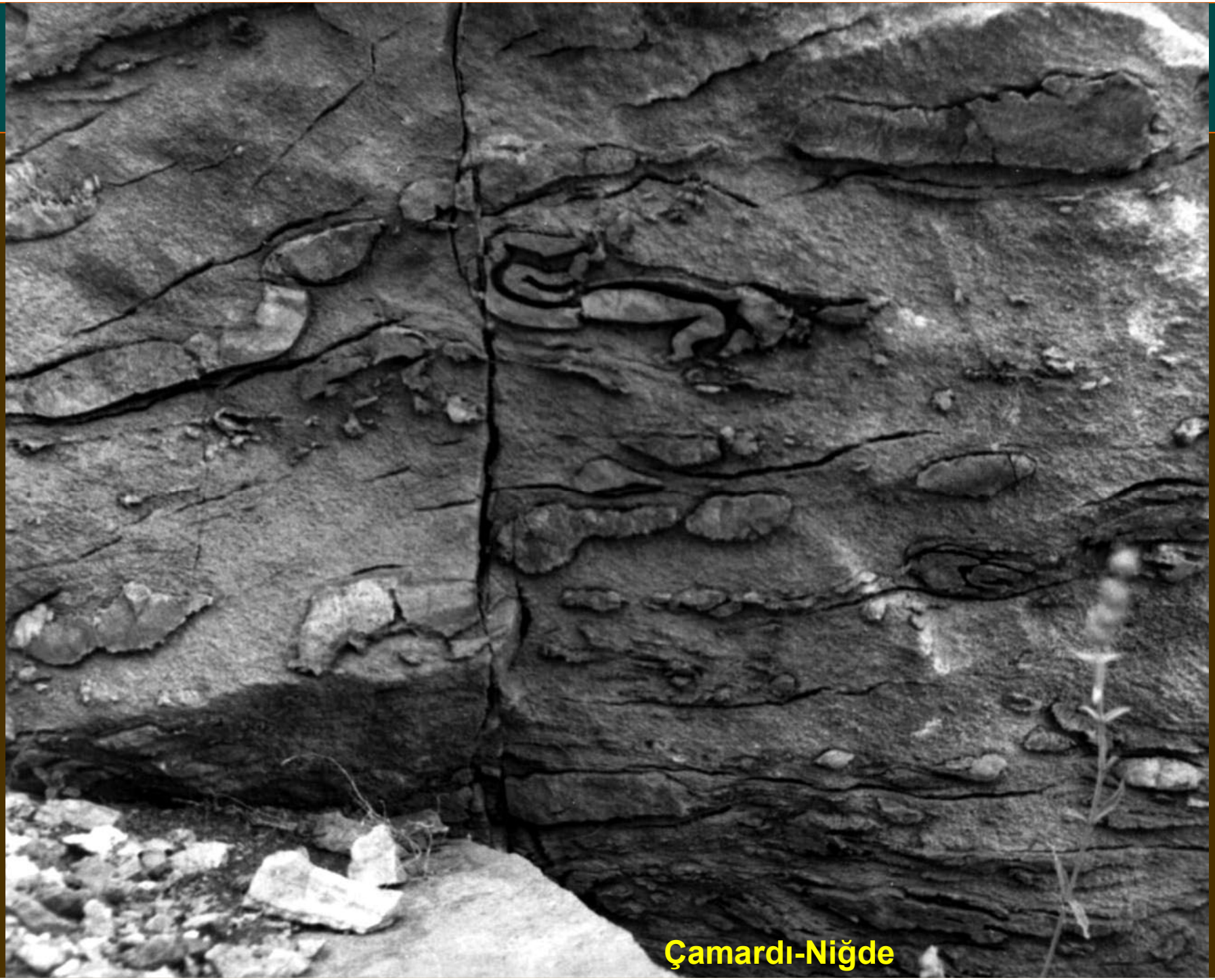
- Şiddetli deforme olan bu kayaçlarda kıvrımlar sıkışık ve izoklinaldir ve kanatlar oldukça incelmiştir.
- Daha fazla sıkışma ile bu kıvrımlar eksen bölgeleri hariç klivajdan ayrılamayacak bir konum kazanır.
- Bu kıvrımlara foliasyon içi kıvrım adı verilir



