

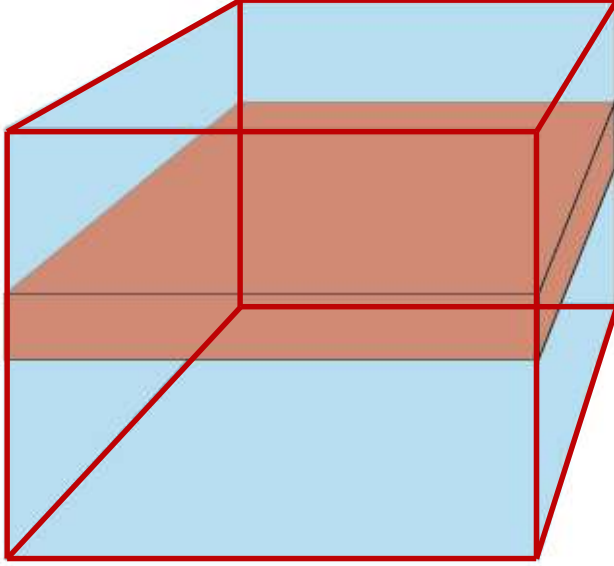
TEKTONİK YAPILAR

A. M. Celâl Şengör

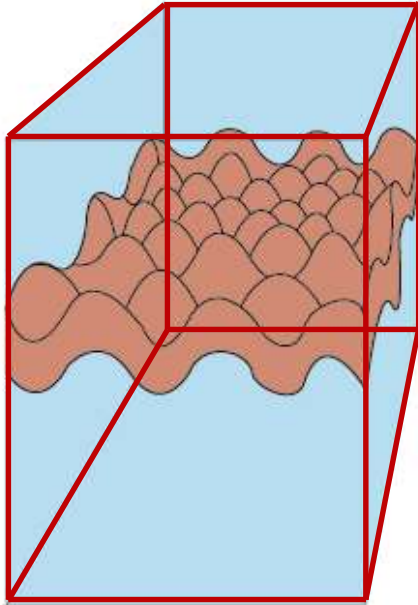
Tektonik yapılar konusunda bilmeniz gereken en önemli şey, bunlar hakkındaki en önemsiz şeyin tektonik yapıların kendileri olduğudur. Tektonik yapıları, ifâde ettikleri yamulmayı ve yamulma tarihini ortaya çıkartabilmek için inceleriz. Bizi temelde ilgilendiren, taş hacımlarının zaman ve mekânda uğradıkları şekil değişiklikleridir.

Meselâ, bir kıt'a kenarı, bir dağ kuşağına dönüşürken, onu oluşturan kayaç kütleleri nasıl şekil değişikliklerine mâruz kalmışlardır? Bu şekil değişiklikleri sürekli mi olmuştur, inkıtalı mı, yani süreksiz mi olmuştur? Hangi yamulma mekanizmaları bu şekil değişikliklerini yönetmiştir?

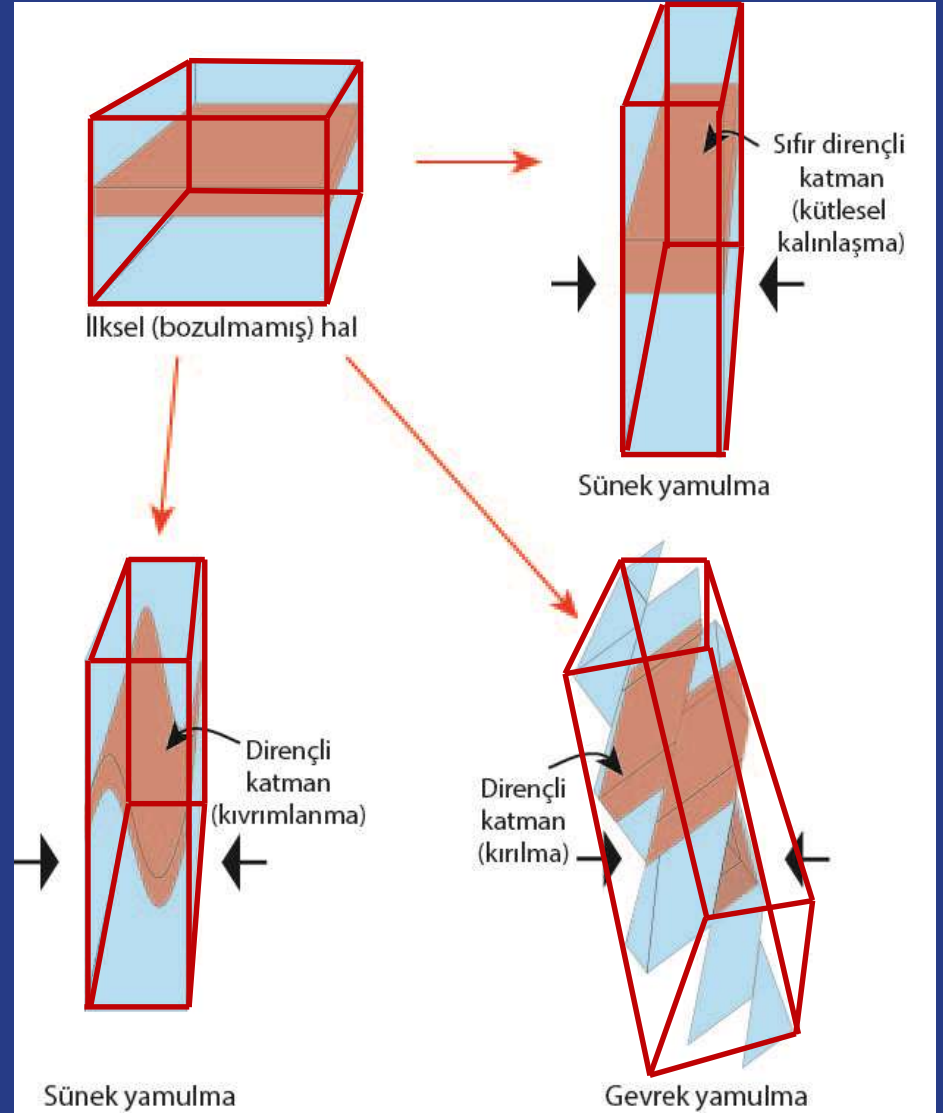
Bu ve benzeri sorulara cevap ararken yapılardan yararlanırız.



İlksel (bozulmamış) hal



Sıkılmış hal



Tektonik yapılar, taşlarda, dünyanın iç olaylarının meydana getirdiği kıvrımlar, faylar, lineasyonlar, yapraklanmalar, vb yapılardır. Bunlar, benzer şekiller arzedeabilen sedimanter yapılardan, kökenlerinin iç olaylar olmasıyla ayrılırlar.



Synsedimentary “folds” in Devonian sandstones in the Sahara, Africa



Tectonic fold in Devonian mudstones in Cornwall, England



Bir buzul önü deltasında meydana gelmiş, tektonik olmayan bir fay



Gösterilen yapıların hiçbiri tektonik yapılar olmadıkları halde görünüşleri tektonik yapılarınkinin hemen hemen aynısıdır

Jeolojik yapılar üç türdür:

İnşâ yoluyla oluşan yapılar

Daha önce mevcut olmayan malzemeden oluşan yapılar.

Ör: Batolit, resif, volkan, tabaka vb

Mevcut yapıların yamulmasıyla oluşan yapılar

İç olaylarla oluşan
yamulma yapıları

Ör: Tektonik
kıvrımlar, faylar, dağ
kuşakları, rift
vâdileri vb

Dış olaylarla oluşan
yamulma yapıları
Ör: Heyelânlar, buz
tektoniği vb

Mevcut yapıların tahribiyle oluşan yapılar

Daha önce mevcut yapıların aşınma ve taşıma yoluyla tahrib edilmesiyle oluşturulan yapılar. Ör: Vâdiler, mağaralar vb.

Tüm yapılar bir tür BOZULMA
(=DEFORMASYON) sonucu oluşurlar

Form: herhangi bir şeyin şekli veya kuruluşu

De- öntakısı: terslenme, geri döndürme imâ eder

dolayısıyla:

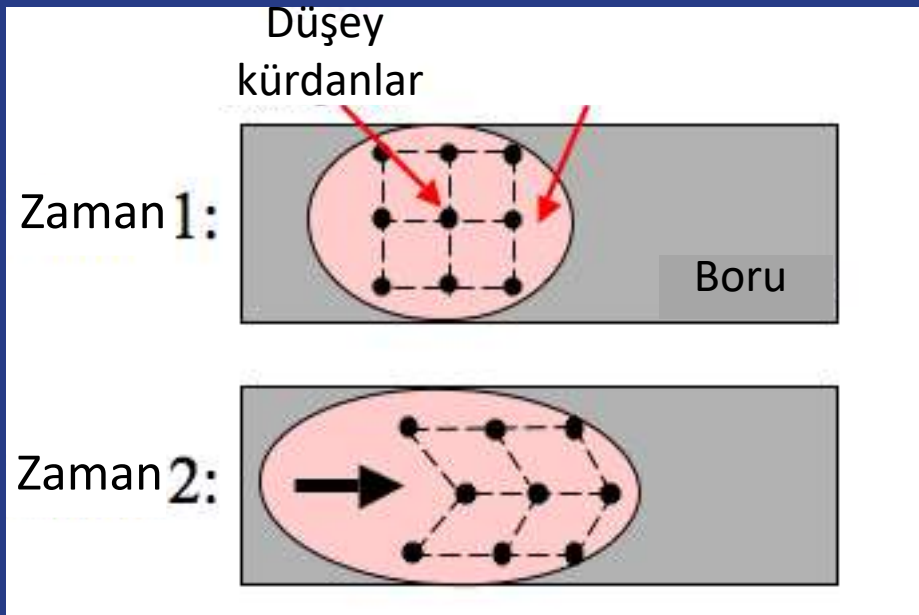
Deformasyon: şeklin geri çevrilmesi, bozulması

DEFORMASYON NEDİR?

Pek çok kiři deformasyonu sadece şekil deęiřiklięi sanmaktadır. Halbuki bu böyle değildir,

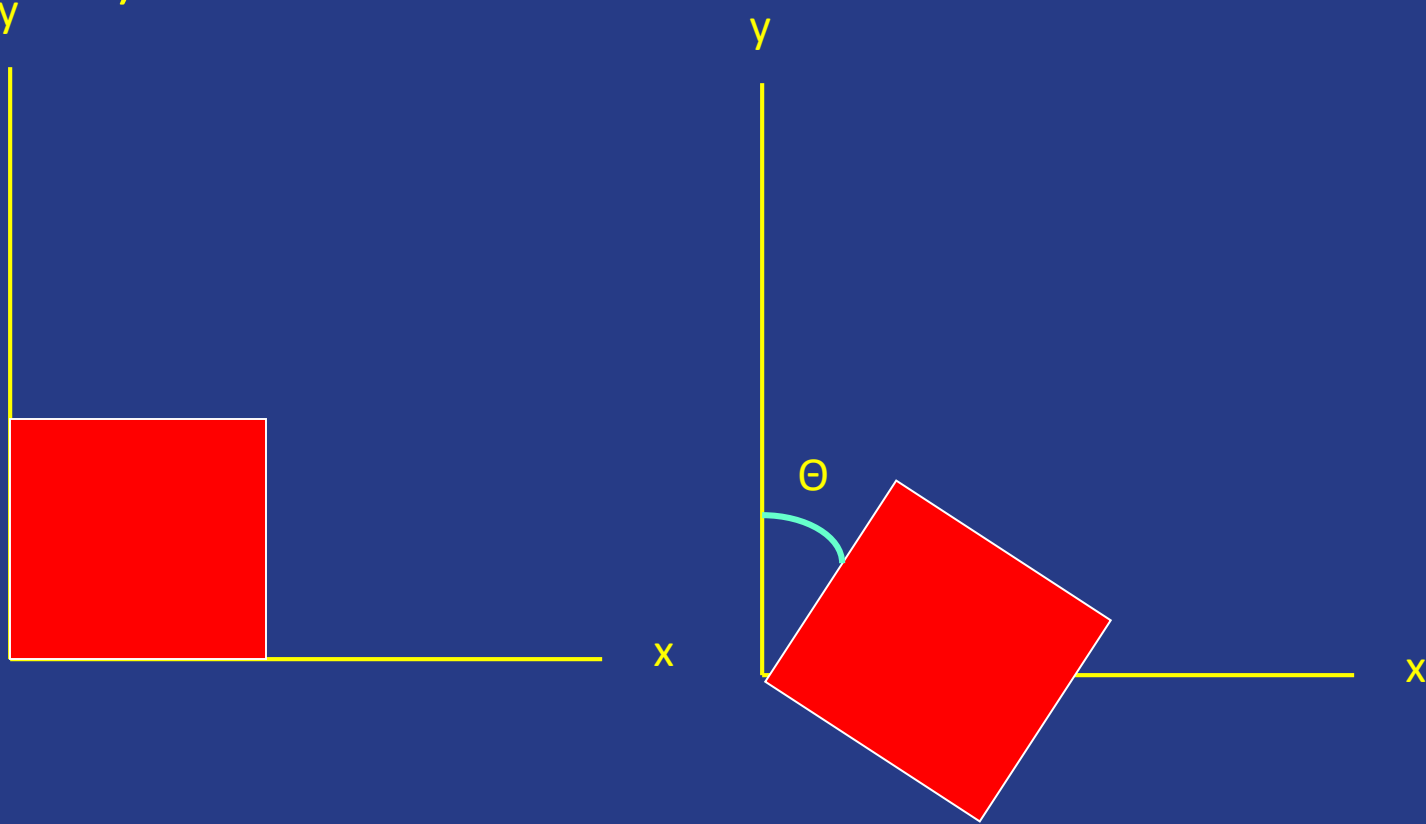
Deformasyon (1) şekilde, (2) yönelimde ve (3) konumda (yerde) deęiřiklidir.

şekil deęiřiklięine yamulma denir ve bir i başvuru sistemine göre ölçülür.



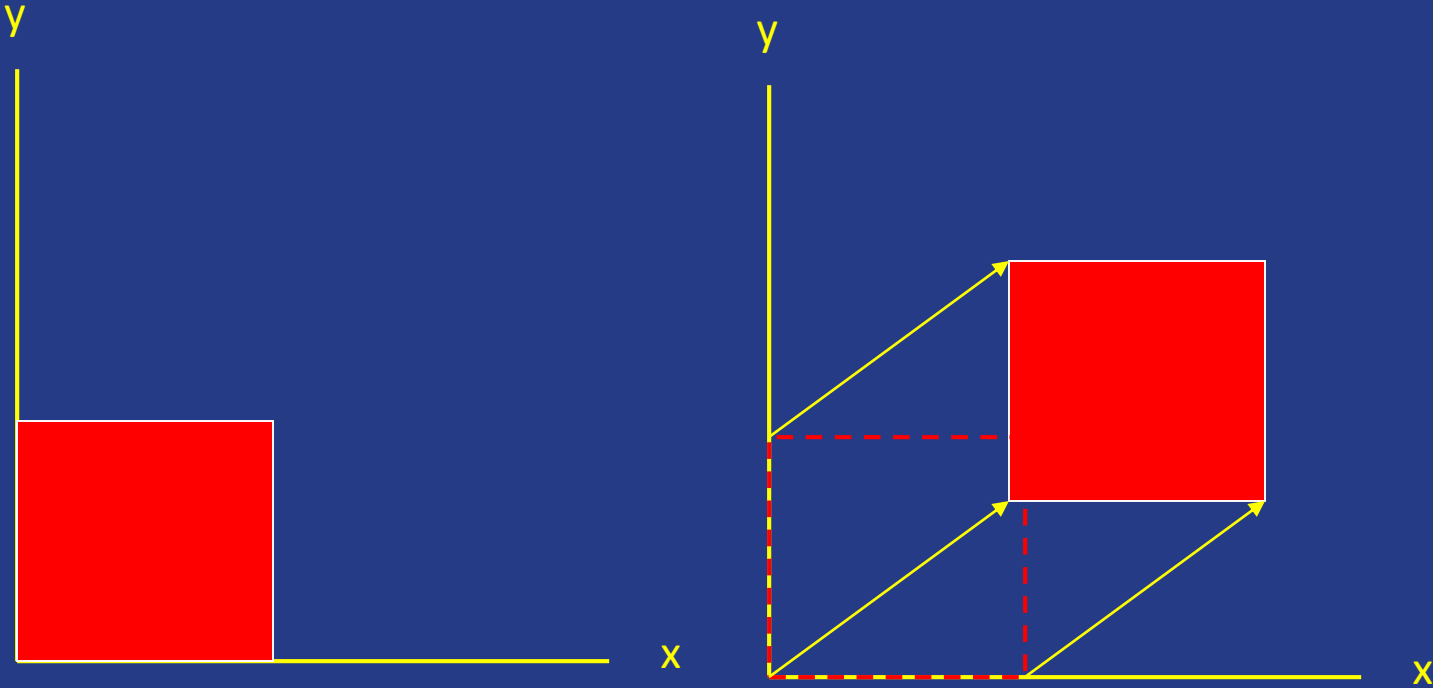
Buradaki kürdanlar bir i başvuru sistemi oluřtururlar. Zaman 2'de, kürdanlar, zaman 2'ye nazaran hareket etmiřlerdir

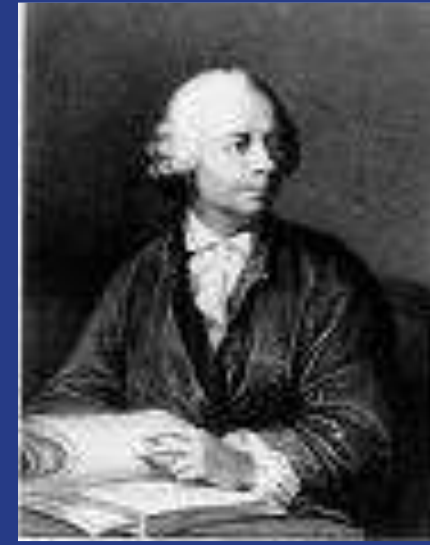
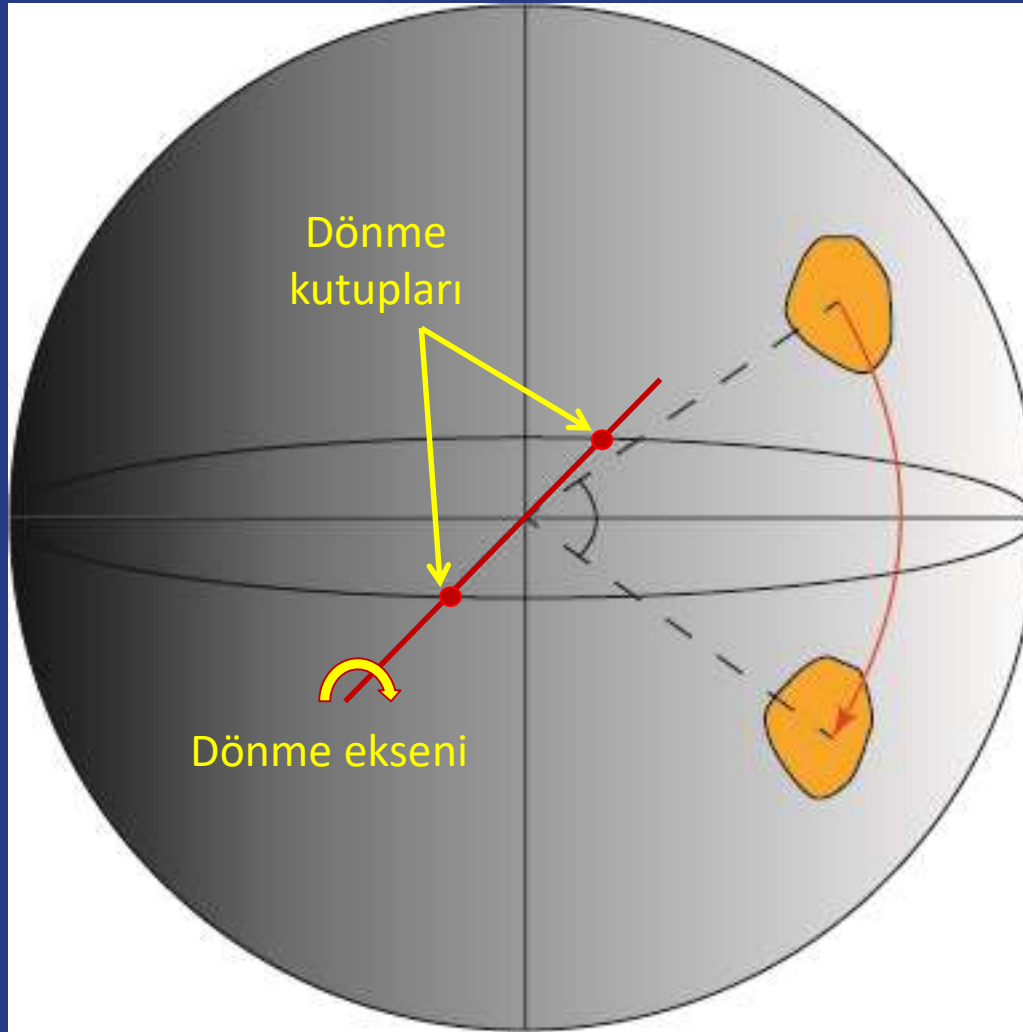
Hem yönelimdeki hem de konumdaki (yerdeki) değişiklik ancak bir dış başvuru sistemine göre ölçülebilir (burada x-y koordinat sistemi):