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?
Çamardı-Niğde


Çamardı-Niğde

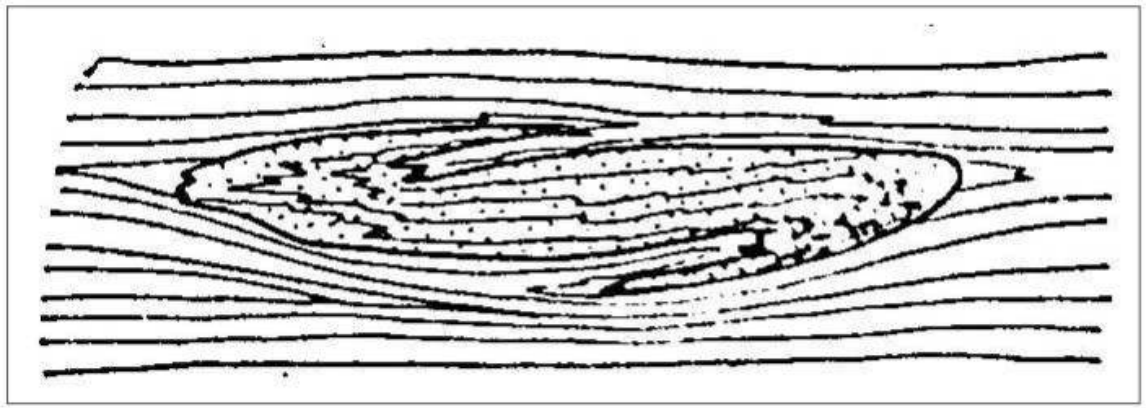
Altınekin-Konya
?

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

- Eksen kanatlardan tümüyle ayrılırsa, klivaj, şistozite veya foliasyon düzlemleri boyunca sıkışık şekilli, ayrık kıvrım eksenleri görülür. Bu kıvrımlara **yalınmış** veya **köksüz foliasyon içi kıvrım** adı verilir.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

?

5.9.Kıvrımlanma nedenleri

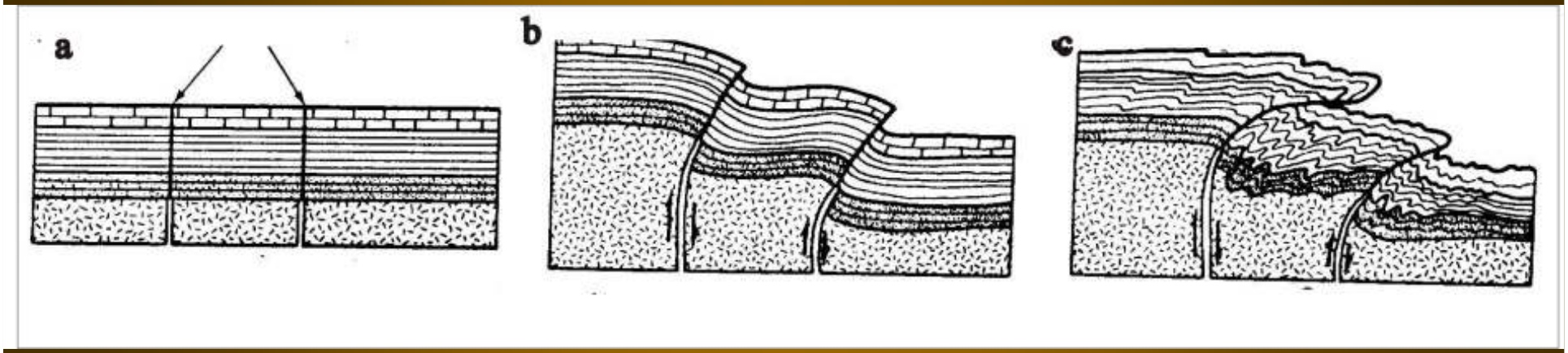
- Kıvrımlar tektonik veya tektonik olmayan süreçlerle oluşabilirler. Tektonik süreçlerle oluşan kıvrımlar genellikle yer içindeki hareketlere bağlı olarak gelişirler. Bu hareketler
  - 1- Yatay sıkışma ve
  - 2- Düşey hareketler olmak üzere ikiye ayrılabilir.

- Levha tektoniği çerçevesinde levhaların hareketi kıvrımlı-bindirmeli yapıları ve orojenik kuşakları oluşturur.
- Yerkabuğunun düşey hareketleri de bazen doğrudan veya dolaylı olarak kıvrımlanma oluşturabilir. Bu hareketler genellikle çok büyük ölçekli ve açık geometrili kıvrım oluşturur (Dom ve havza).

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

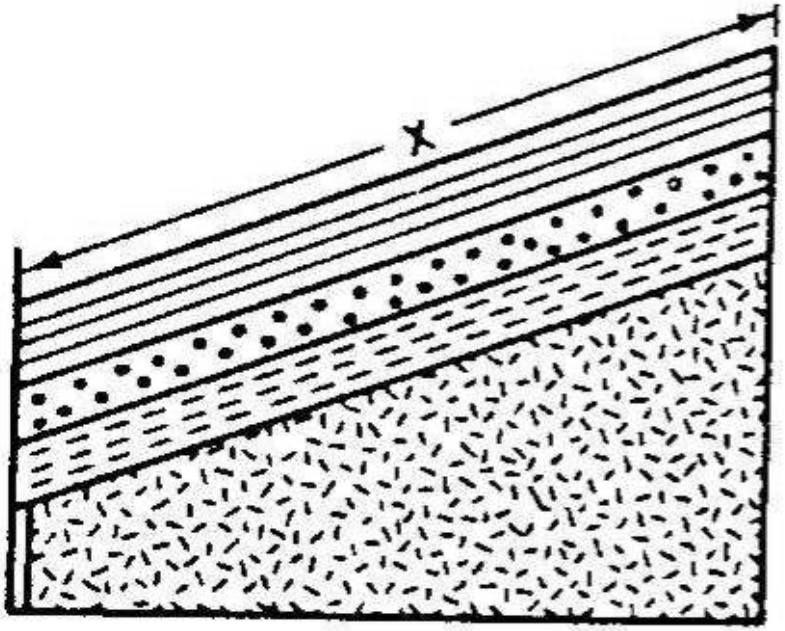
- Yine düşey hareketlerin asimetrik ve devrik yapılar oluşturabildiği de belirtilmektedir.
- Burada blokların farklı yükselmesinden kaynaklanan eğilmeler nedeniyle sedimentlerde kıvrılmalar gelişebilir.
- Bu tip kıvrımlanmada bölgesel bir kısalma sözkonusu değildir.