Yönelimdeki değişikler: Bir θ açısı etrafındaki dönme

Konum (yer) değişimi düzlem üzerinde bir taşınma (translation)
gerektirir

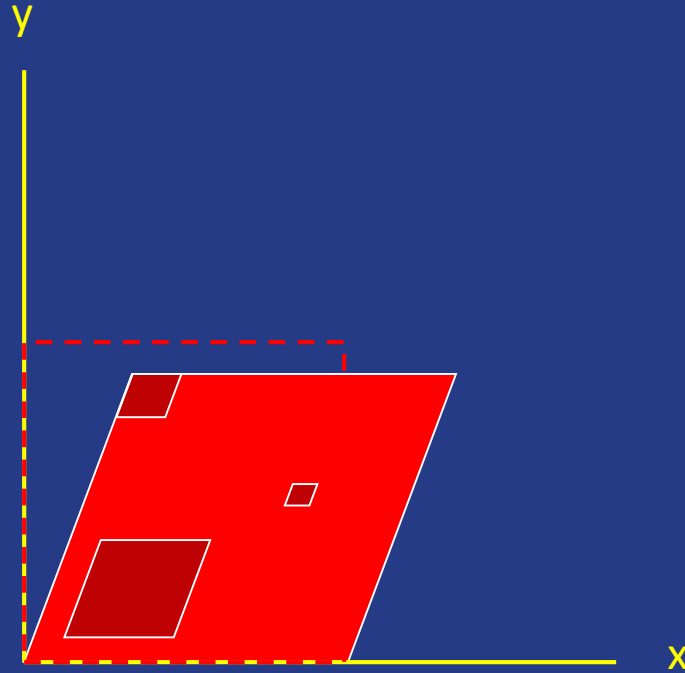




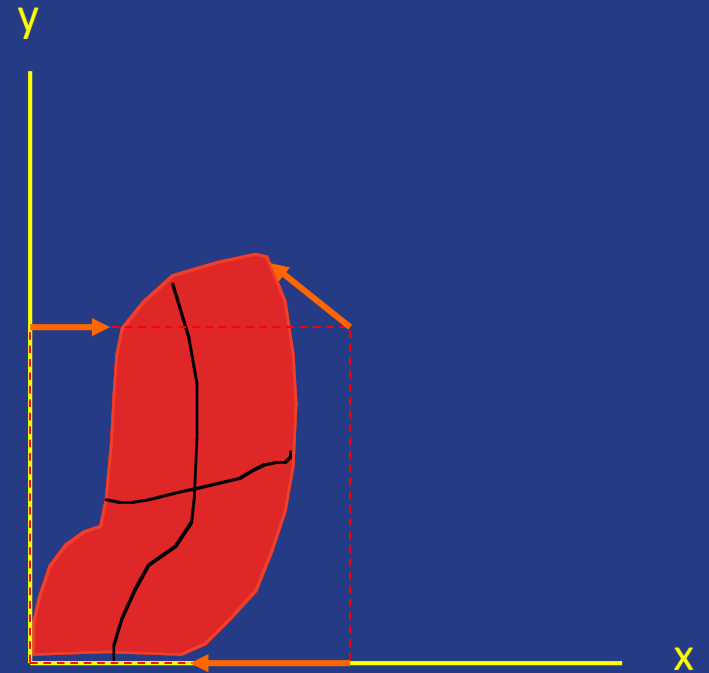
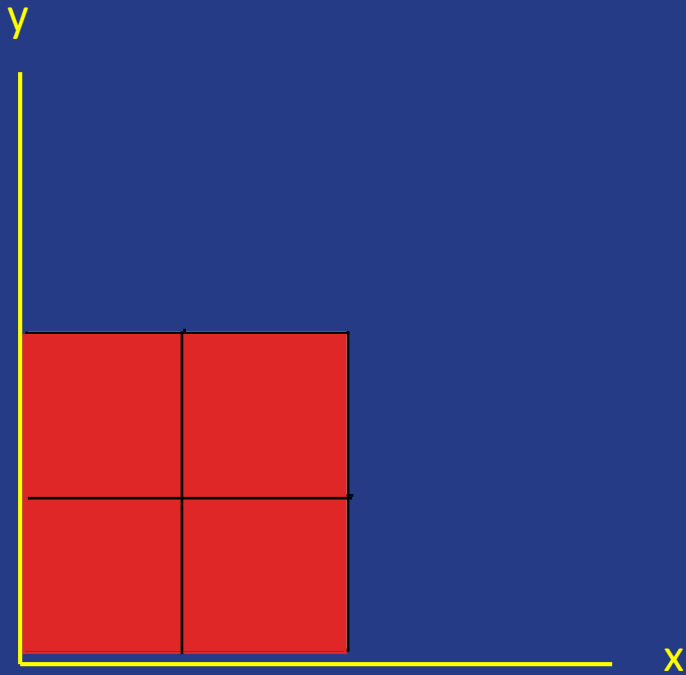
Büyük İsviçreli
matematikçi
Leonhard Euler
(1707-1783)

Eğer taşınma bir kürenin yüzeyi üzerinde ve ona paralelse, bu hareket kürenin merkezinden geçen bir eksen etrafında bir dönme olarak tanımlanabilir (Euler teoremi).

Şekil değişimi, yani yamulma, yeknesak, yani tekdüze (homojen) olabilir, yani yamulan nesnenin en küçük parçası aynı şekilde şekil değiştirmiş olur.



Veya yamulma değişken (inhomojen) olabilir

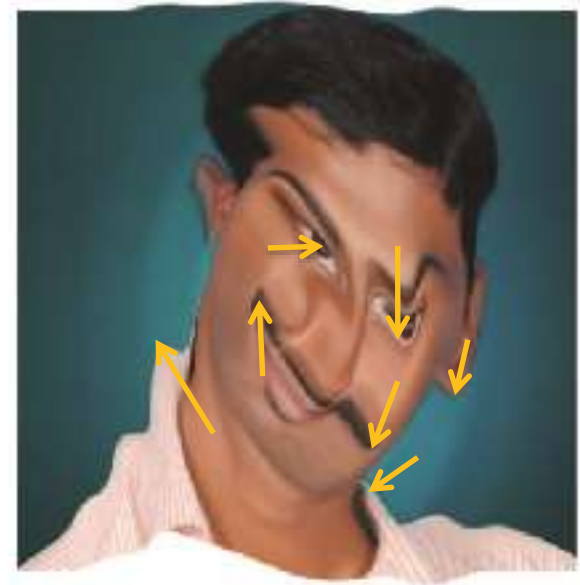


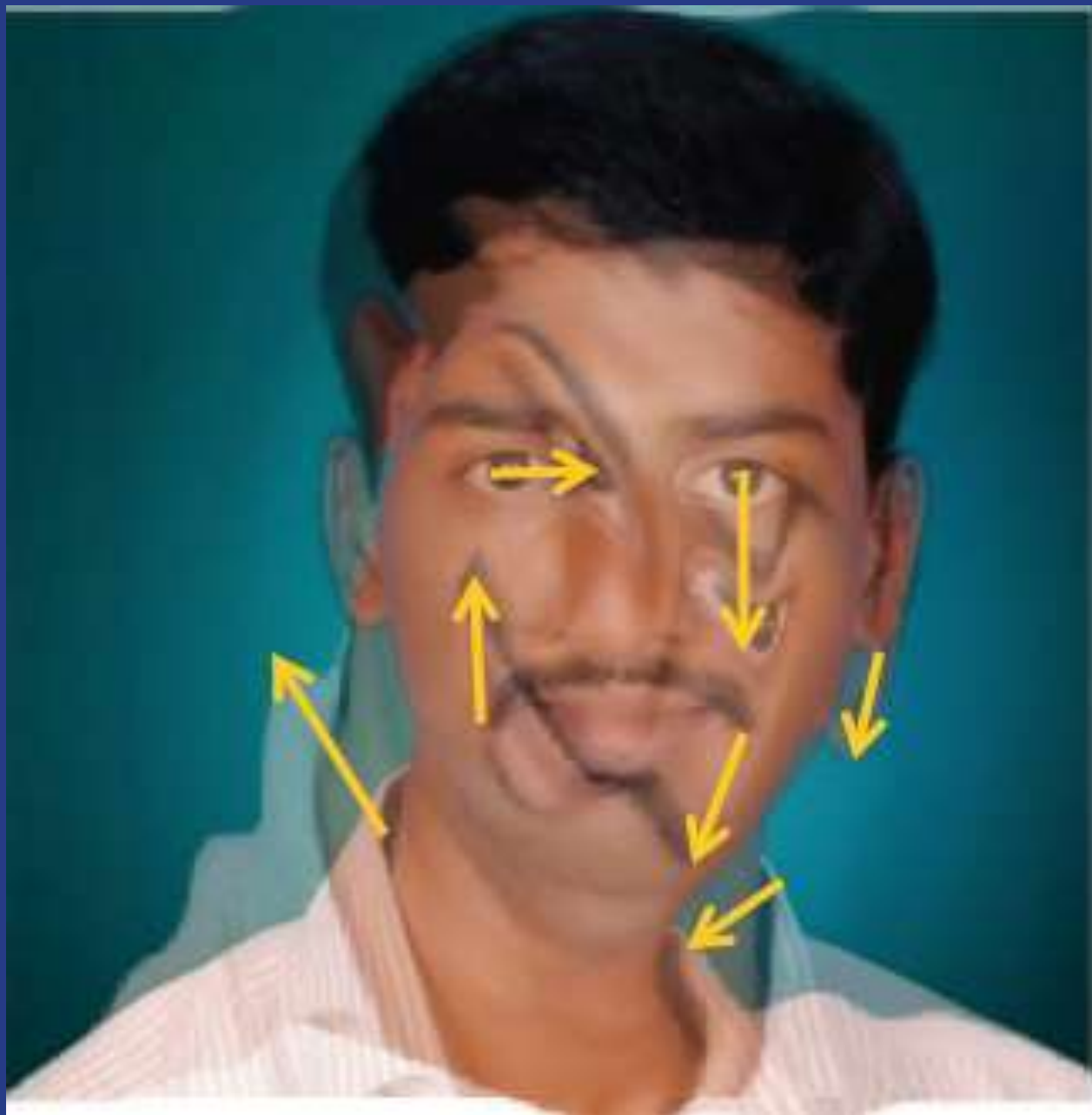
Bir bozulma durumunun
(deformasyonun) tam bir tasviri için
bozulmanın her üç bileşeninin de
betimlenmesi gerekir: şekil değişimi,
yani yamulma, yönelim değişimi, yani
dönme ve yer değişimi, yani taşınma.

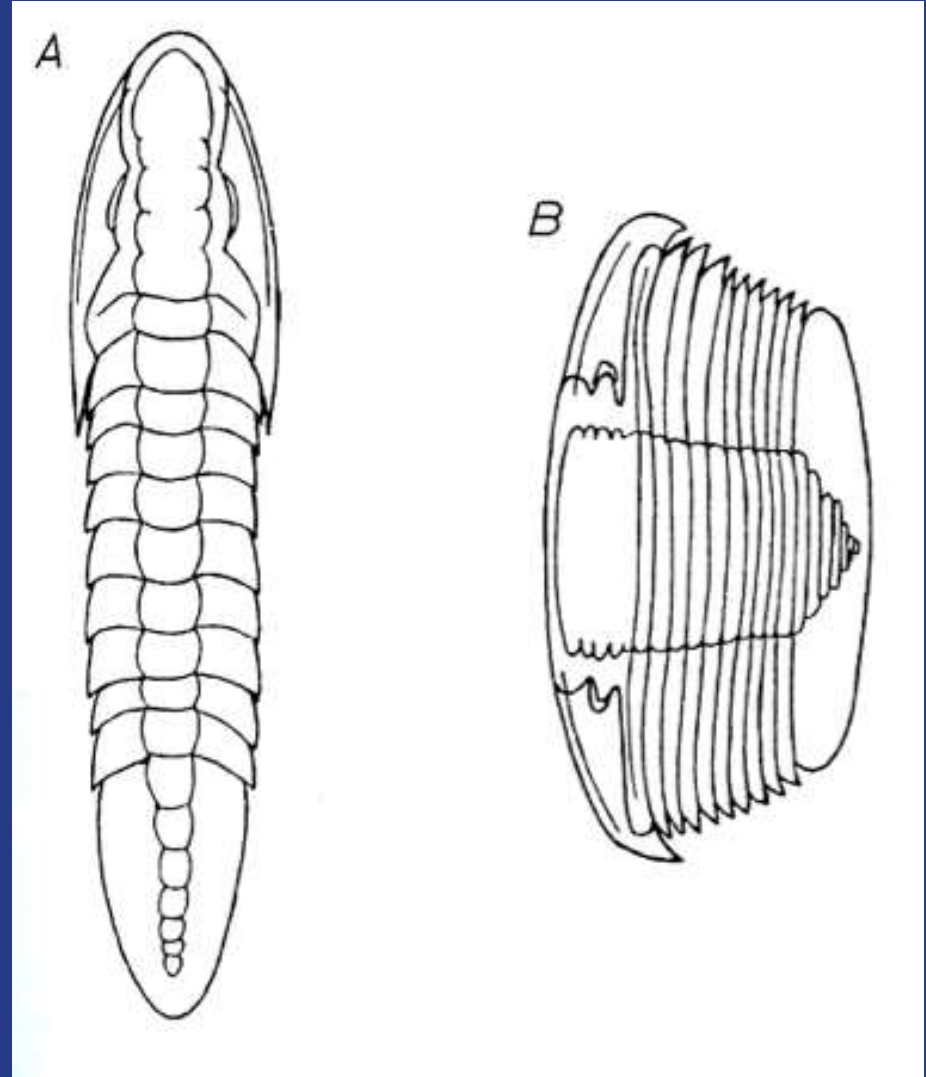
Bozulmanın her üç bileşeninin de tesbit edilebilmesi için her üçü için uygun başvuru sistemlerinin bulunması gerekir.



Bir indirgenme lekesinin yamulması







Yamulmaya uğramış
trilobitler



Yamulmaya uğramamış
trilobit

Yamulmaya
uğramış trilobit



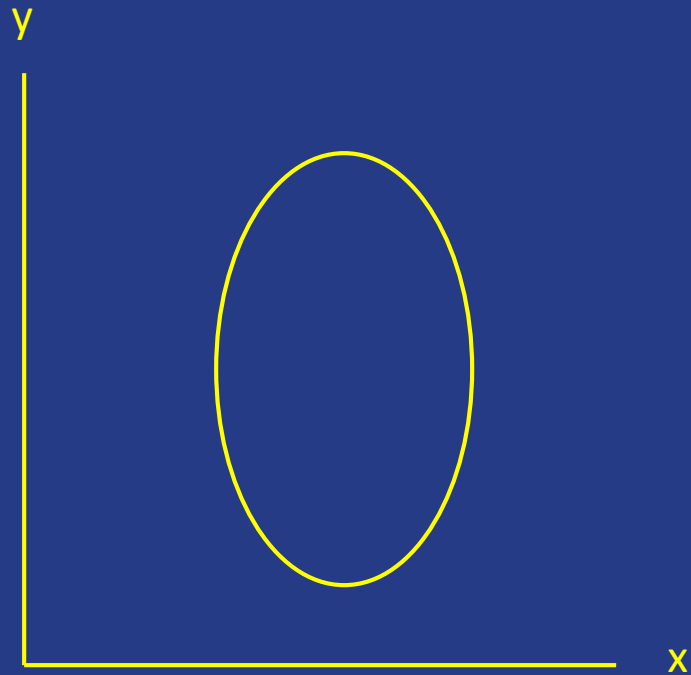
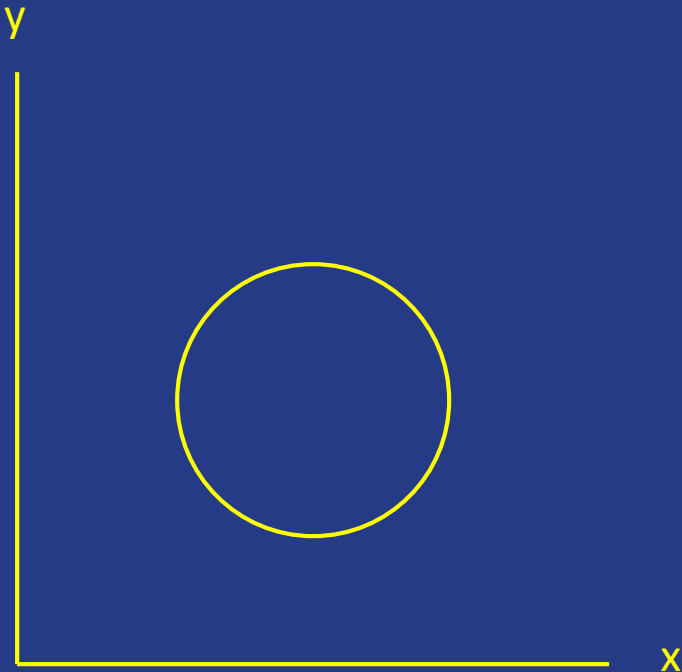




Şiddetli bir yamulmaya uğramış kuvars
konglomeraları, Bergen yayları bölgesi,
İskandinav Kaledonidleri, Norveç



Yamulmaya uğramış kuvars konglomeraları,
Bergen Yayları, İskandinav Kaledonidleri, Norveç

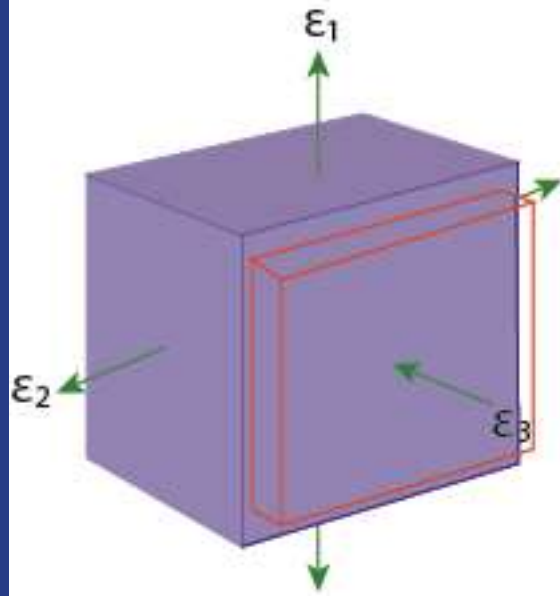


İlksel dairenin büyüklüğünü bilmediğimiz durumlarda sadece eksenlerin birbirlerine nazaran değişen boyutlarından hareketle bağıl şekil değişiminden bahsedebiliriz.

Yamulma iki tür büyüklükle ifâde edilir: uzama (ve tabiî negatif uzama olarak kısalma) ve yamulma açısı.

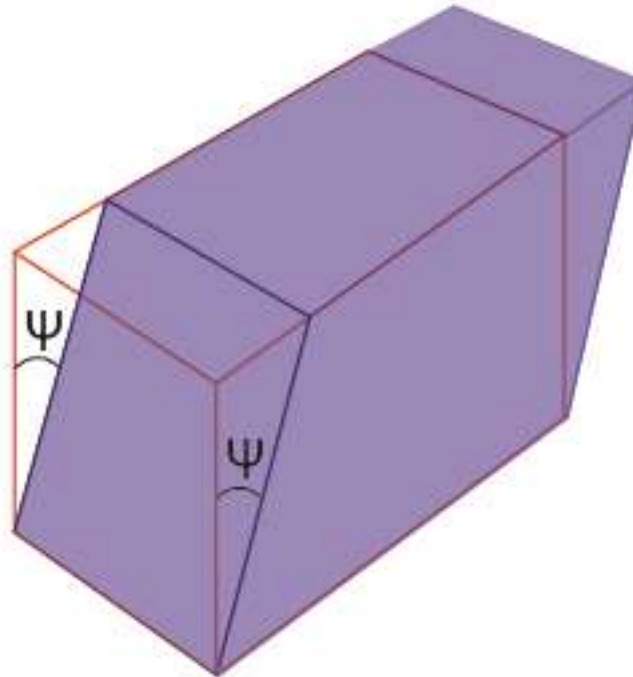
Uzamanın üç eksenini, yamulmayı betimlemek için yeterlidir: en az, orta ve en çok uzama eksenleri. Bunlar ε_1 , ε_2 , ε_3 olarak ifâde edilir (Almanca *Erstreckung*, İngilizce ve Fransızca *elongation*'ın ilk harfi olan e'nin Yunanca karşılığından)

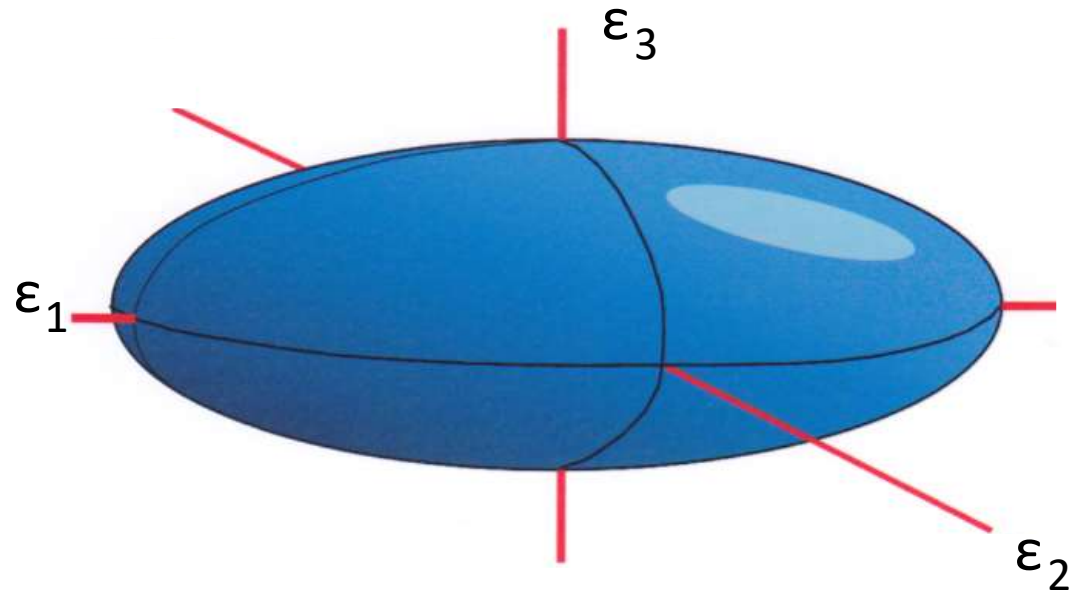
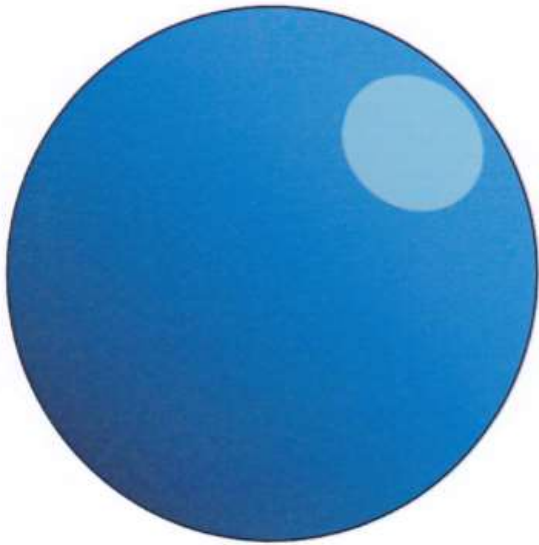
Yamulma açısı da Ψ ile ifâde edilir.