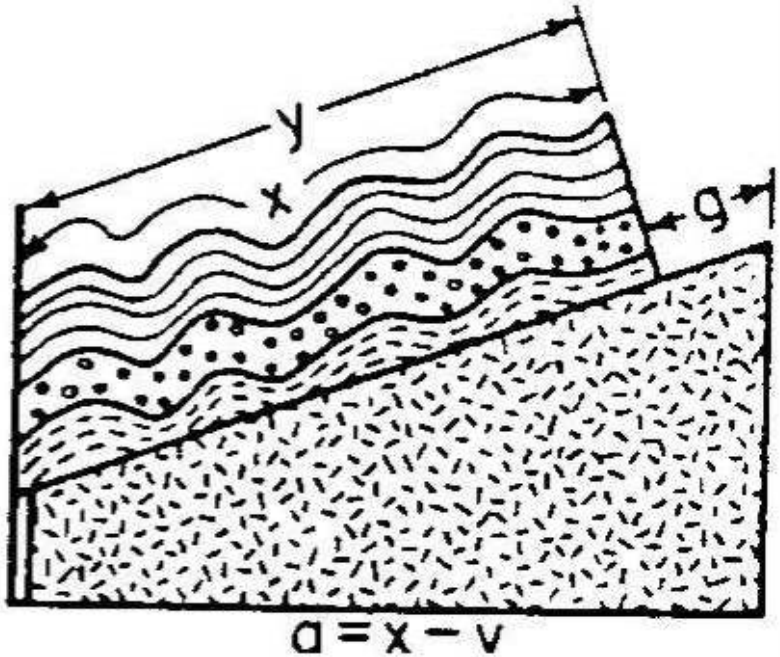


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Yine gravite kaymaları ile kıvrımlar gelişebilmektedir .



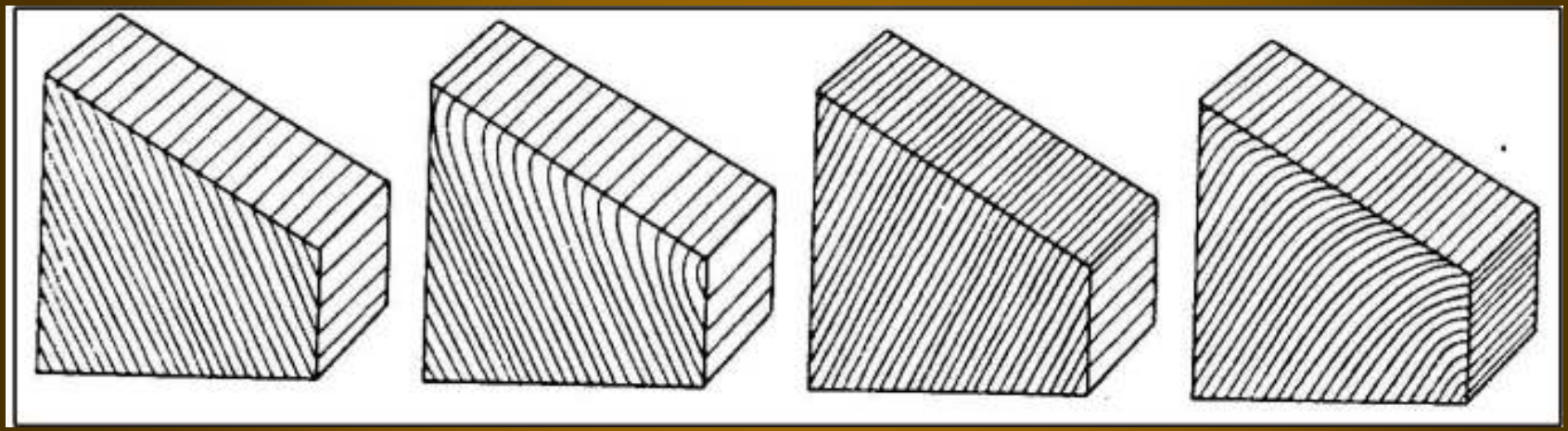


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

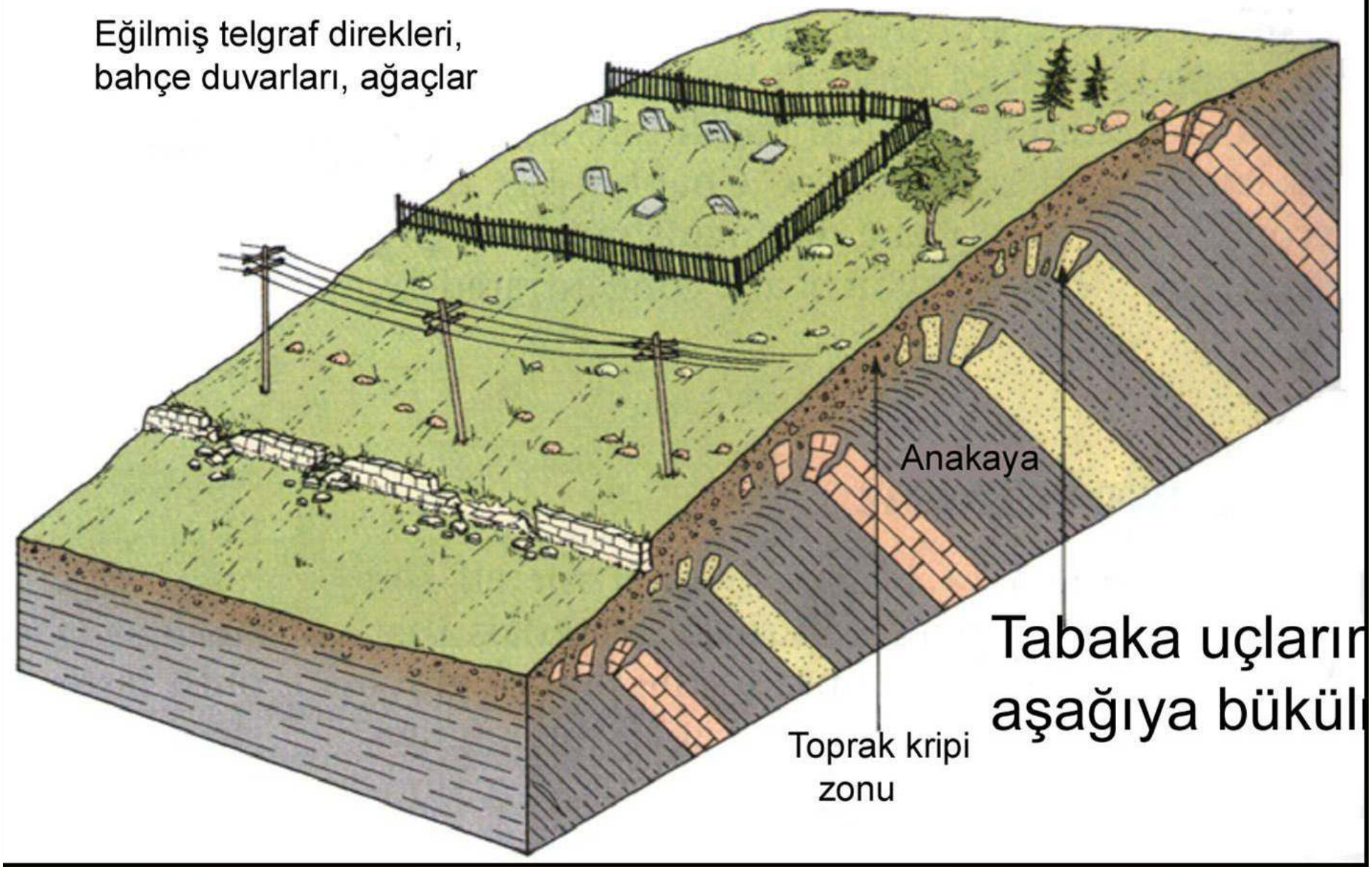
Yaşar EREN-2003

- Tektonik olmayan süreçlere ilişkin kıvrımlanmalar, genellikle yeryüzündeki erozyon ve depolanma gibi olaylarla ilişkilidir.
-