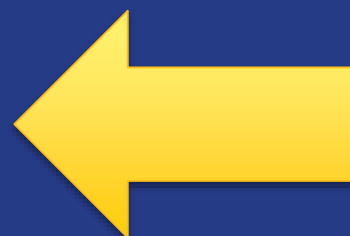
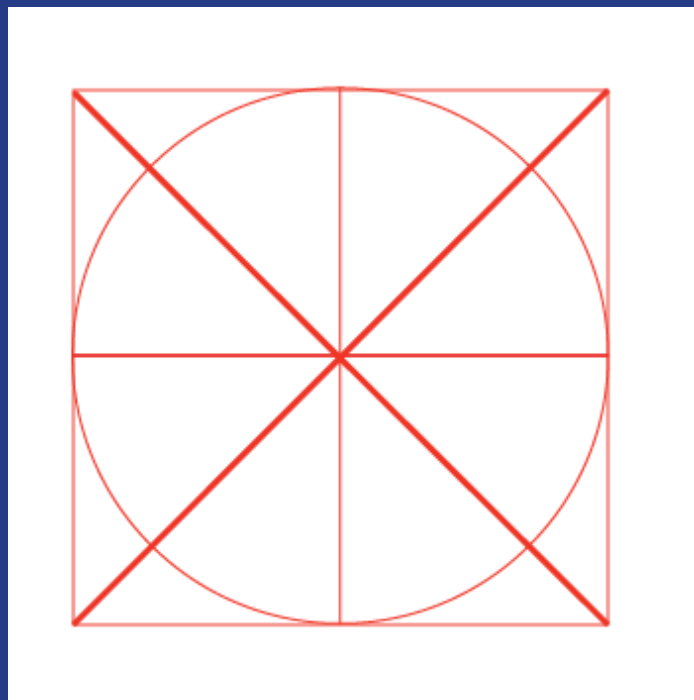
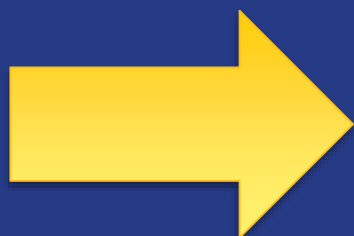
Üç ana
yamulma
ekseni

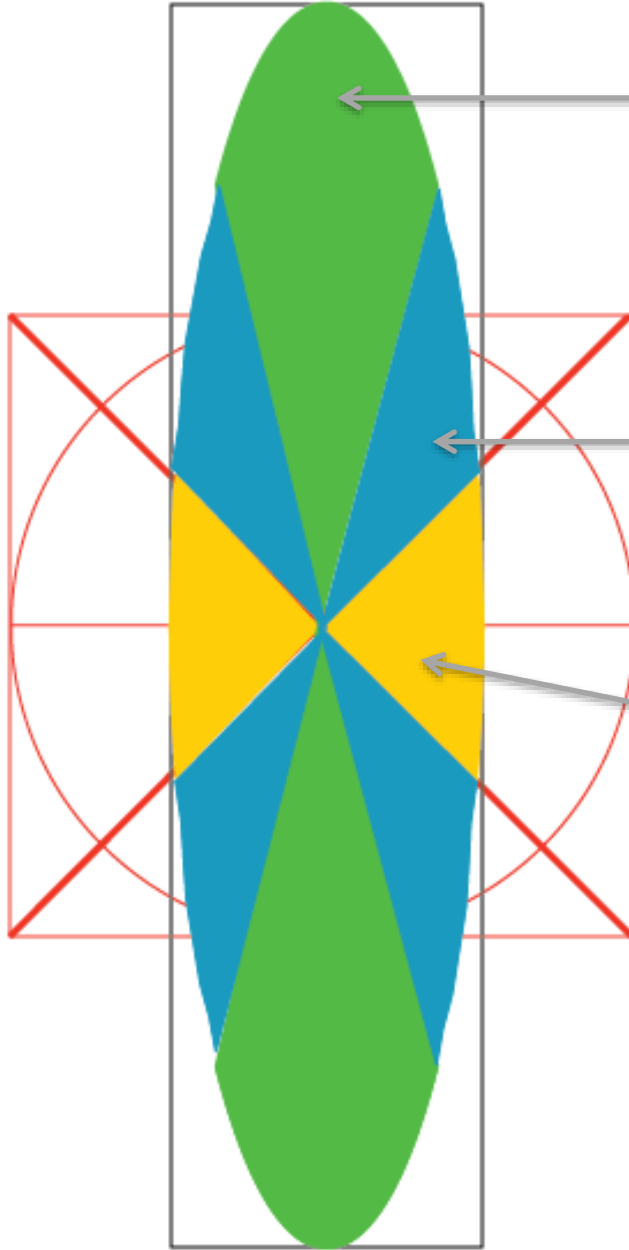
Yamulma
açısı





Yamulma elipsoidi





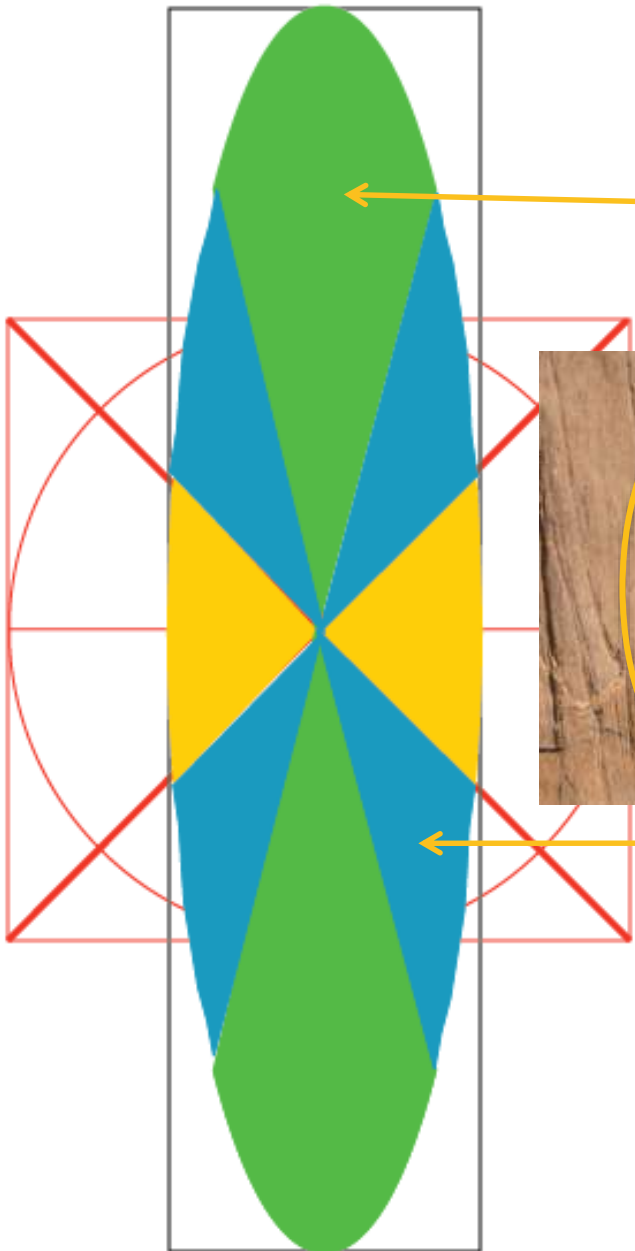
Yamulma süresince sürekli uzayan yapılar bölgesi

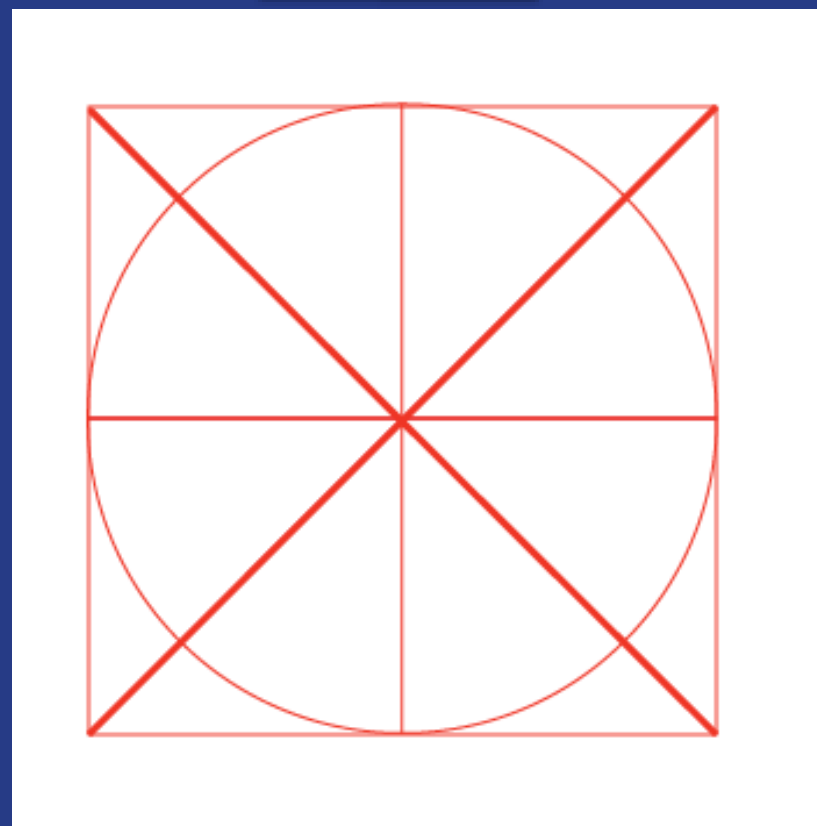
Yamulma süresince önce kısalan, sonra uzayan yapılar bölgesi

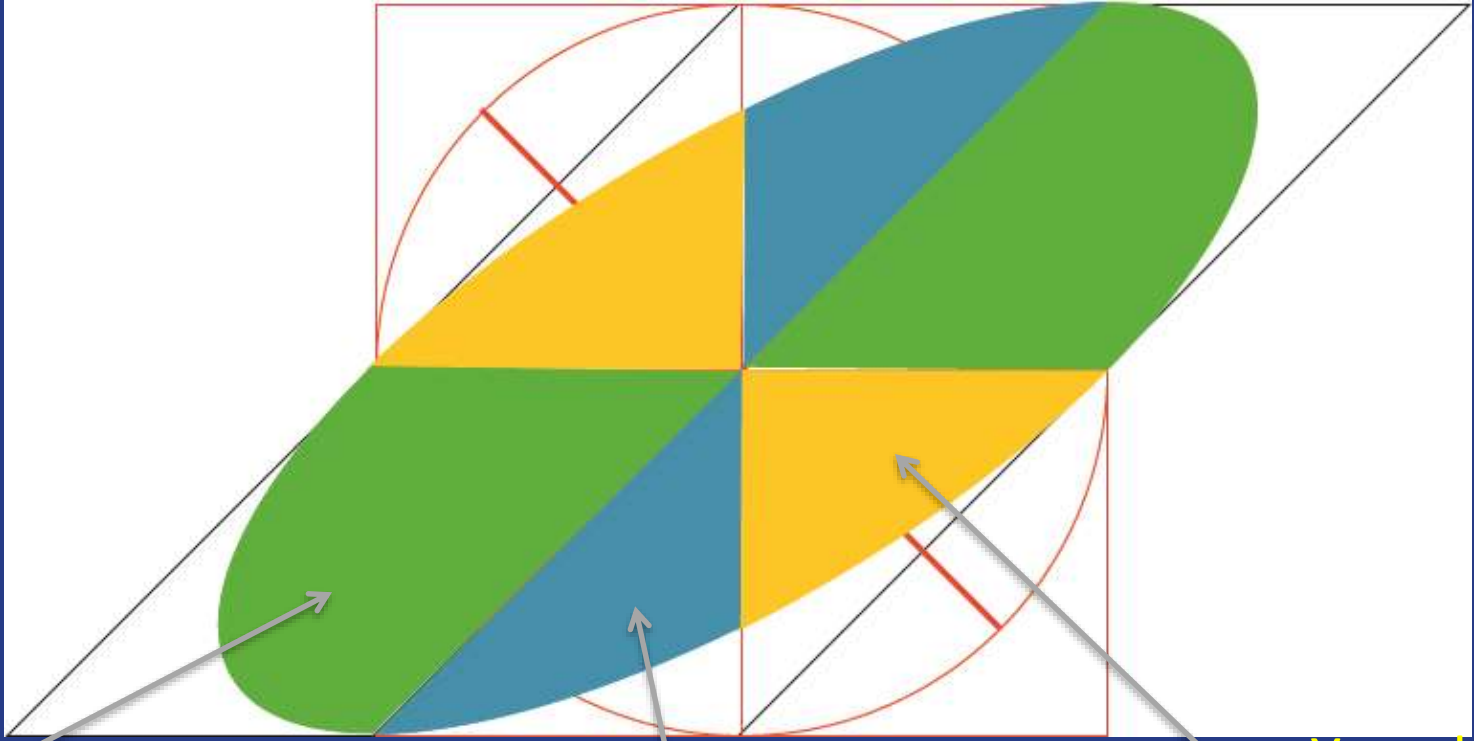
Yamulma süresince sürekli kısalan yapılar bölgesi

Saf kaymada (*pure shear*) oluşan yamulma elipsoidi

Shear (kayma) terimi hem İngilizcede hem Türkçede bu içerikte sorunludur. Bunu tartışmamız lâzım.







Yamulma süresince sürekli
uzayan yapılar bölgesi

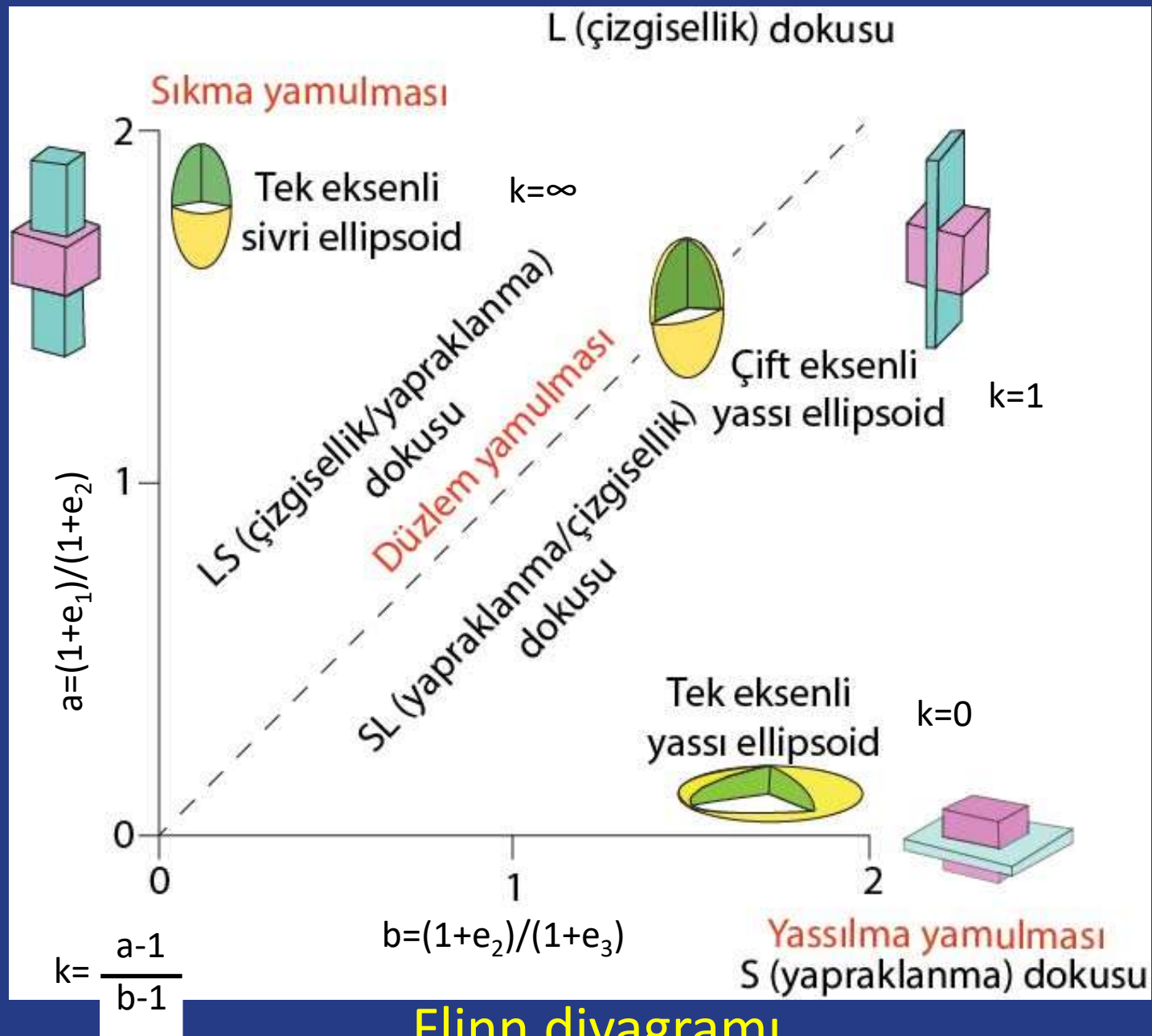
Yamulma süresince önce
kısalan, sonra uzayan
yapılar bölgesi

Yamulma
süresince
sürekli
kısalan yapılar
bölgesi

Basit kaymada, yani makaslama deformasyonunda (*simple shear*) oluşan yamulma elipsoidi

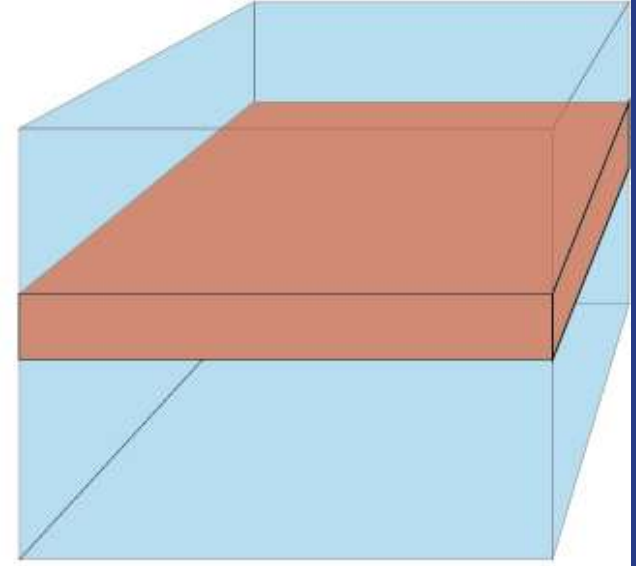
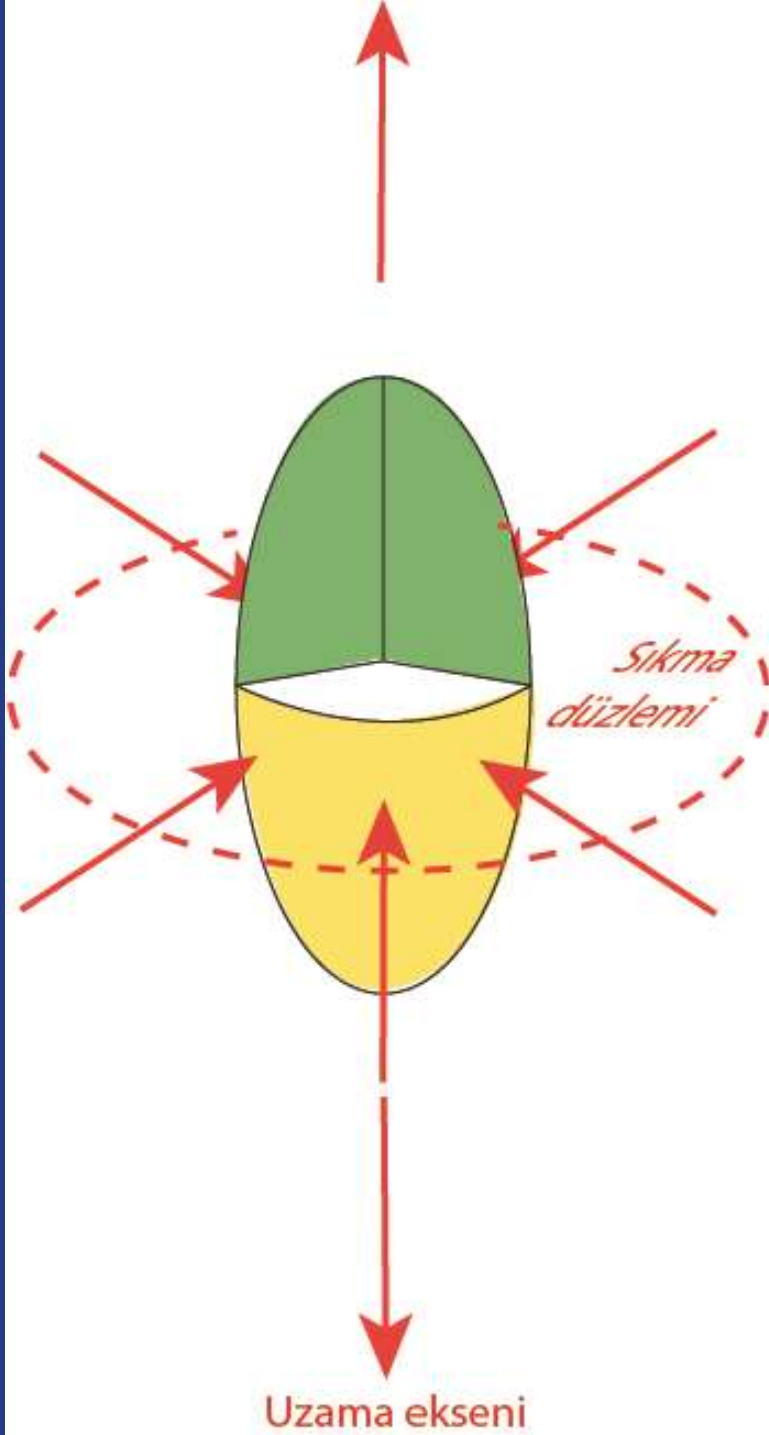
Şimdi saf kaymada oluşan
yapılara bakalım.

Bunun için Flinn
diyagramından
yararlanacağız

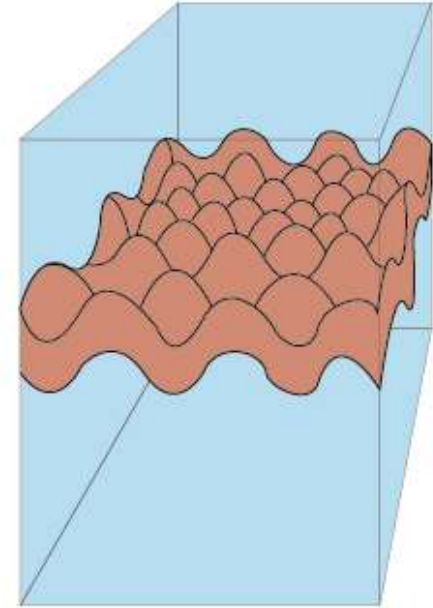


Flinn diyagramı

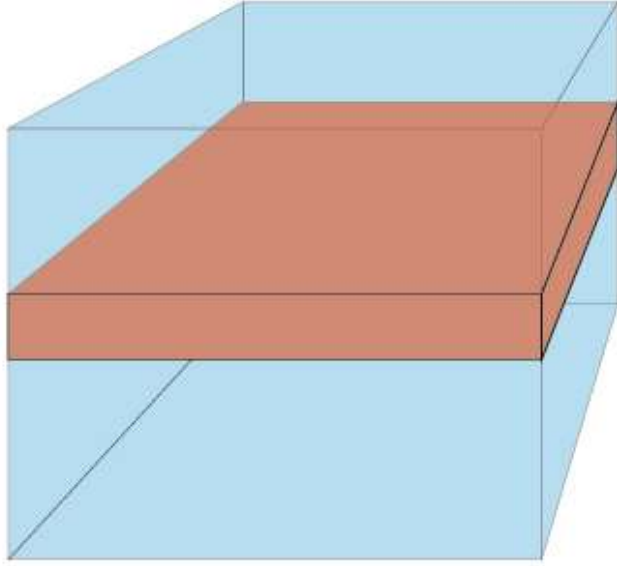
(Flinn, D.,1962, On folding during three dimensional progressive deformation: *Quarterly Journal of the Geological Society*, c. 118, s. 385-428)



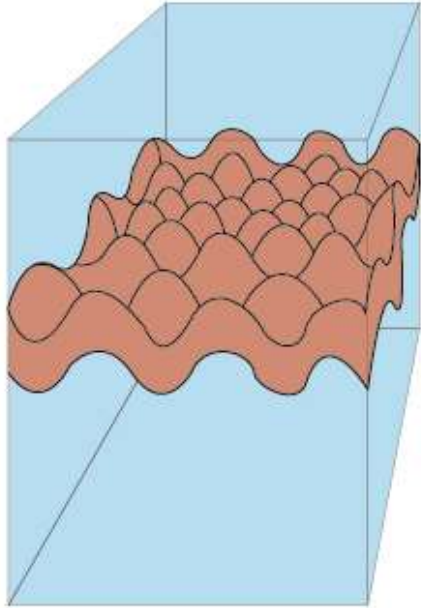
İlksel (bozulmamış) hal



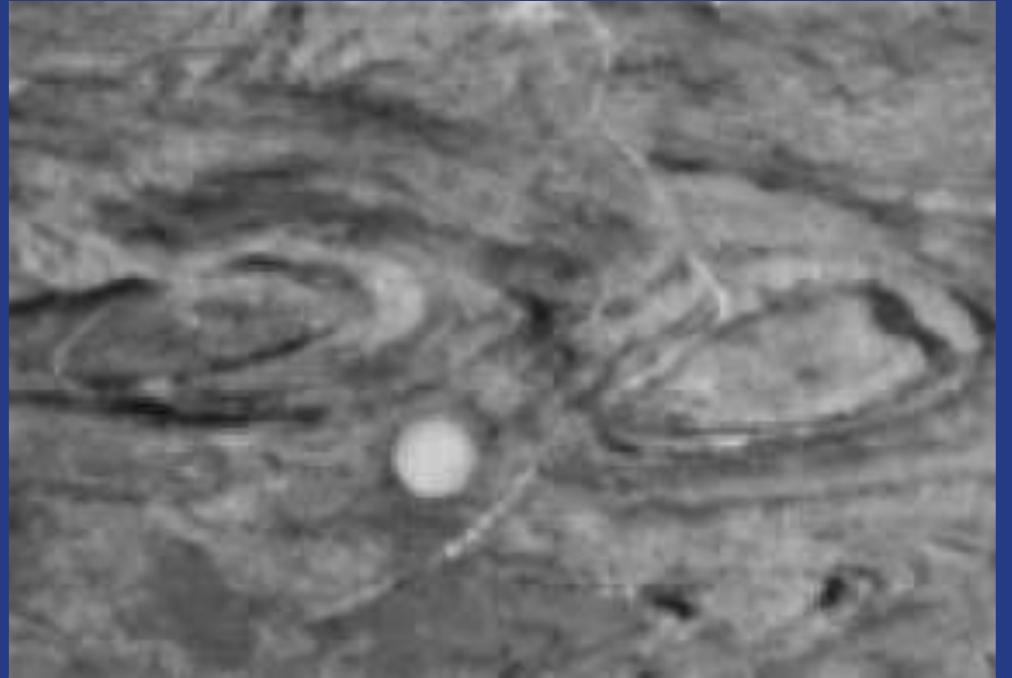
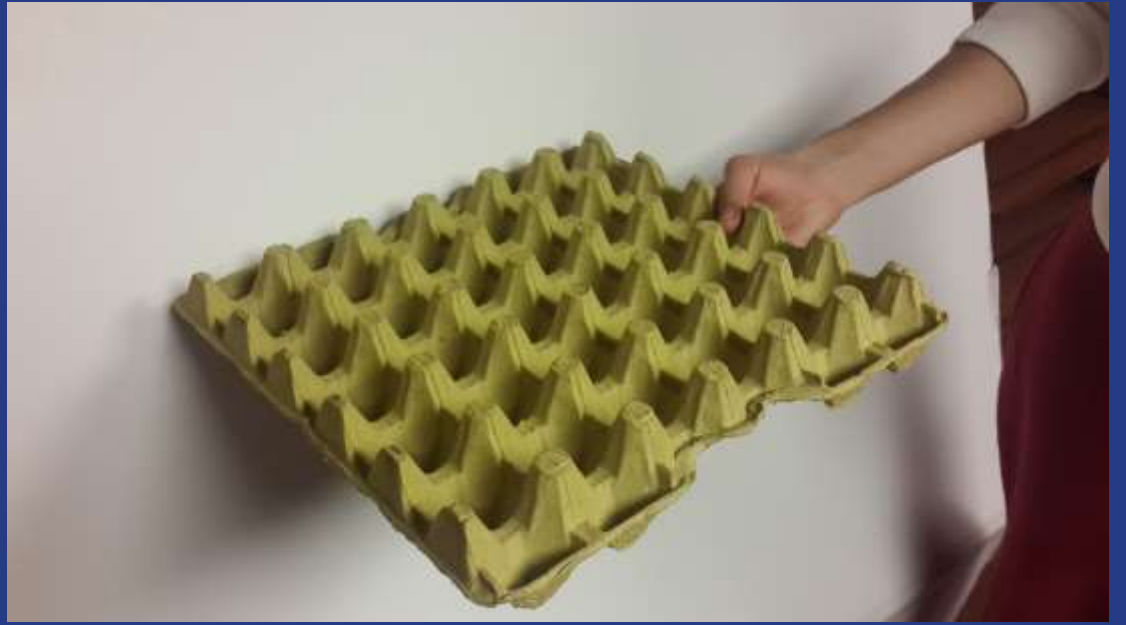
Sıkılmış hal

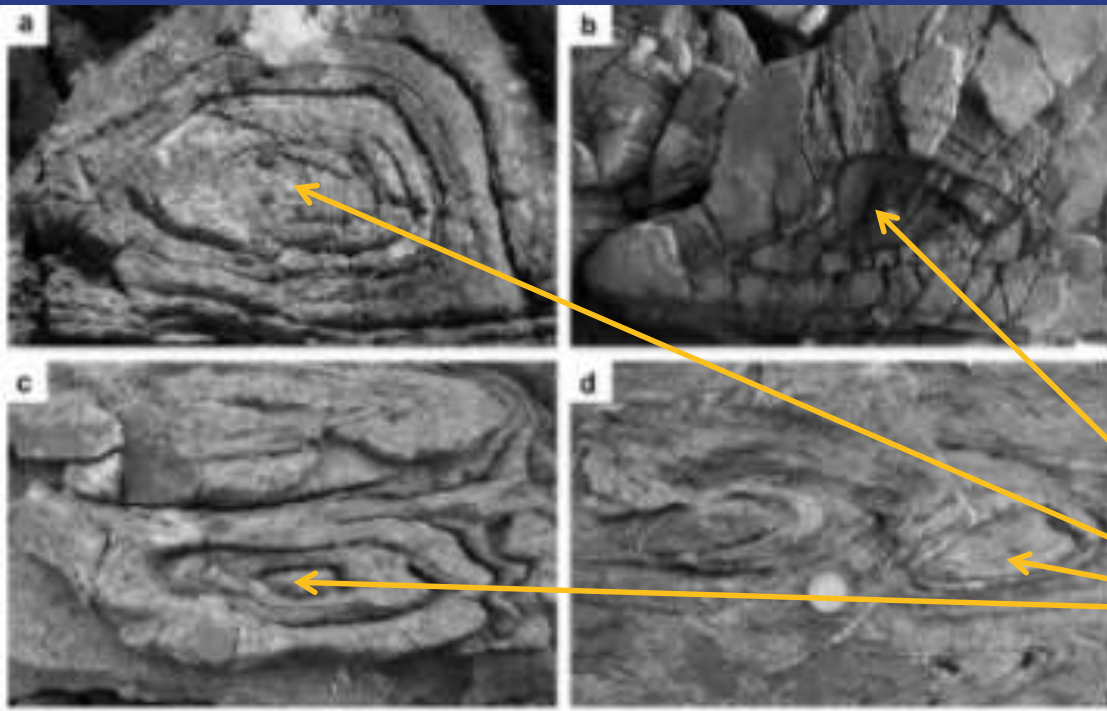


İlksel (bozulmamış) hal



Sıkılmış hal





Tek eksenliye yakın
sıkma yamulmasıyla
oluşmuş kın
kıvrımlarına örnekler

Kın kıvrımlarının
aşınmış tepeleri

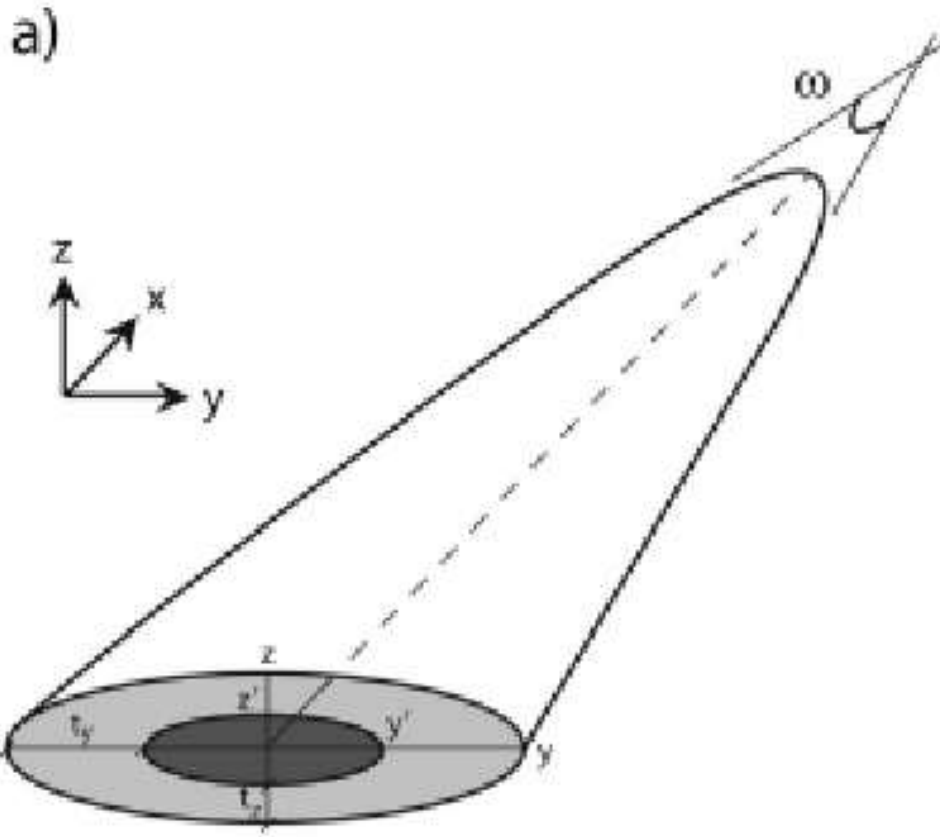




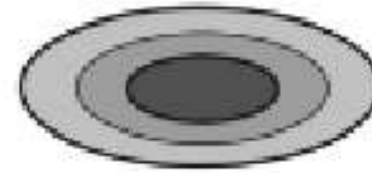
Sıkma yamulmasıyla oluşmuş kın kıvrımlarının kesitleri



Kubbe ve tekne yapıları. Loch Monar, İskoçya, Birleşik Krallık

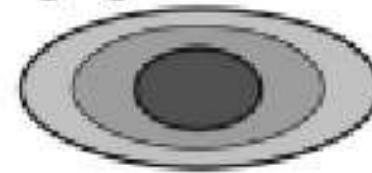


b) Benzer göz kıvrımı



$$R_{y'z'} = R_{yz}$$

Boğa gözü kıvrımı



$$R_{y'z'} < R_{yz}$$

Kedi gözü kıvrımı



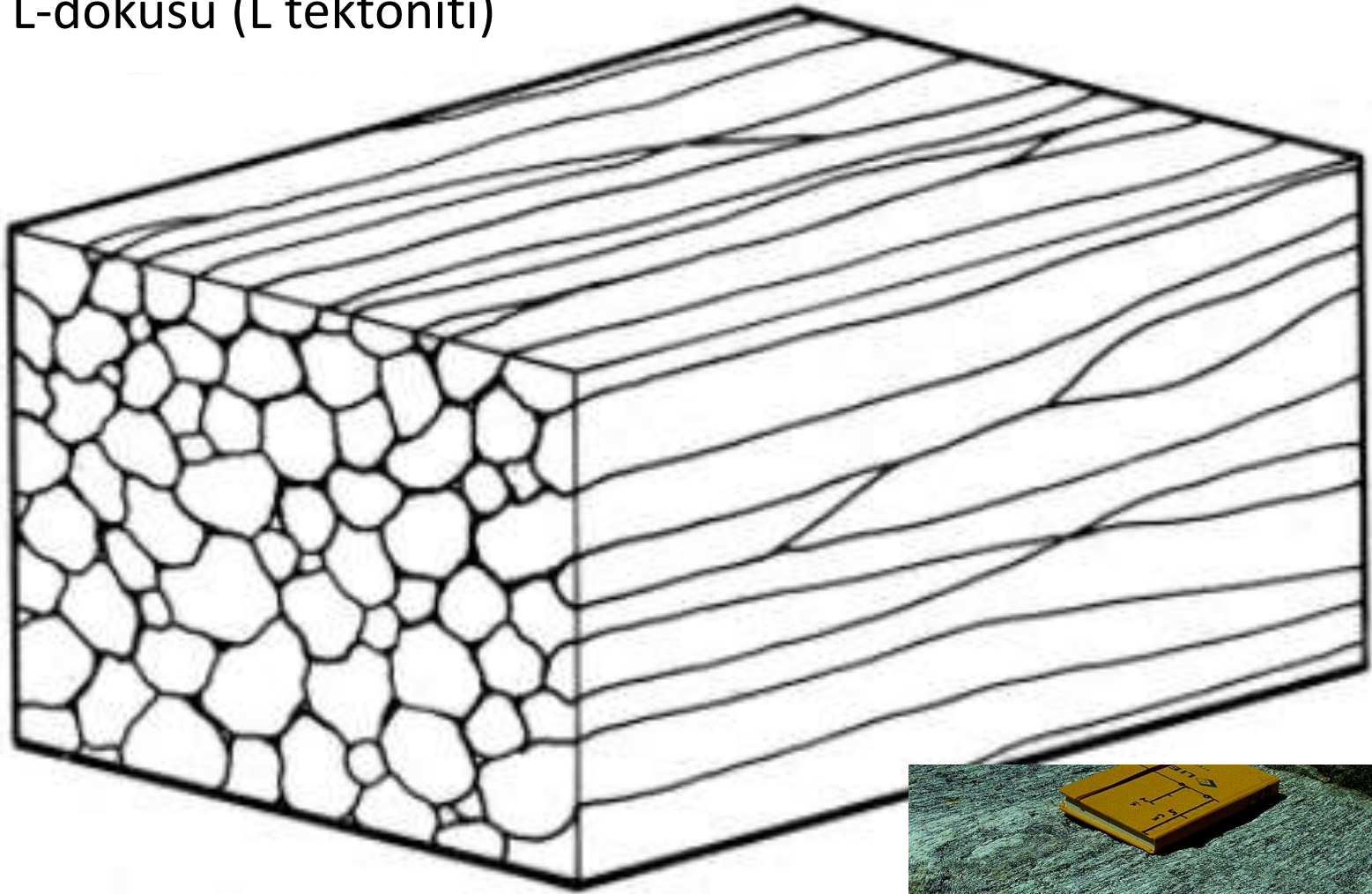
$$R_{y'z'} > R_{yz}$$

Sıkma yamulması sonucu oluşan
kın kıvrımları ve tipleri



Marblemount kuvars diyoritinde L dokusu, Washington Eyaleti, kuzeybatı ABD

L-dokusu (L tektoniti)





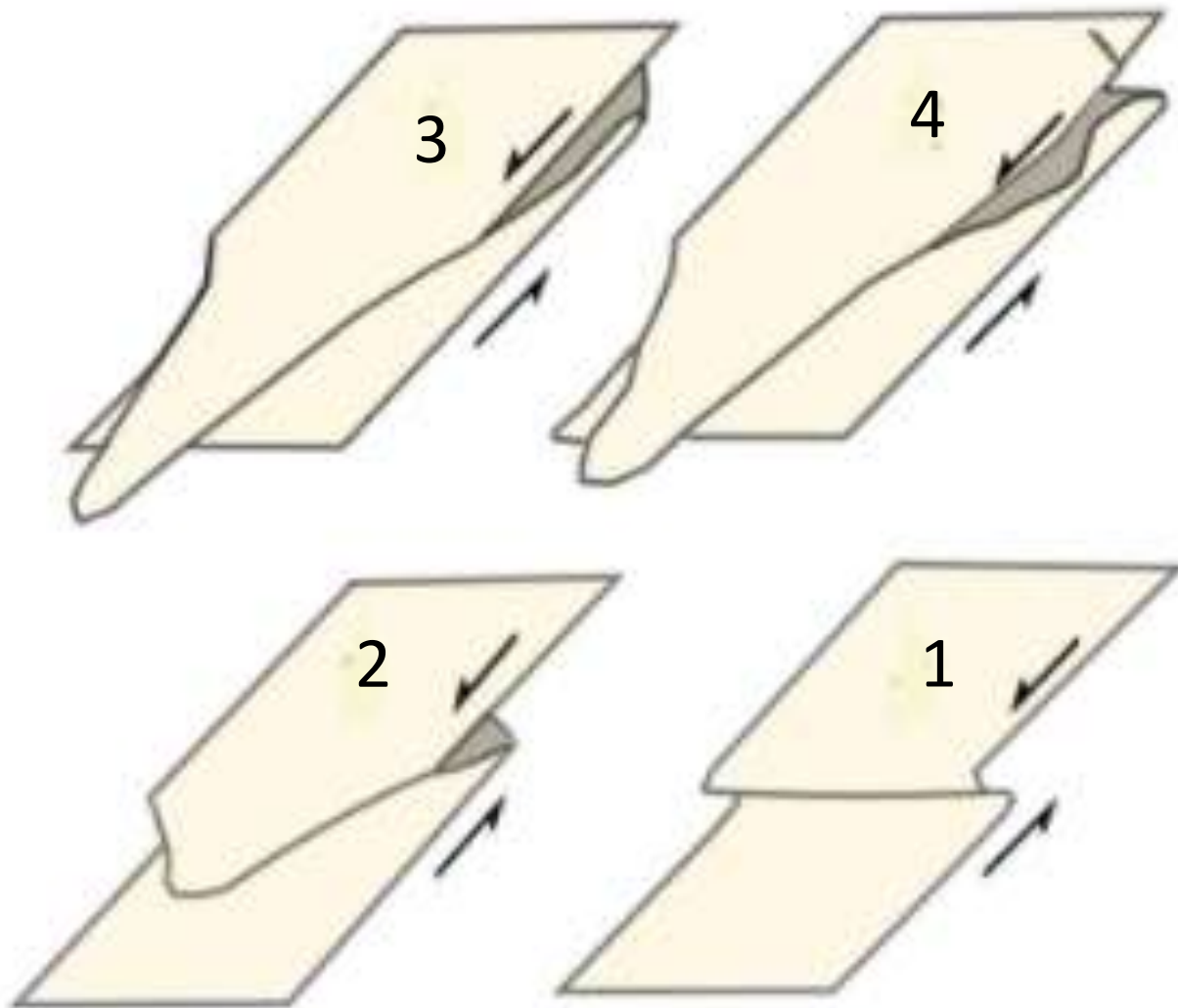
Moine metaçökellerinde L dokusu, İskoçya, Birleşik Krallık



L dokusu gösteren bir konglomera



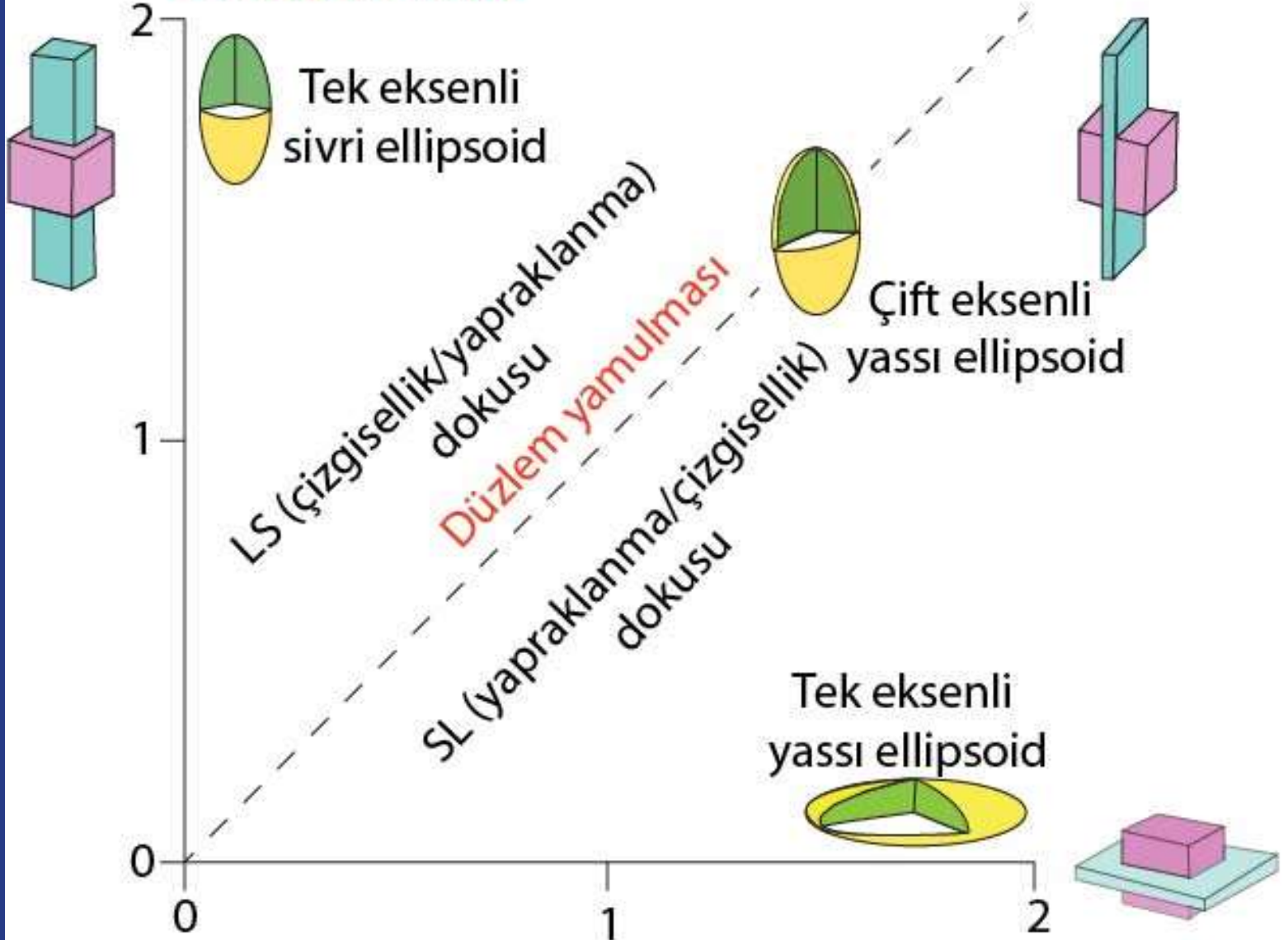
Diana Siyeniti içerisindeki milonitlerde bir kın kıvrımı ve buna paralel L dokusu (kıvrımın rezesi üzerinde iğne başlarına benzer şekilde görülüyor). Adirondack Dağları, New York, ABD