1-Yamaç kripi



KRİP, yavaş-sürekli yamaç hareketleri



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

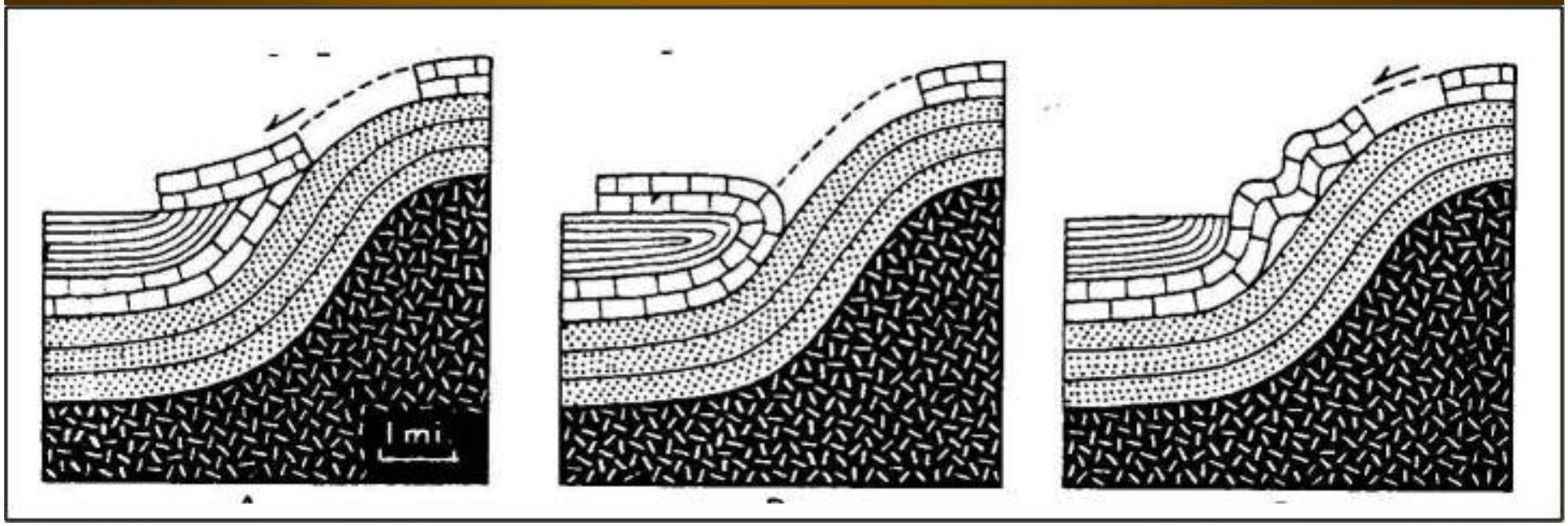
Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

2-Göçme-yıkılma yapıları:

- Gravite kaymasının bir türüdür



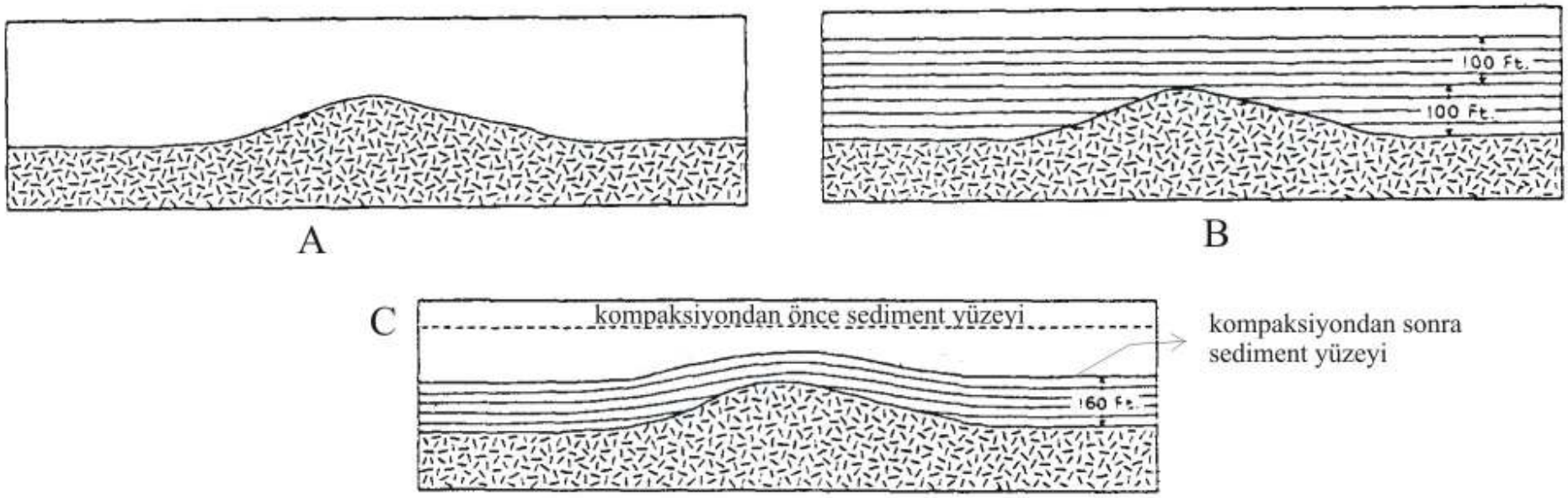
•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