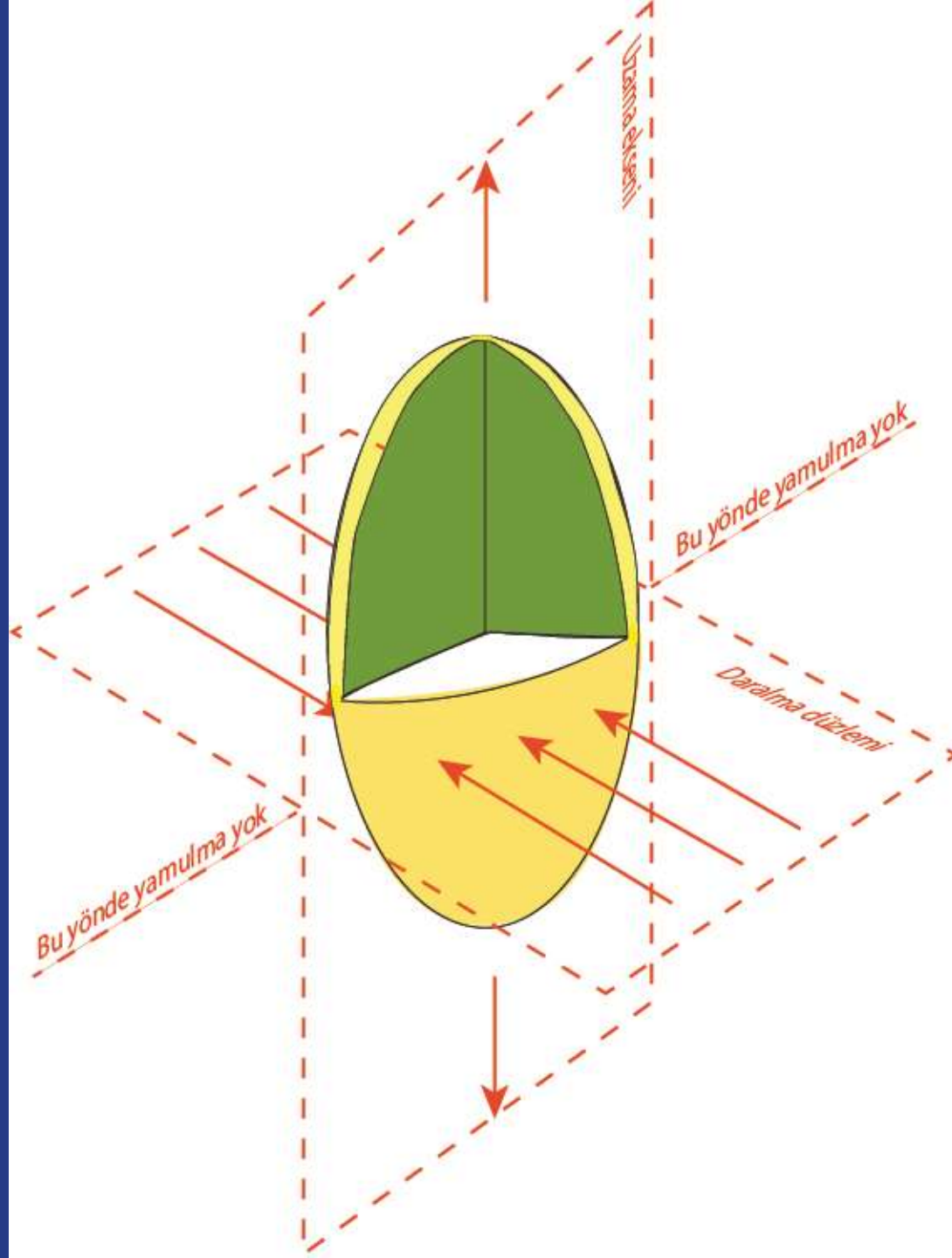
Bir kın kıvrımının oluşması

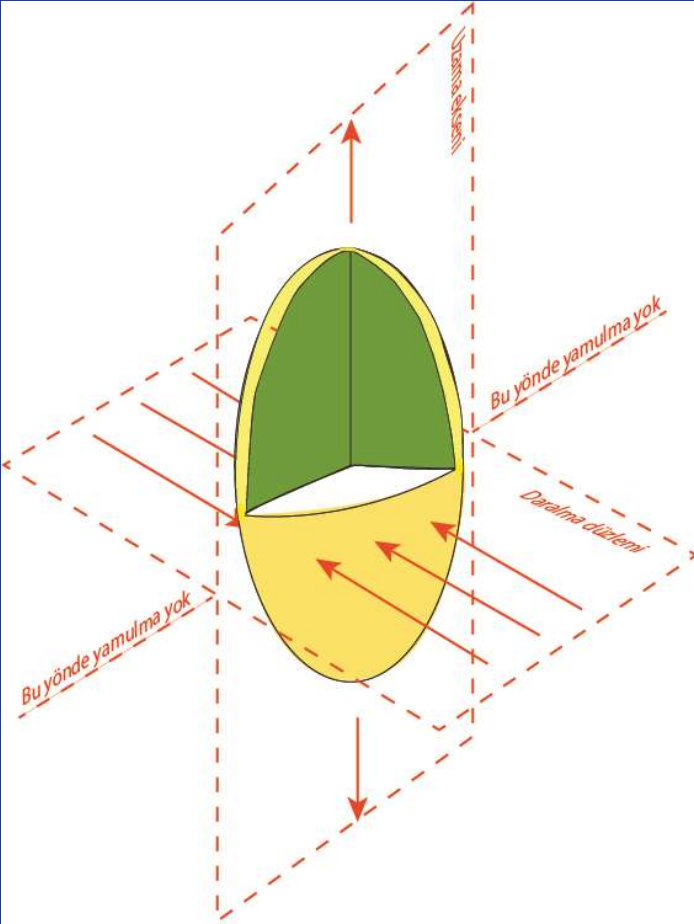
L (çizgisellik) dokusu

Sıkma yamulması

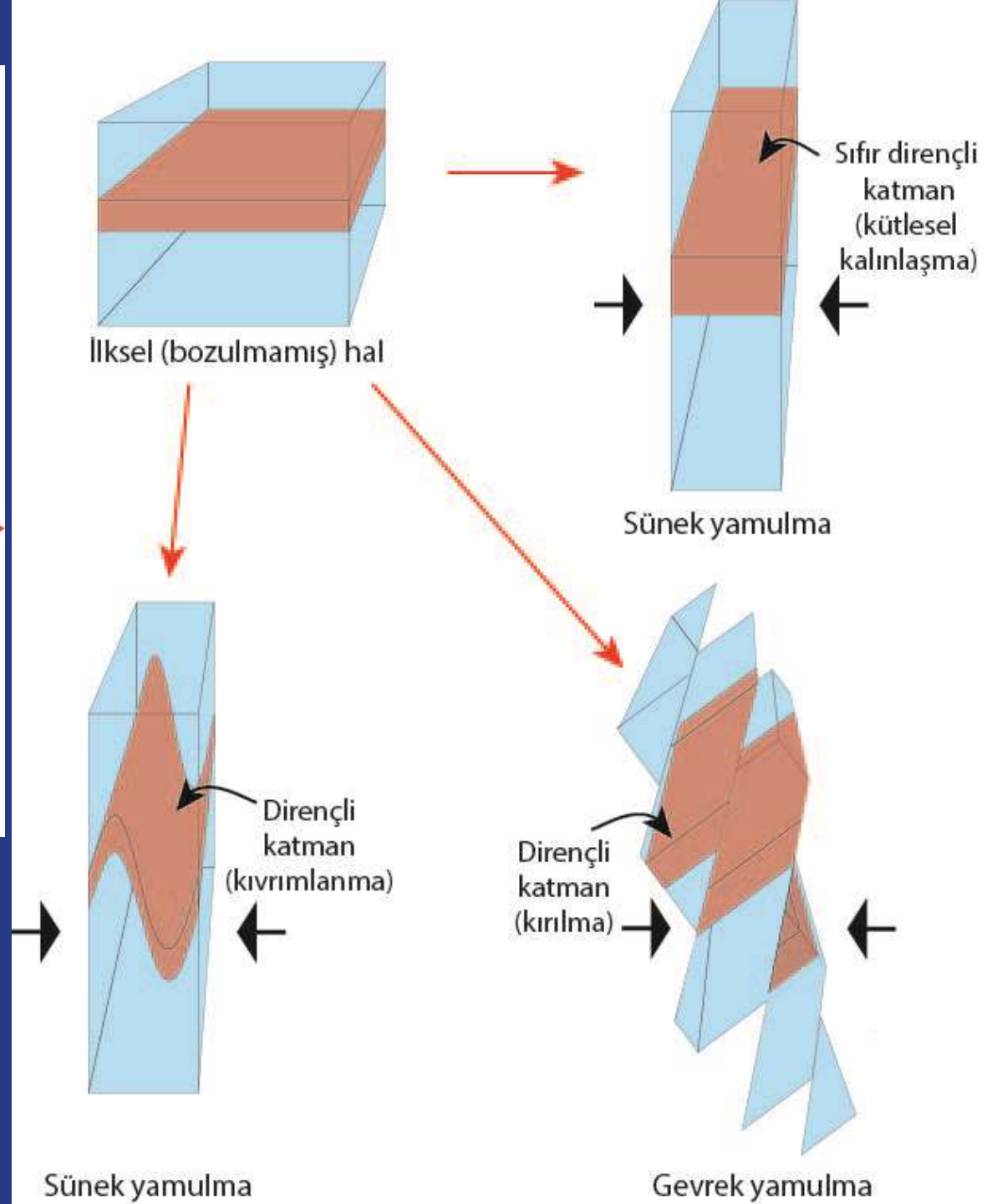


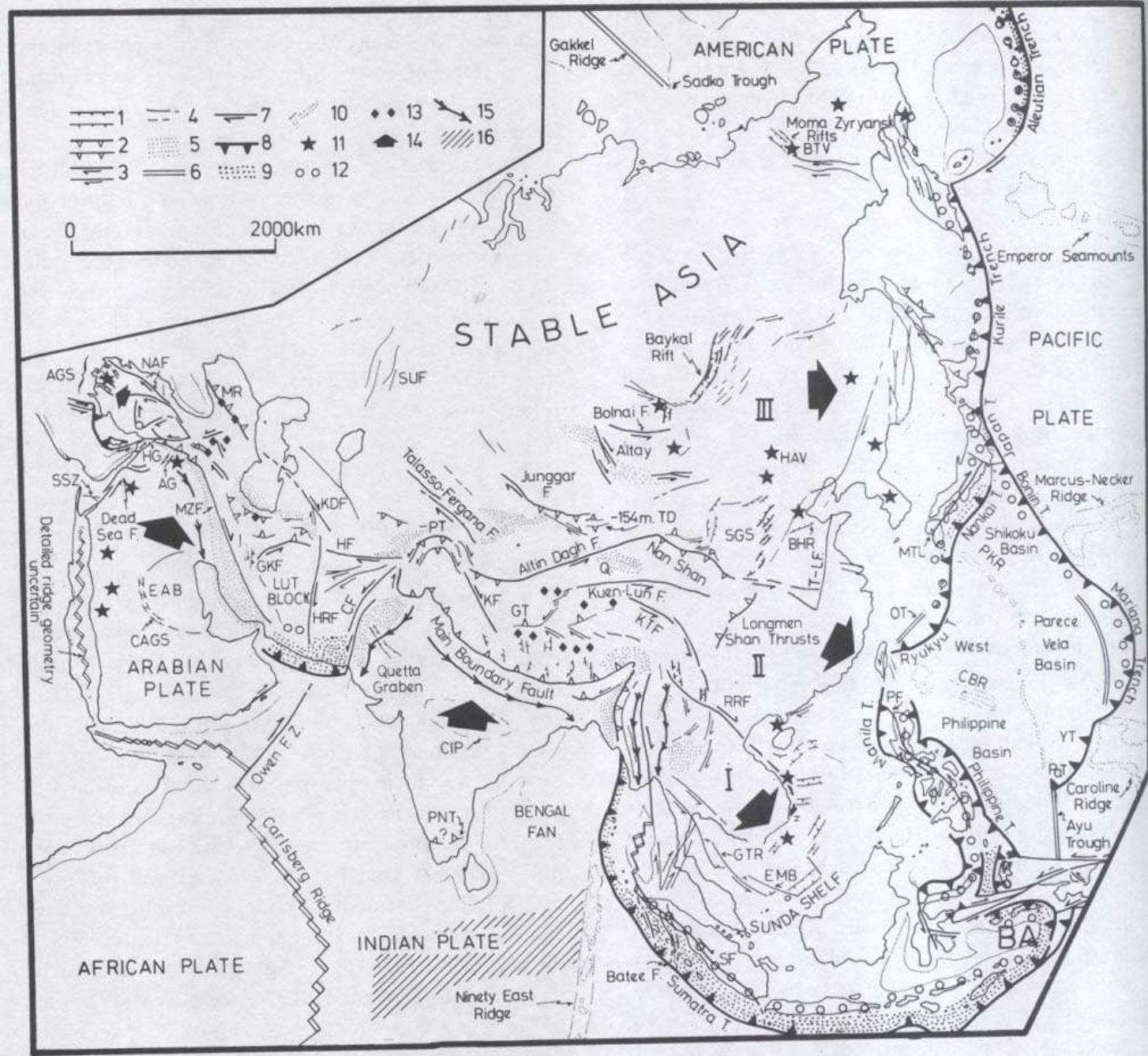
Yassılma yamulması
S (yapraklanma) dokusu

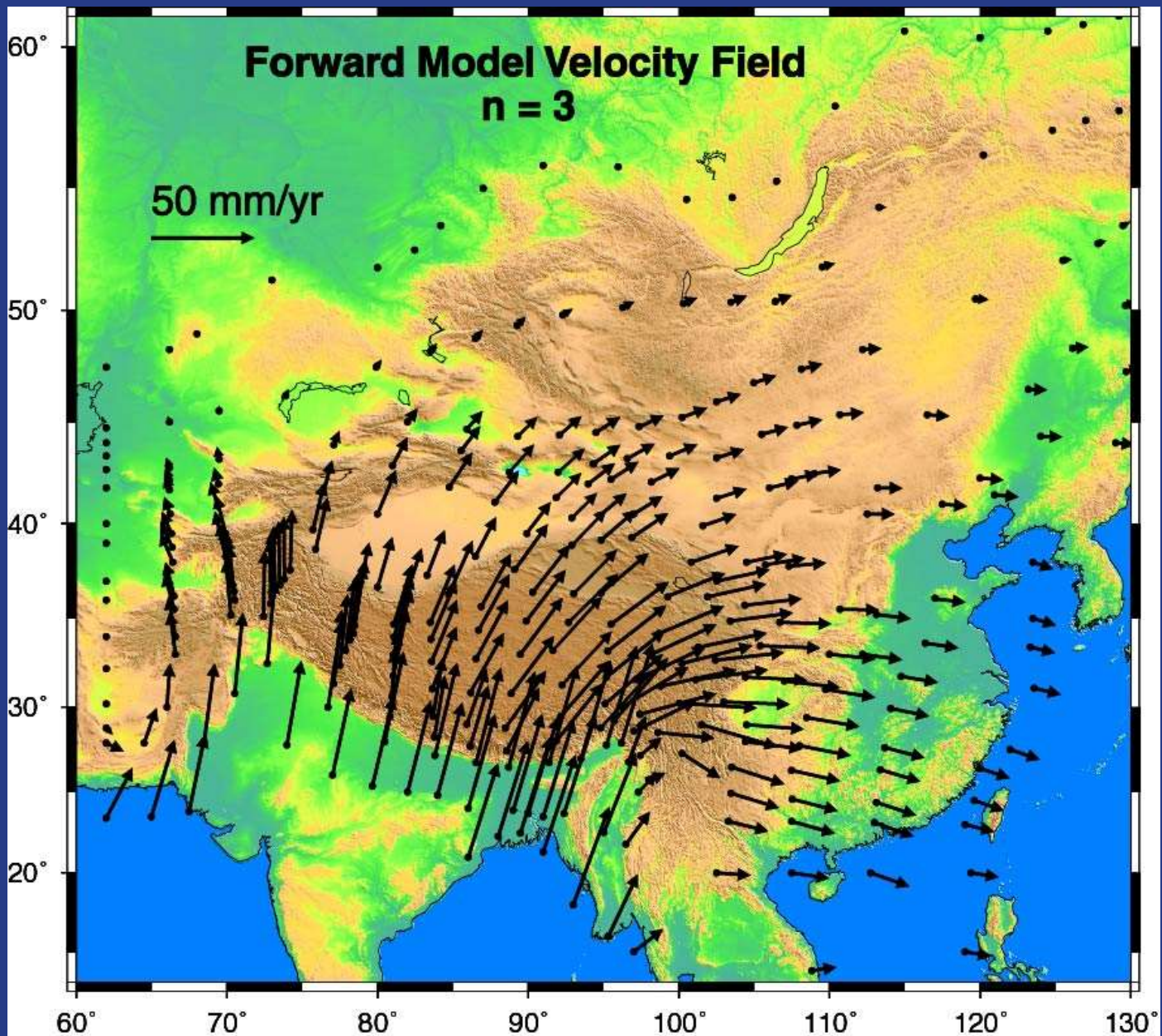




DÜZLEM YAMULMASI

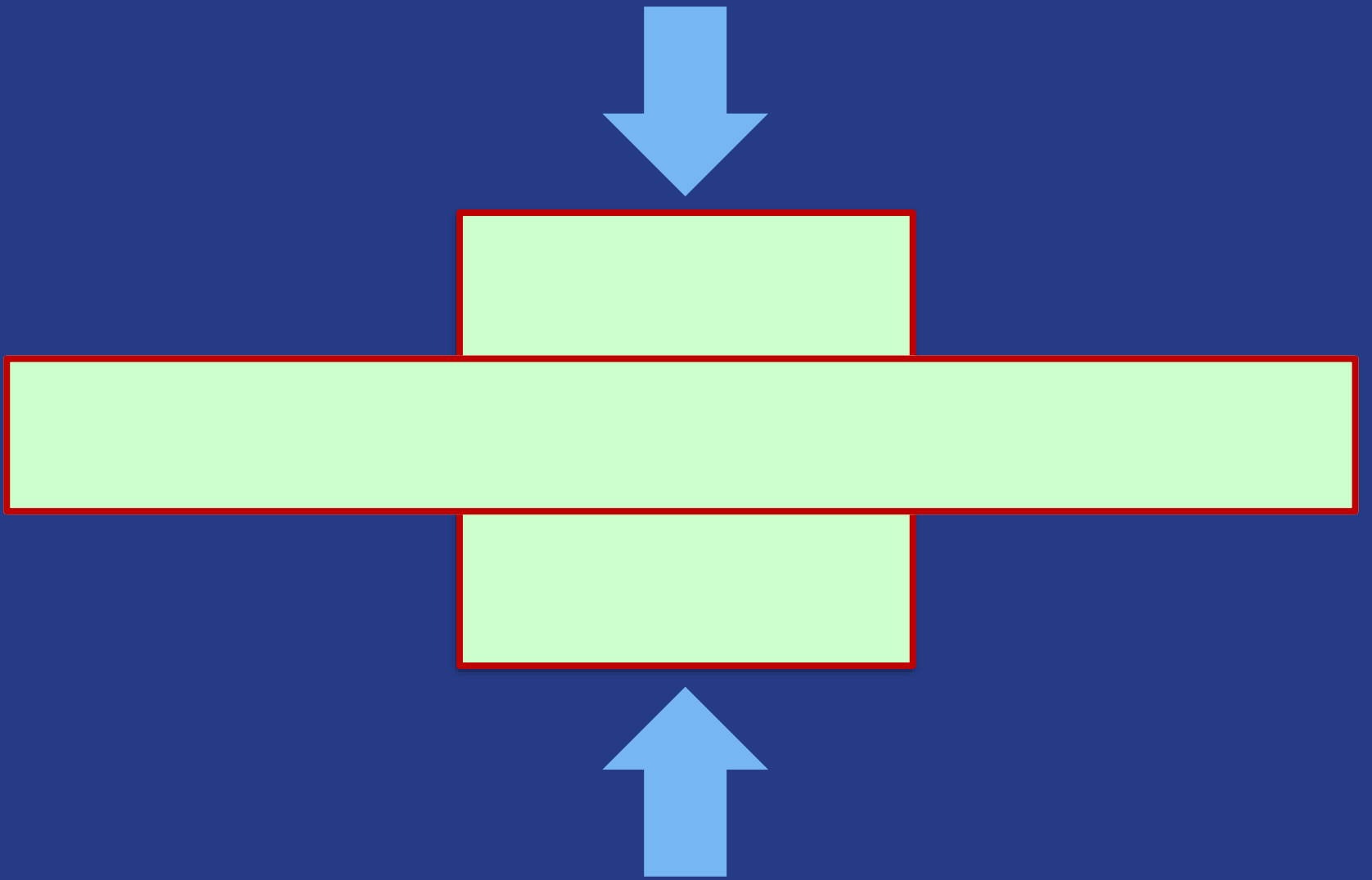




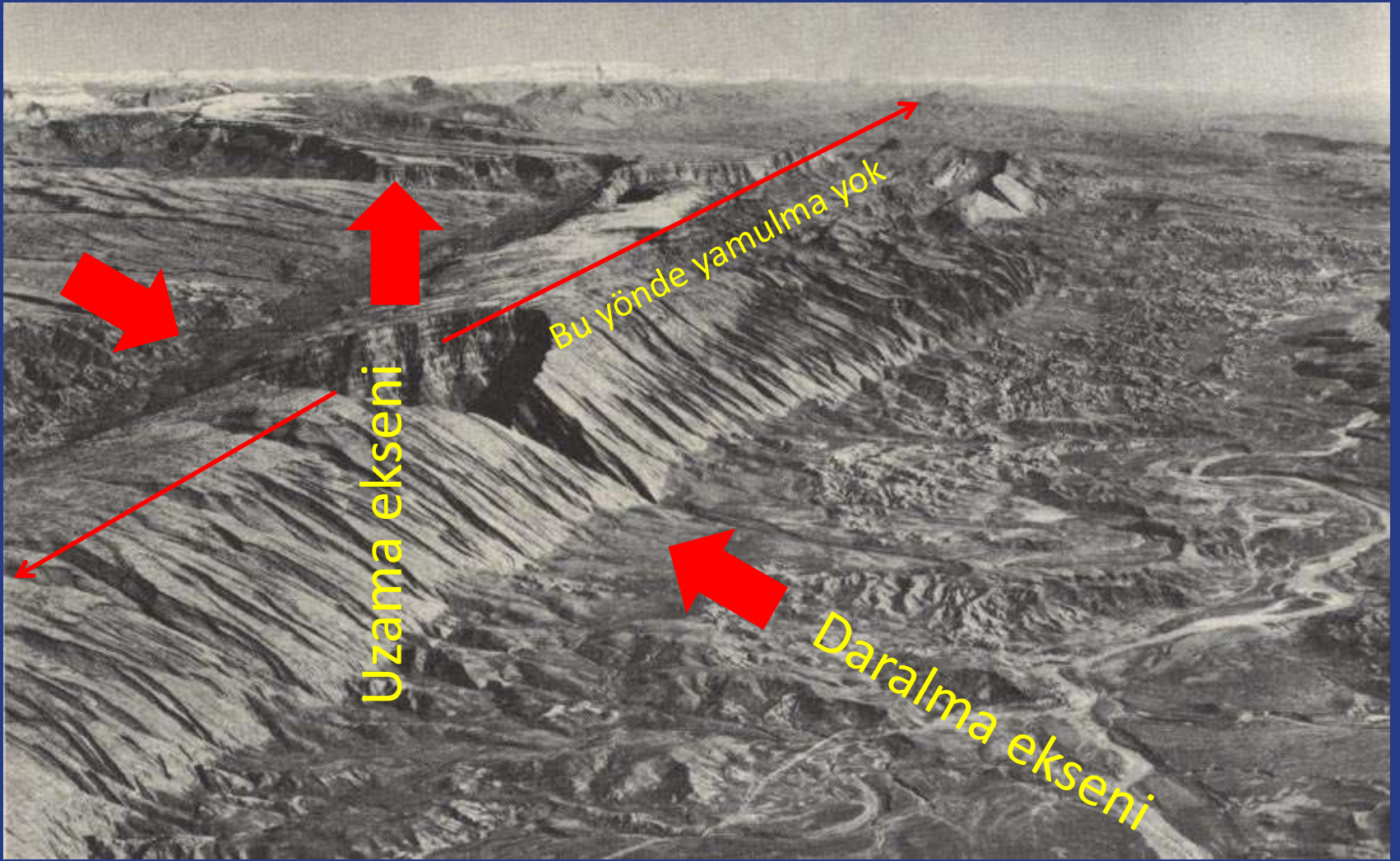




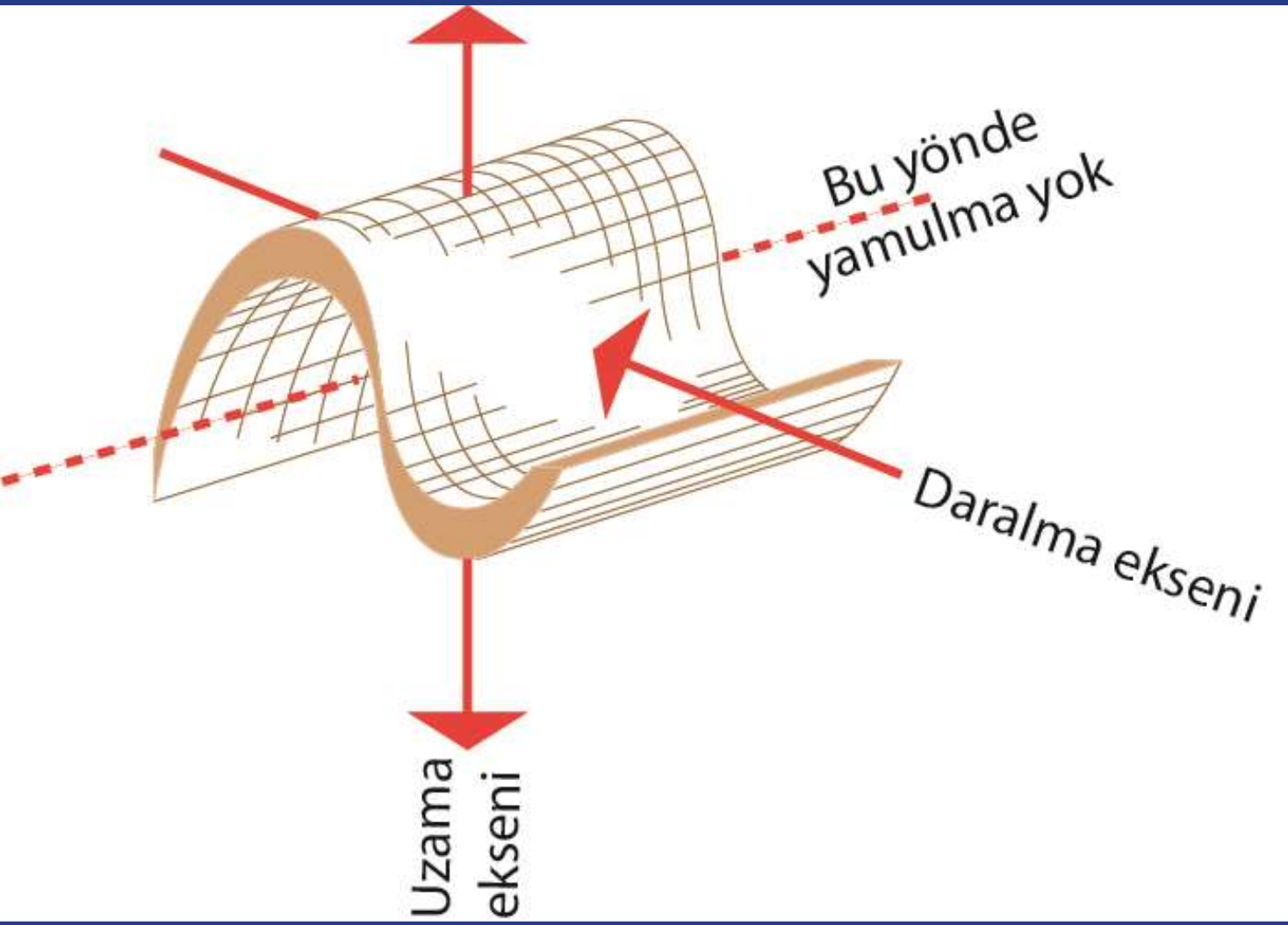
Türkiye'de Avrasya'ya nazaran güncel hareketler (basitleştirilmiş)



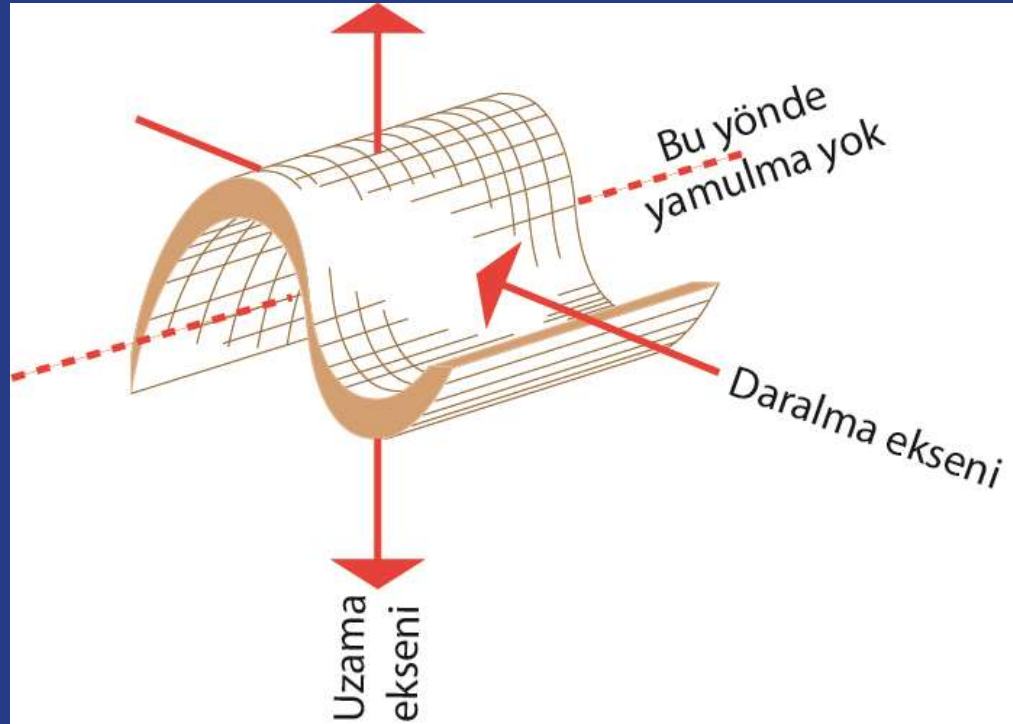
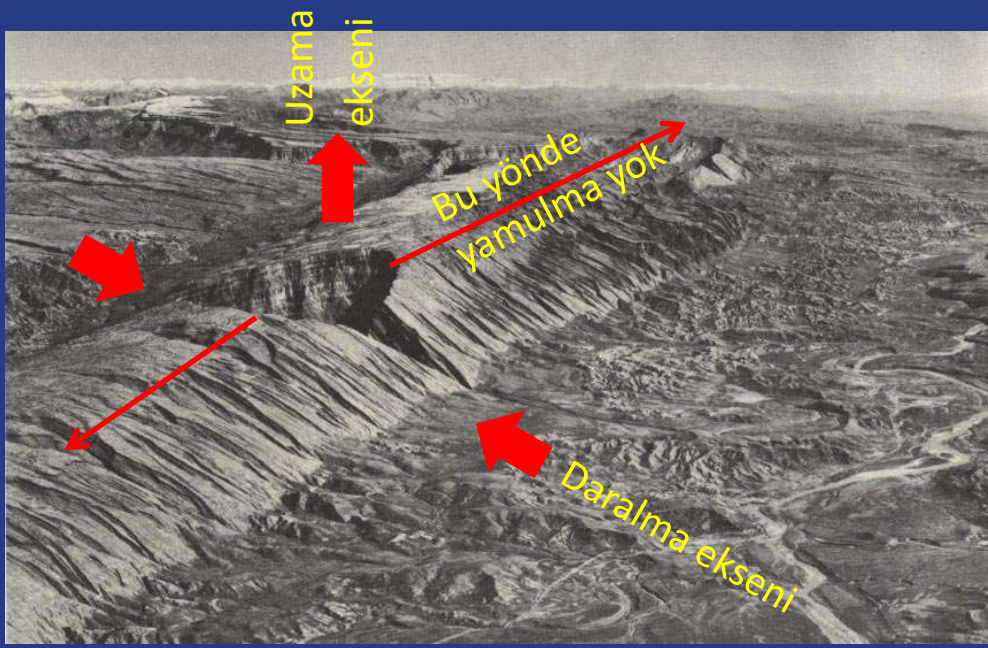
Burada görülen kare $1/3$ oranında kısalmış, $3/1$ oranında da uzamıştır. Alanında hiçbir değişiklik olmamıştır. Yani düşey boyutta hiçbir değişiklik meydana gelmemiştir. Asya'da ve Türkiye'de bugün meydana gelmekte olan yamulma kabaca böyledir. Bu bir düzlem yamulmasıdır ve yamulma düzlemi dünya yüzeyine paraleldir.

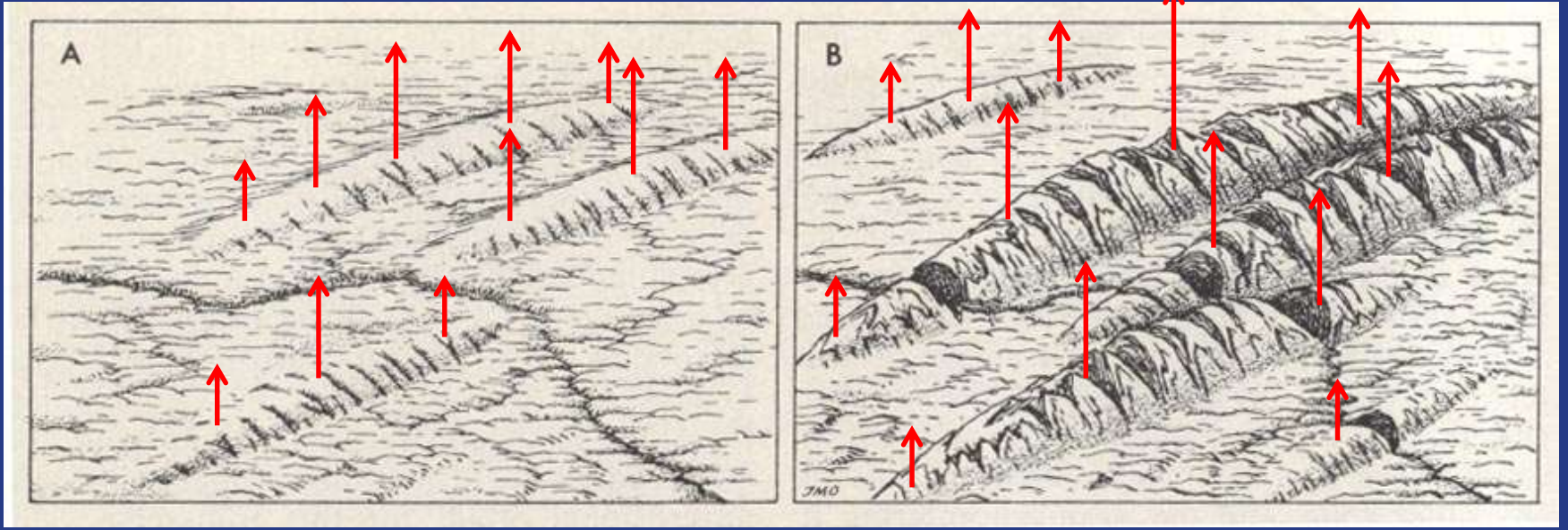


Pek çok ön- ve ardülke kıvrım kuşaklarındaki kıvrımlar düzlem yamulması sonucu oluşmuşlardır. Burada Zagros Dağlarından bir örnek görülmektedir.



Zagros
kıvrımındaki
düzlem
yamulmasının
şematik
gösterilmesi





Zagros'ta büyüyen antiklinaller.

Yana büyüme, yana doğru bir yamulmanın sonucu değildir. Sadece daramanın yukarı doğru yarattığı uzamanın sonucudur.



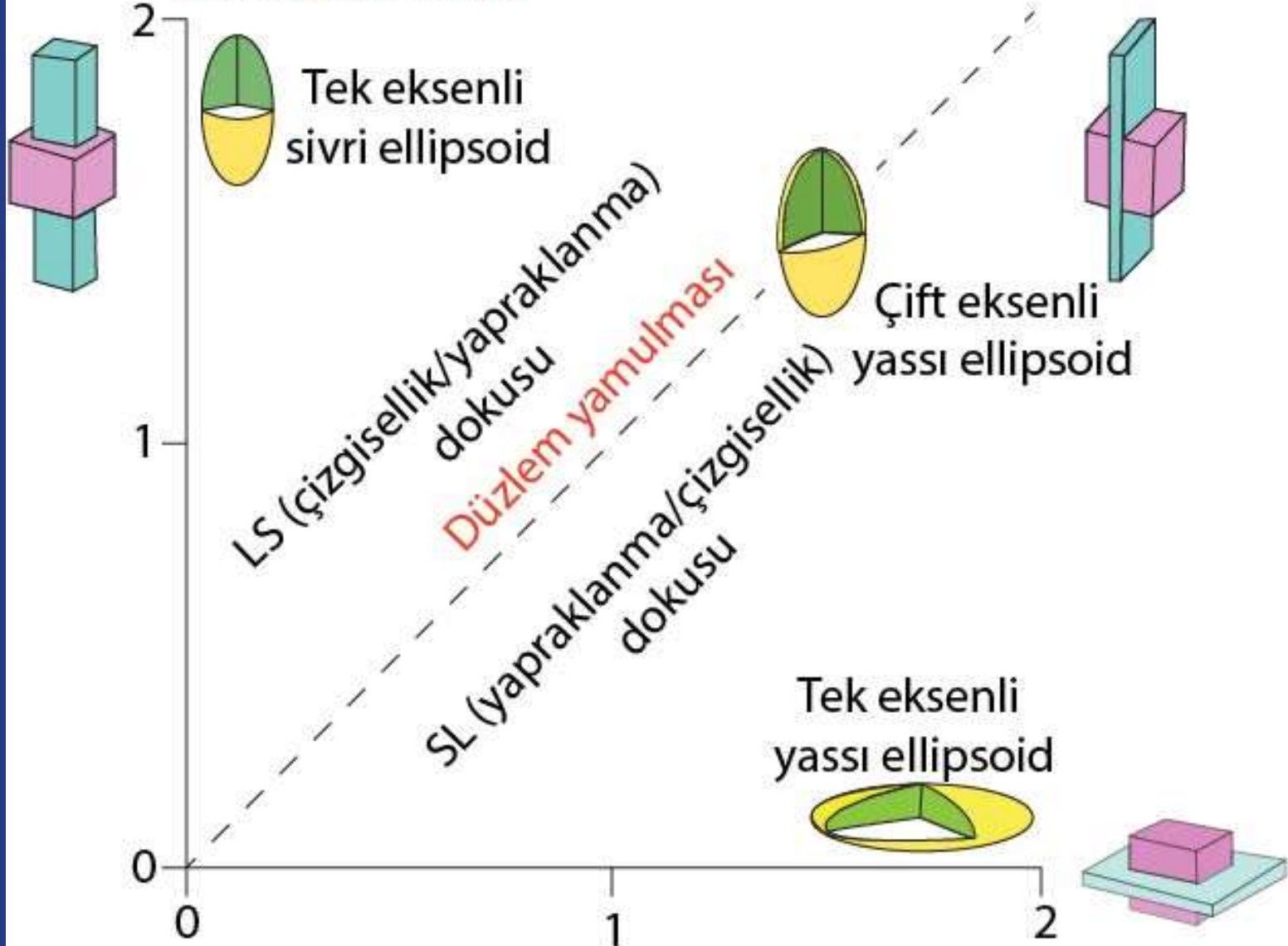
Bir LS dokusu (LS-tektioniti)



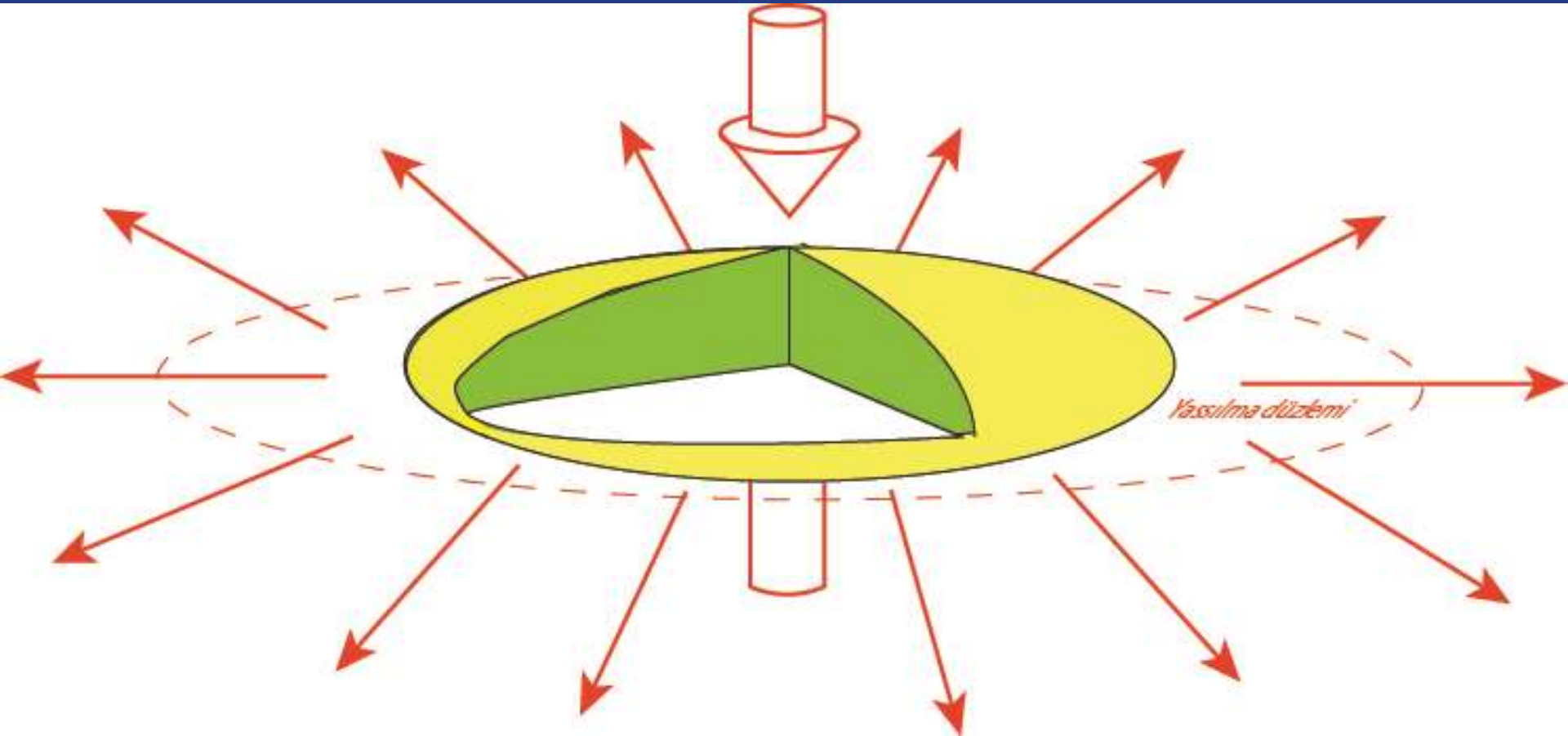
Bir SL dokusu (SL-tektoniti)