3-Alttaki yumuşak kayaçların yukarıya doğru hareketi

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

4-Diferansiyel sıkışma

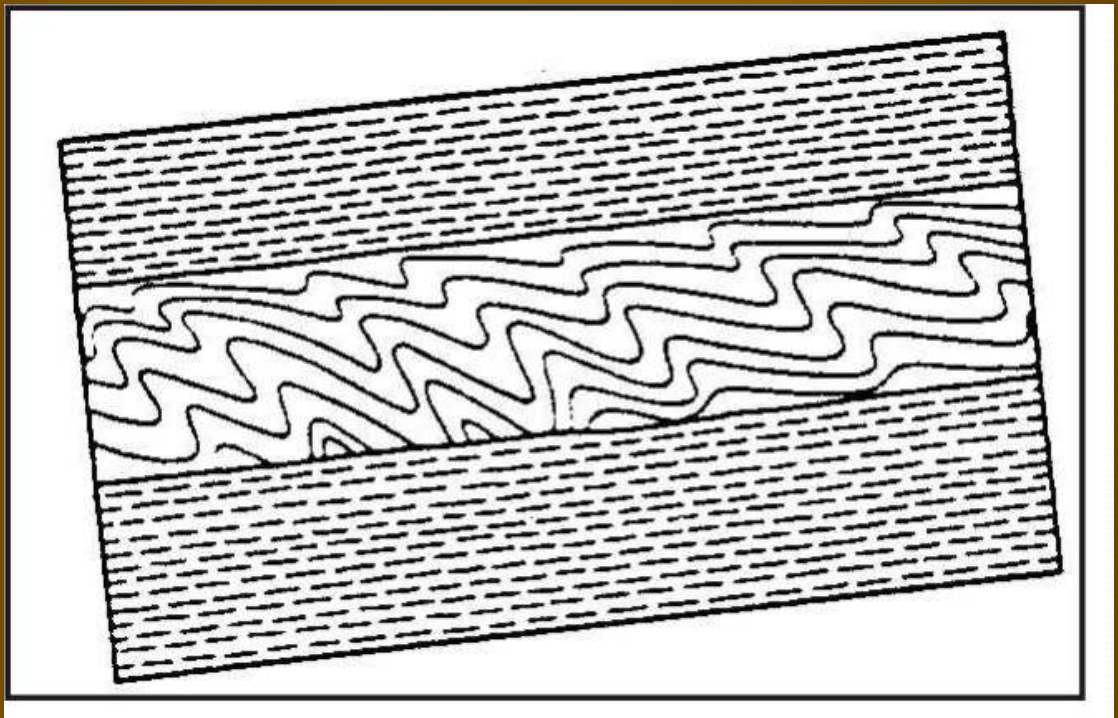


•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

5-Slump yapıları:

- Taşlaşmamış sedimentlerin kayması ile oluşan formasyon içi kıvrımlardır.



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Diapirik yapılar ve tuz domları