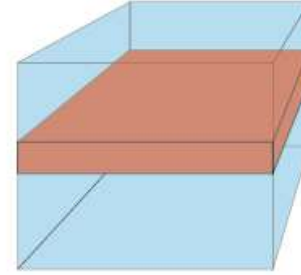
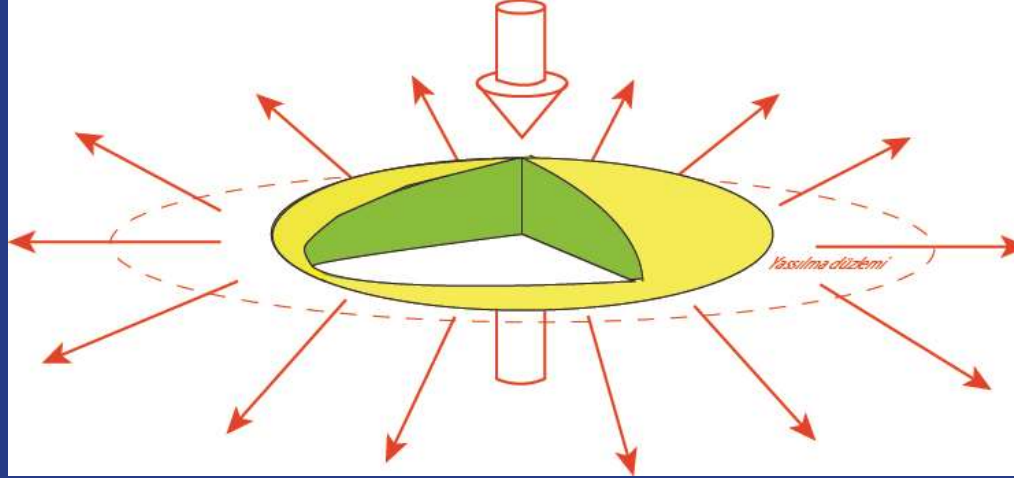
L (çizgisellik) dokusu

Sıkma yamulması

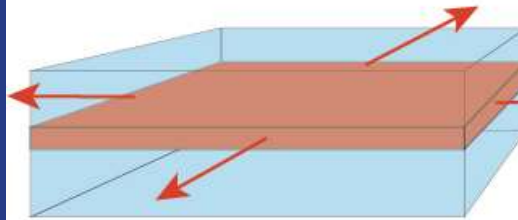


Yassılma yamulması
S (yapraklanma) dokusu

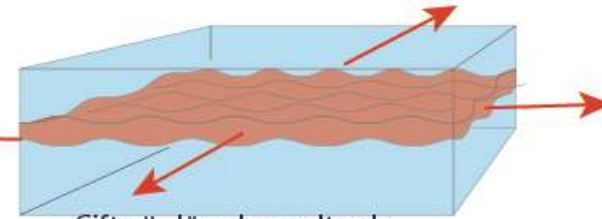




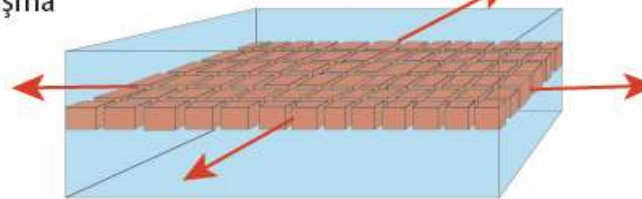
İlksel (bozulmamış) hal



Çift yönlü çekme altında
homojen yassılaşıma



Çift yönlü çekme altında
çift eksenli sünek budinaj oluşumu



Çift yönlü çekme altında
çikolata tableti budinajı oluşumu



Çikolata tableti budinajına örnek: Karbonifer
türbiditleri, Almogrove plajı, Portekiz



Çikolata tableti budinajına örnek: Karbonifer türbiditleri,
Almogrove plajı, Portekiz

Daha detaylı bir fotoğraf

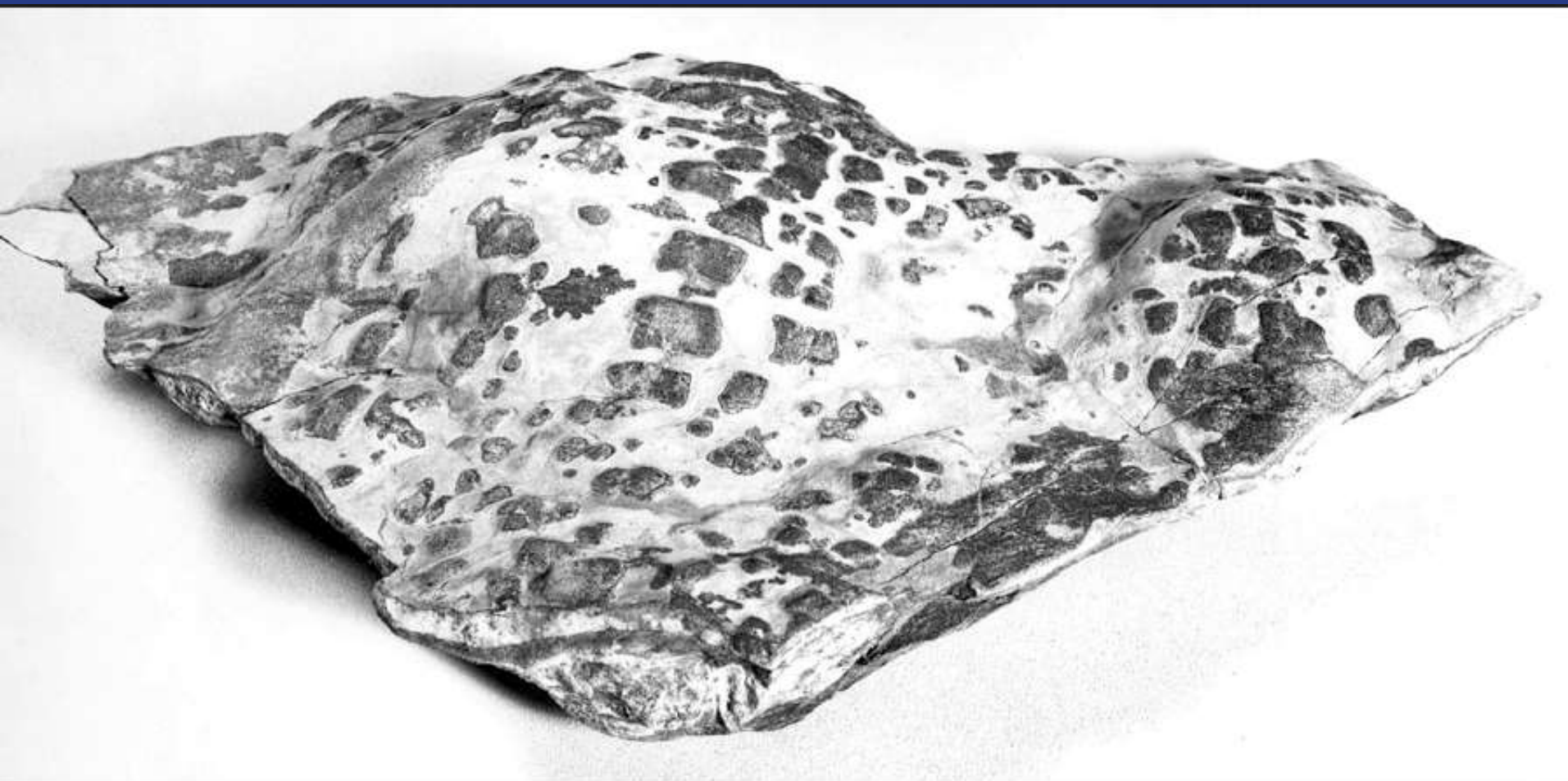


Çikolata tableti budinajına bir başka örnek

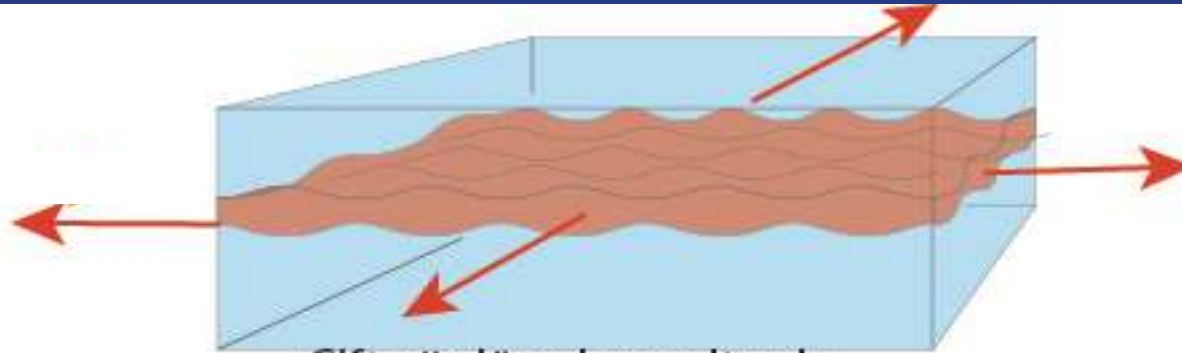


Fransız Pirenelerinden muhteşem
bir ikolata budinajı rneęi



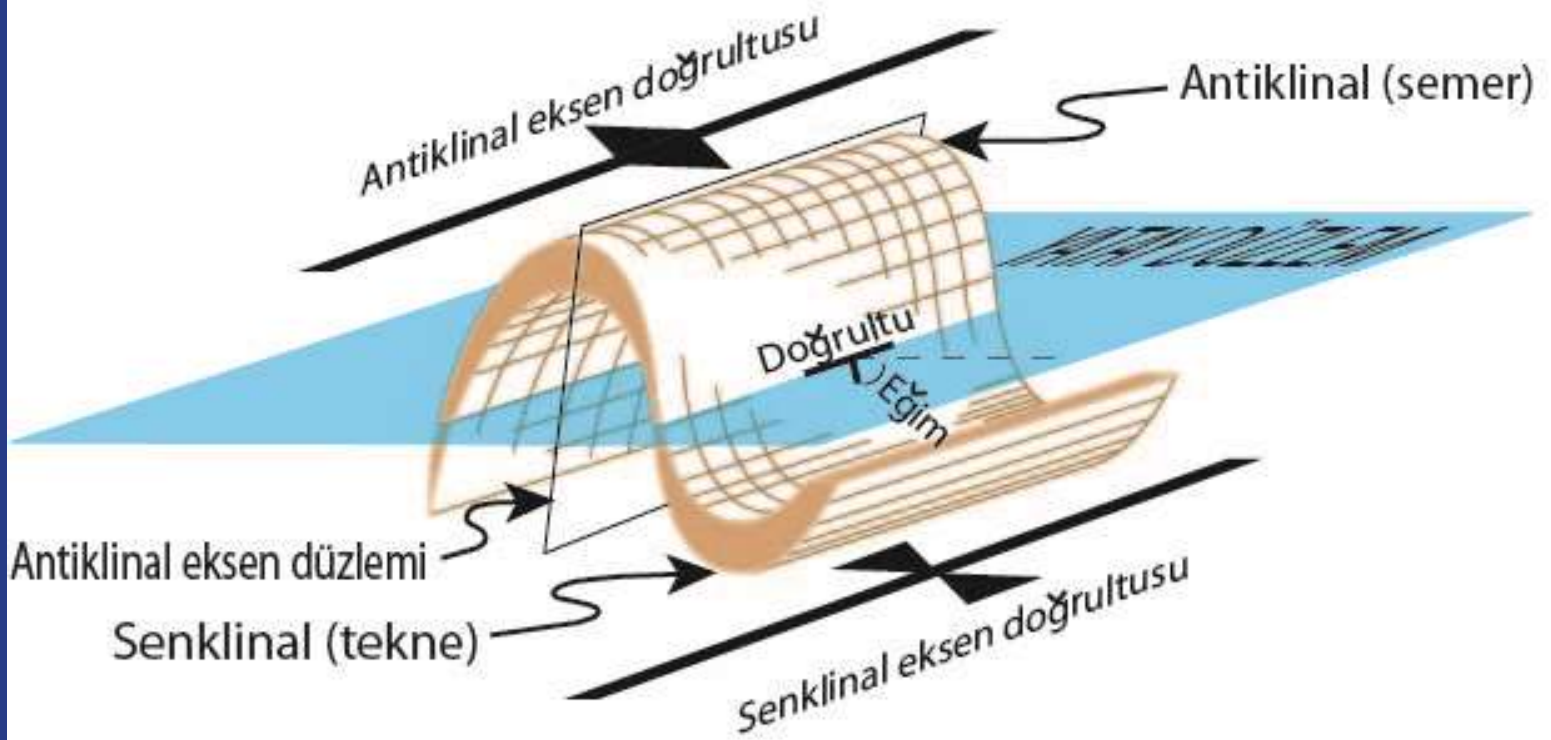




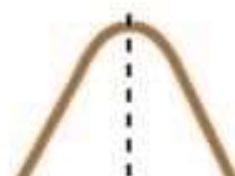


Çift yönlü çekme altında
çift eksenli sünek budinaj oluşumu





Açık kıvrım



Kapalı kıvrım



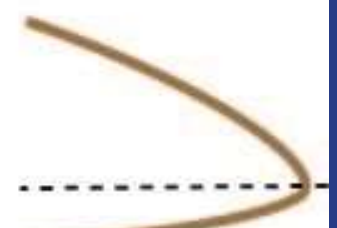
Eş eğimli kıvrım



Eğik kıvrım



Devrik kıvrım



Yatık kıvrım



Açık kıvrımlar, Yassıada, İstanbul



Açık kıvrıma bir başka örnek: Miyosen
çökelleri, Sarawak, Endonezya



Bir kapalı kıvrım



Bir eőeęimli (izoklinal) kıvrım



Cornwall'da dik kıvrımlar, Güneybatı İngiltere



Bir eğik kıvrım örneği: Alt Paleozoyik çökel kayaları,
southern Uplands, İskoçya, Birleşik Krallık



Bir devrik kıvrım örneği



Yatık kıvrıma örnek:
Dent de Morcles kıvrımı
İsviçre Alpleri

Burada görülen kıvrım aynı zamanda bir
eş eğimli (izoklinal) kıvrımdır



Daha küçük bir boyutta yatık kıvrımlar



Doruk: Kıvrımın en yükseğe ulaştığı nokta

Reze: Kıvrım bükülmesinin en çok olduğu yer

Bükölme noktası: Kıvrımın bükülmesinin terslendiği nokta

Tekne: Kıvrımın en alçığa ulaştığı nokta

Bir kıvrımın kesidinde doruk, reze, bükölme noktası ve teknenin yerlerinin gösterilmesi.
Teknenin hemen berisinde de bir rezenin olduğunu unutmayın.
(Ramsay 1967'den)

Kıvrım tipleri

Kıvrımlar çok çeşitli açılardan sınıflanmışlardır:

Tabaka kalınlıklarının korunup korunmadığına göre, eğim eşitaçlarına (eğim izogonları) göre, sünek veya gevrek yamulma göstermelerine göre vb. Bunları burada detaylı olarak ele almayacağız. Burada yapacağımız, saha jeoloğuna arazide gerekli olacak bilgileri vermekten ibaret olacaktır.

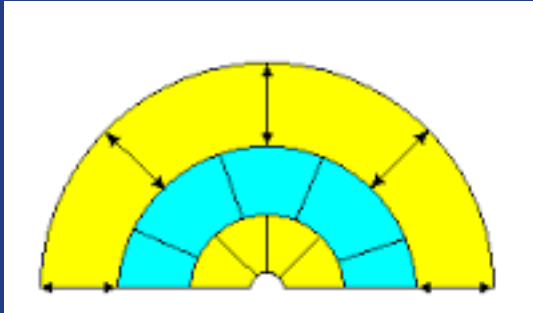
Gerisi detaylı yapısal jeolojik çalışmaların konusudur.

Tabaka kalınlıklarının korunup korunmadığına göre kıvrım tipleri:

Bunlar iki tiptir:

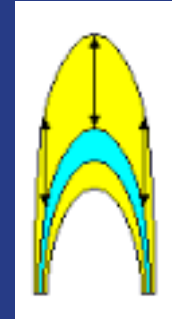
Konsantrik (paralel) kıvrımlar

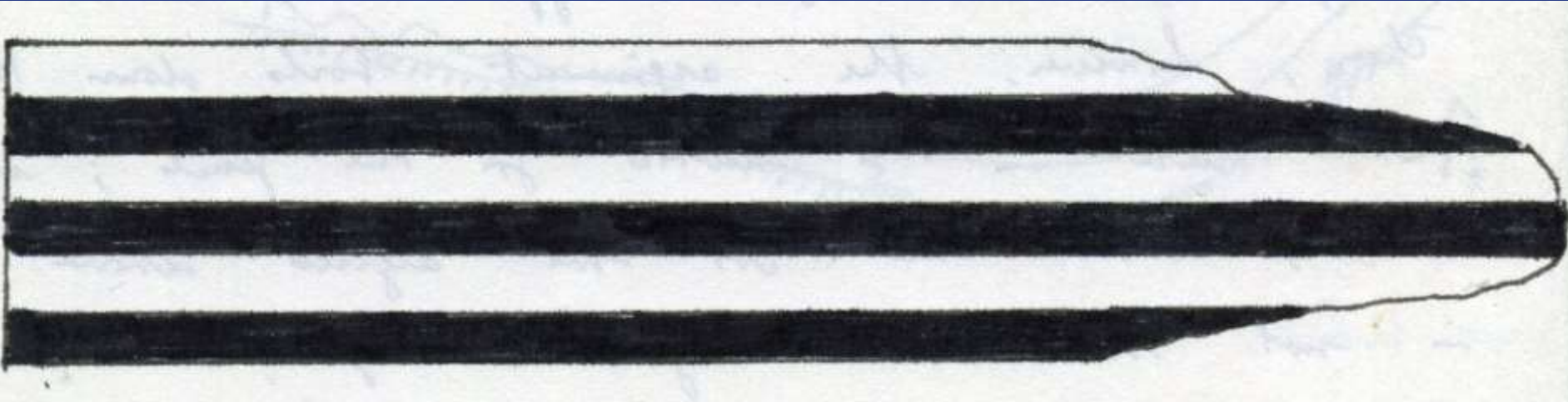
Bu tip kıvrımlarda tabaka kalınlığı korunur



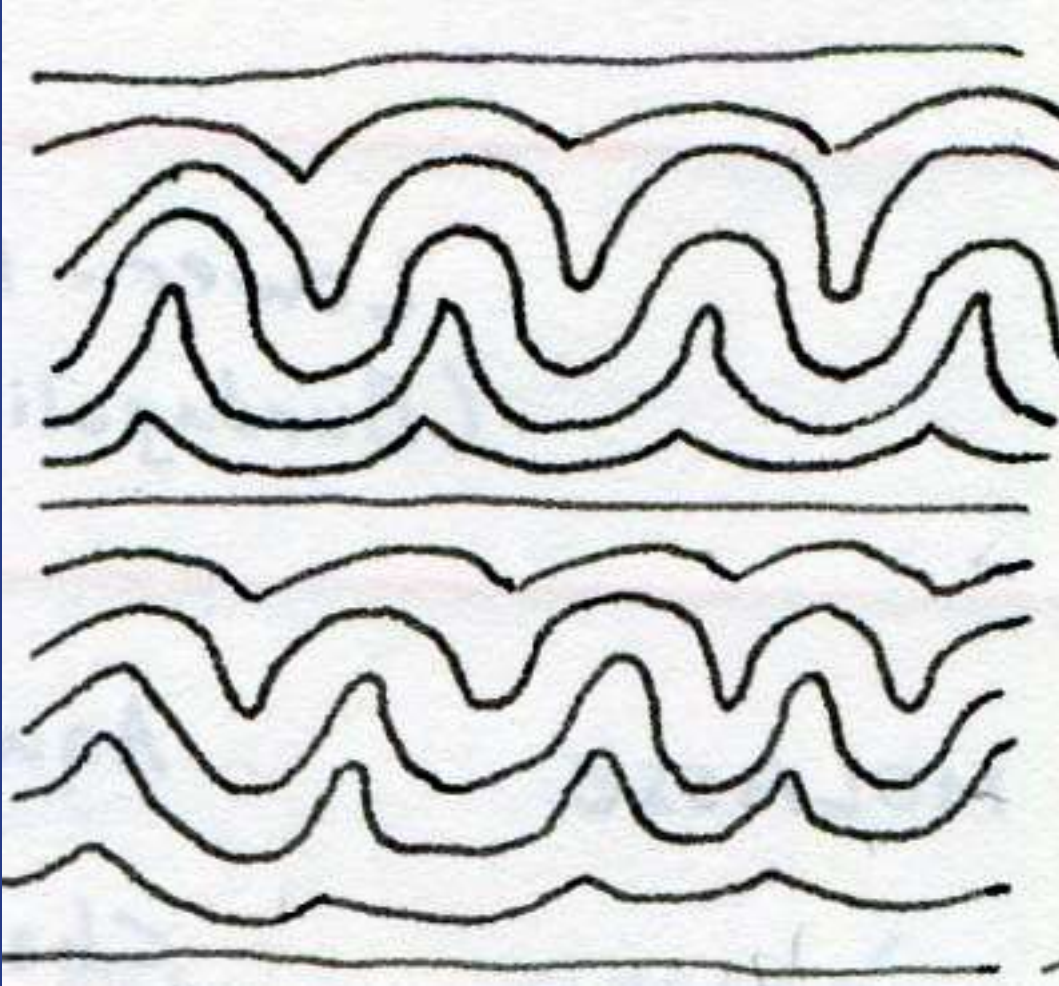
Benzer kıvrımlar

Bu tip kıvrımlarda tabaka kalınlığı korunmaz. Reze bölgeleri kalınlaşır, kanatlar incelir.