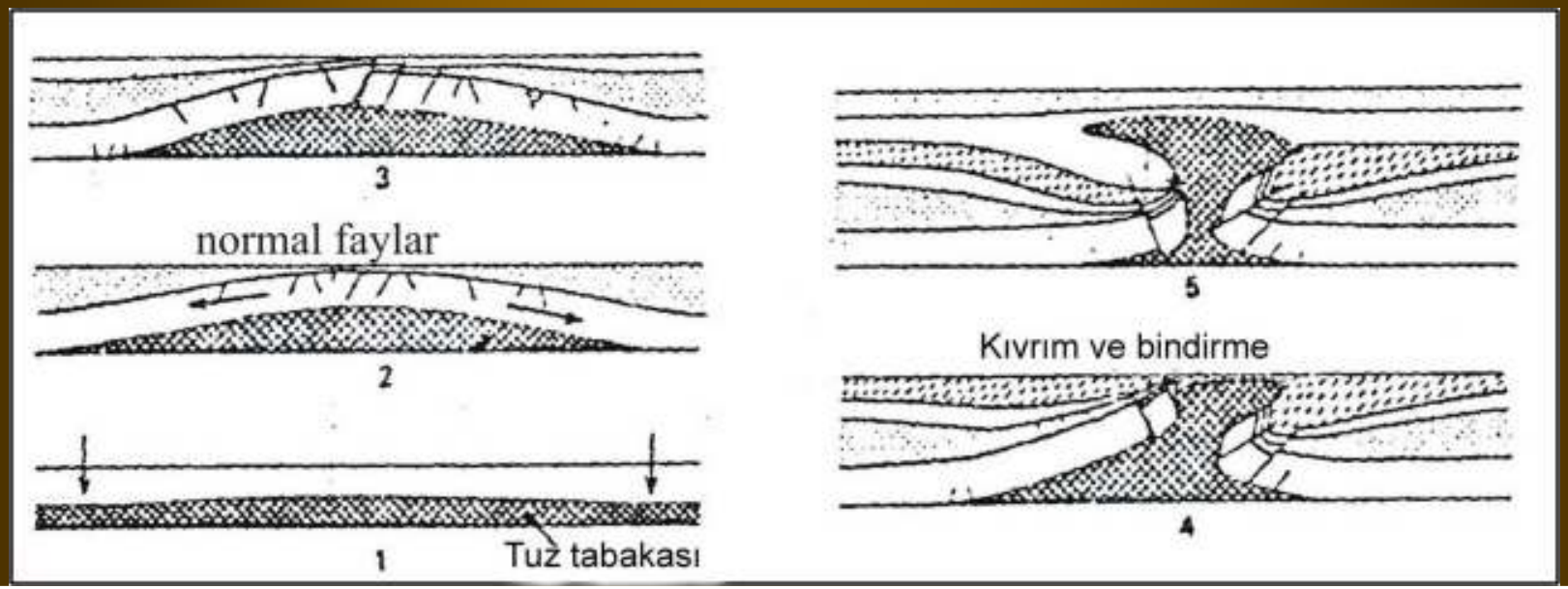
- Daha yoğun kayaçlar altında bulunan daha az yoğun kayaçların, gravite etkisiyle yukarıya doğru yükselmesi ve üstteki kayaçlar içine sokulması ile oluşan dom şeklindeki yapılara diapirik yapı adı verilir.
- Diapirik yapıları tuz, evaporit ve kil gibi kayaçlar oluşturabilir.
-

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Tuz domu

- Alttaki tuzun intrüzyonu ile oluşan diapirik yapılara ise tuz domu adı verilir.
- Tuz domlarının şekli basit geniş dom şeklinden, mantar şekline kadar değişebilir.
- Tuz yukarı doğru hareket ederken çevredeki kayaçları yukarı doğru iter ve kıvrımla beraber ters fay oluşturur.
- Tuz domu silindirik veya daire şekilli kıvrım ve faylarla çevrilidir. Tuz gövdesinin üstündeki kayaçlarda ise, ekstensiyonel yapılar (gravite fayları) bulunur



•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Yaşar EREN-2003

Tuz domları-Zagros, Iran

•KIVRIMLANMA MEKANİZMALARI

Dom ve Havza

- Yer kabuğunun karakteristik yapılarından biri de birkaç 100 km dalga genişliğindeki alçalmış ve yükselmiş büklümlerin bulunmasıdır.
- Bu tip yapılar duraylı orojenik olmayan kratonlarda gelişmiş havza ve dom adı verilen yapılardır.
- Havzalarda kalın sedimentler birikir ve havza kenarına doğru sediment kalınlığı azalır.
- Bu tip yapılar ana olarak gravite etkisiyle oluştukları kabul edilir.