Konsantrik kıvrımlanmada kısalmanın
düşey yönde korunamaması



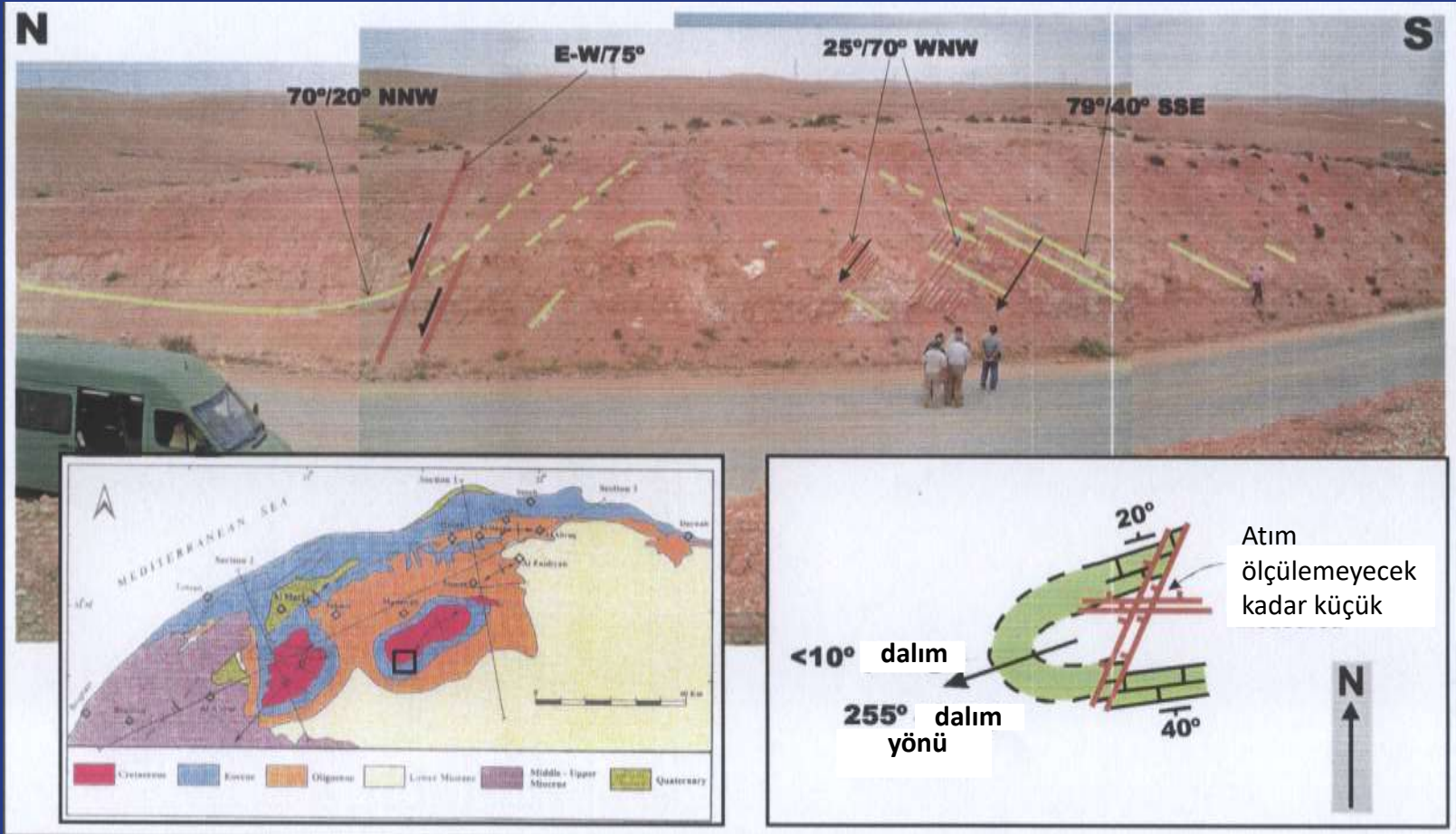
Burada bir kurtulma
düzeyi olmazsa,
kesitte kısalma
korunamaz



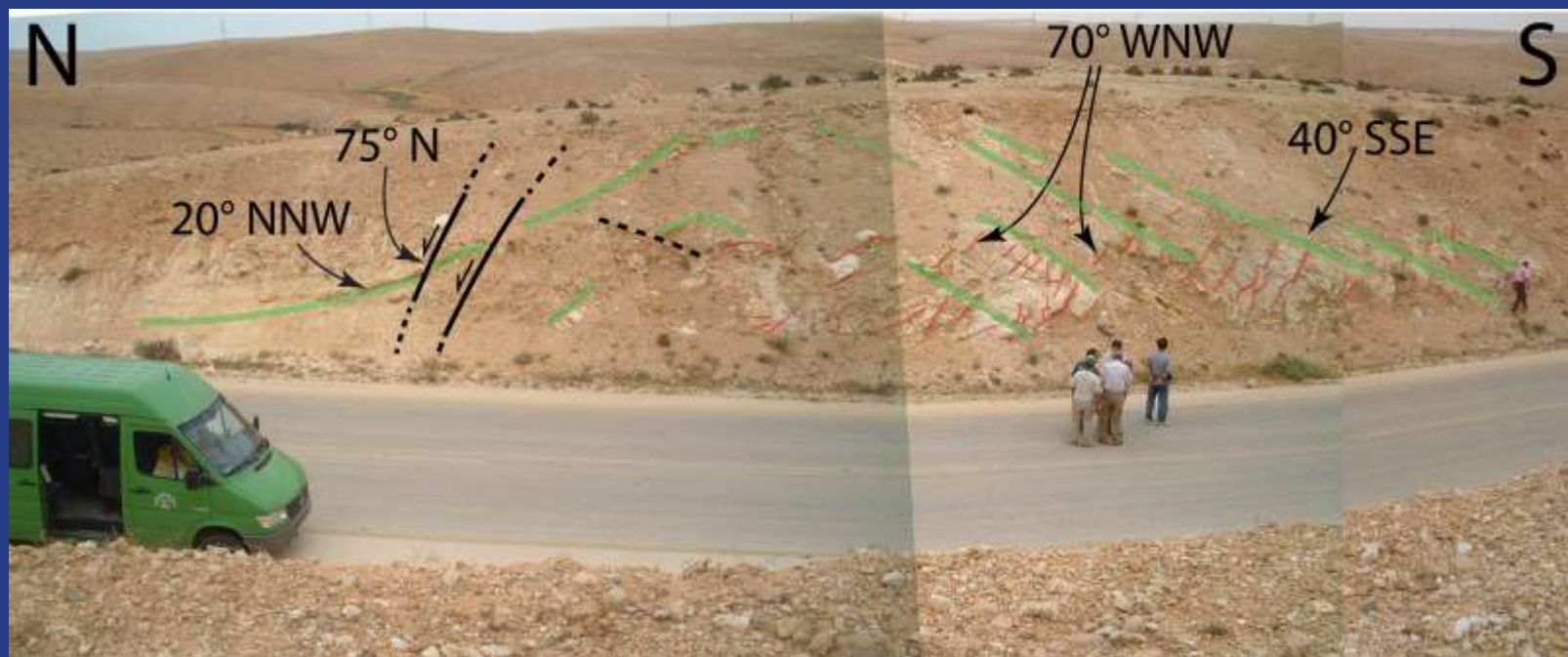
Konsantrik kıvrım örneği, Jura Dağları, İsviçre



Konsantrik kıvrım örneği, Jura Dağları, İsviçre



al-Baniyah Formasyonu (Üst Senomaniyen-Türoniyen)
içerisinde konsantrik bir kıvrım, Libya





al-Baniyah Formasyonu (Üst Senomaniyen-Türoniyen)
içerisinde konsantrik bir kıvrım, Libya

GD

KB

Kıvrım eksenini yönelimi D-B

a-c çatlak yüzeyleri

b-çatlakları





al-Baniyah Formasyonu (Üst Senomaniyen-Türoniyen)
içerisinde konsantrik bir kıvrımın bir kanadı ve bu
kanattaki yamulma, Libya

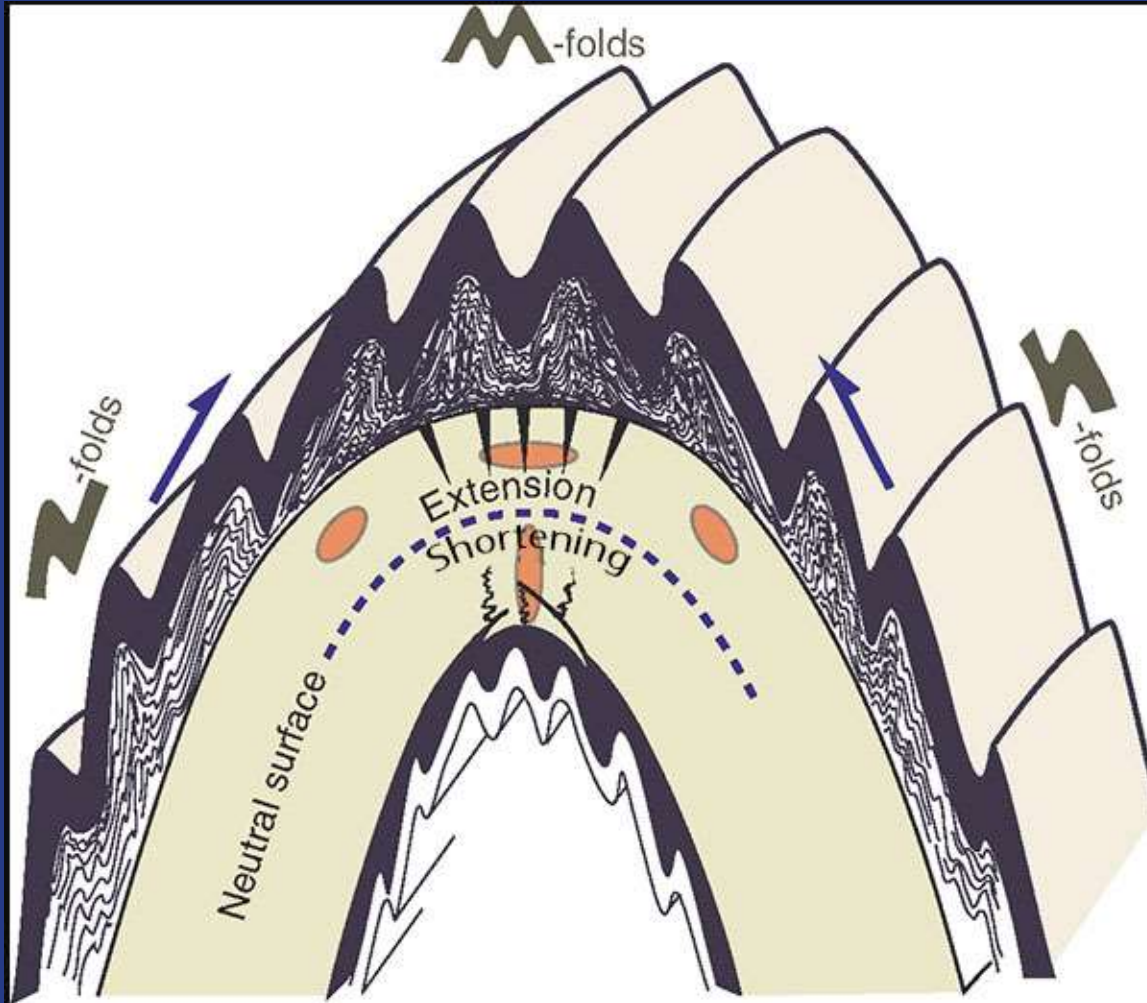


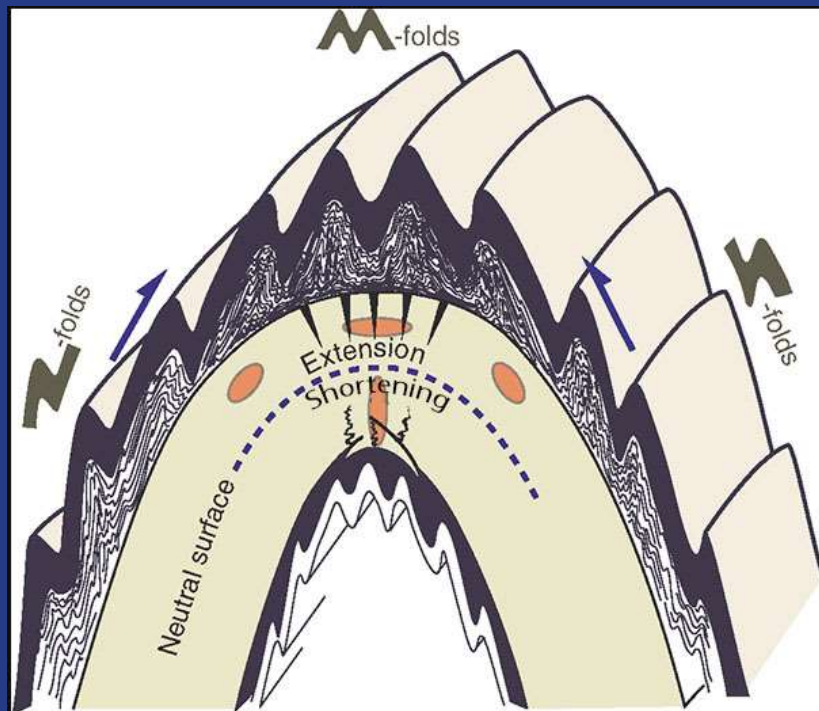
Rudistin hiç hemen hemen
hiç yamulmamış olması
bize kayaç içinde hemen
hemen hiç sünek
deformasyonun olmadığını
gösteriyor.



Bir rudist

Eğer sünek deformasyoun hemen hemen hiç yoksa, konsantrik kıvrımlarda bükülmeyi nasıl sağlıyoruz?





AL-BANIYA

Ekstrados açılma damarları

Stilolitler

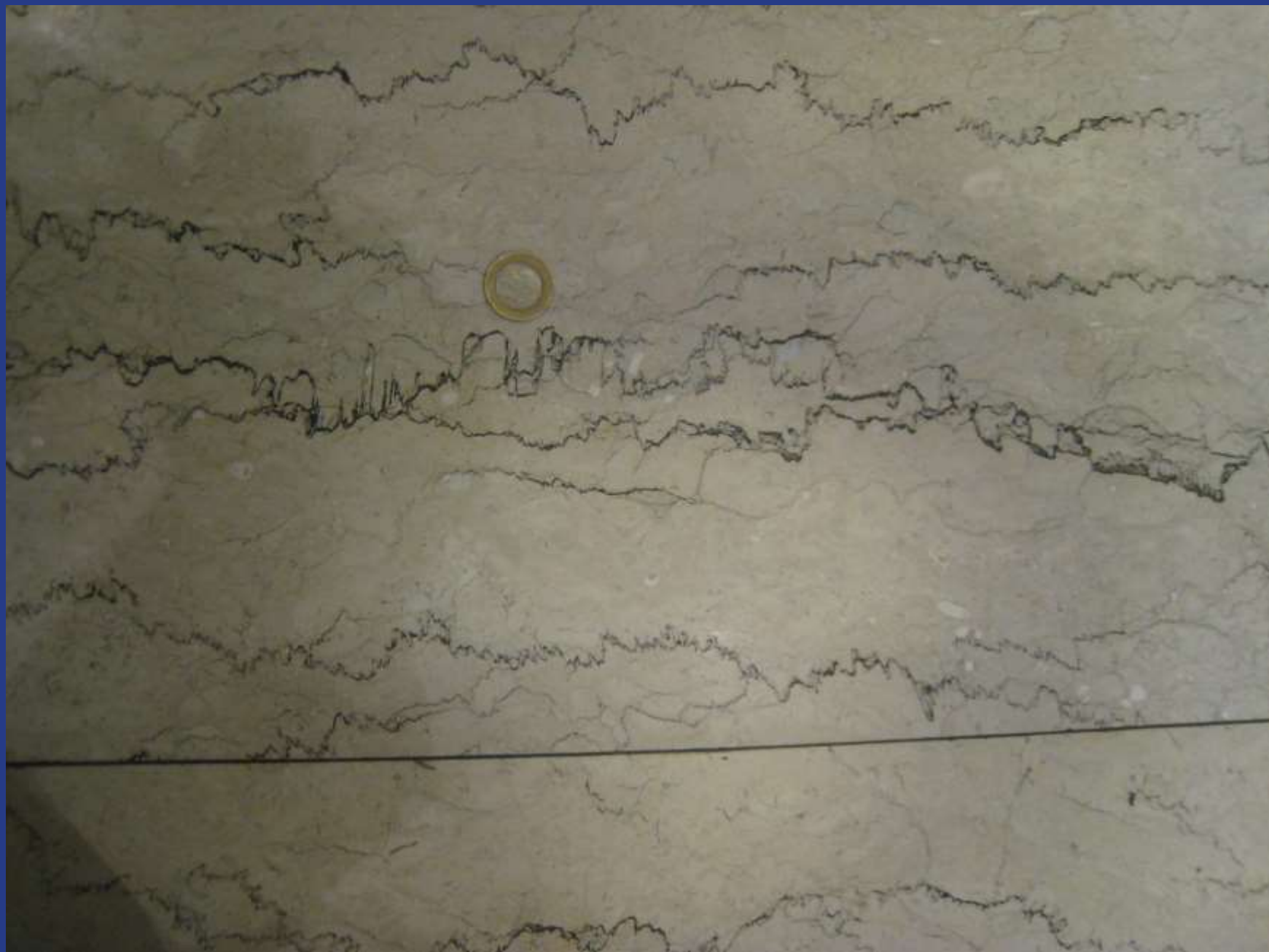


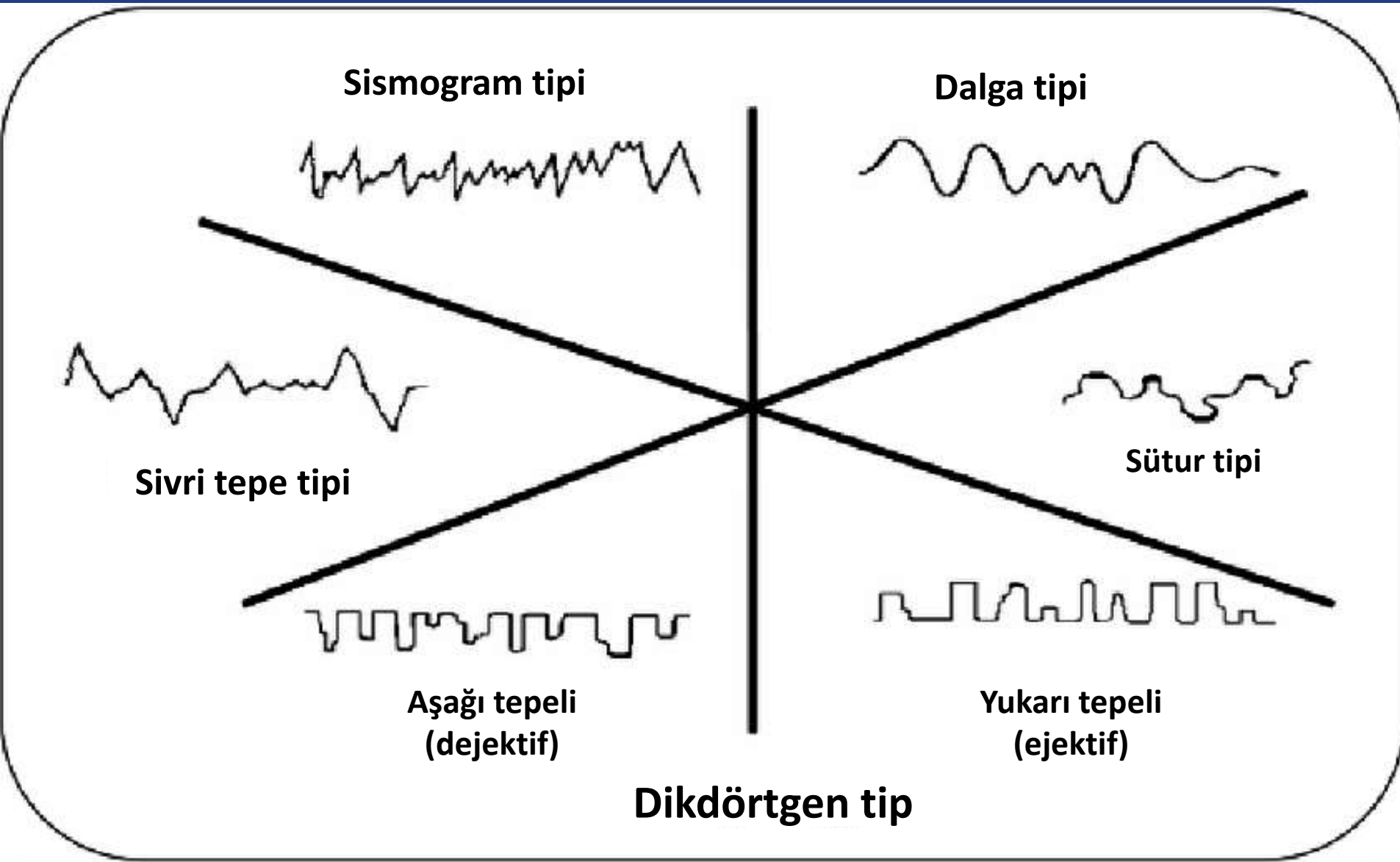


Stilolitler ve onlara dik oluşmuş açılma damarları

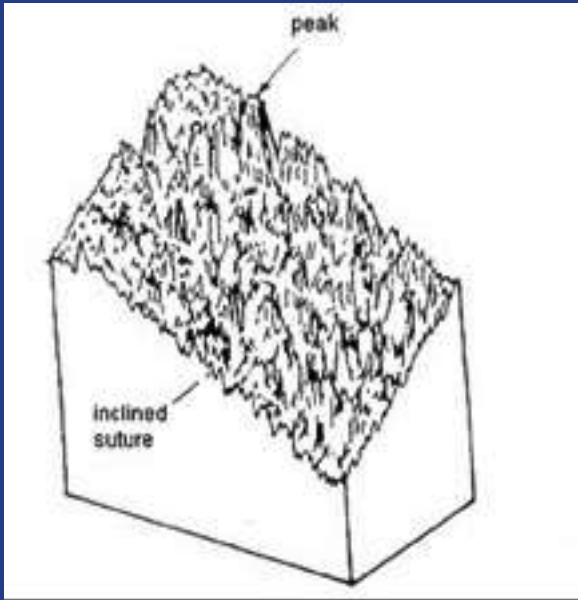


Stilolitler





Kesitlerine göre stilolit tipleri

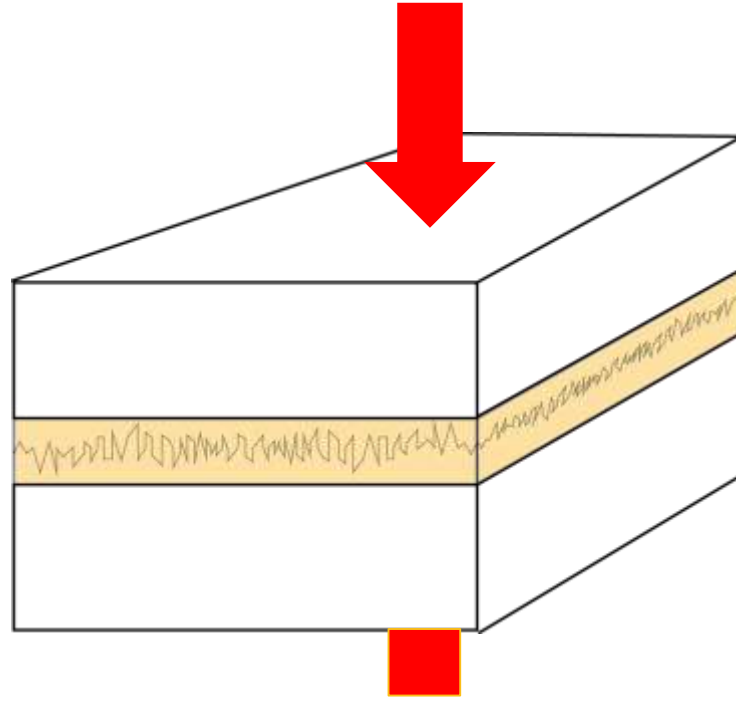


Stilolit yüzeyleri



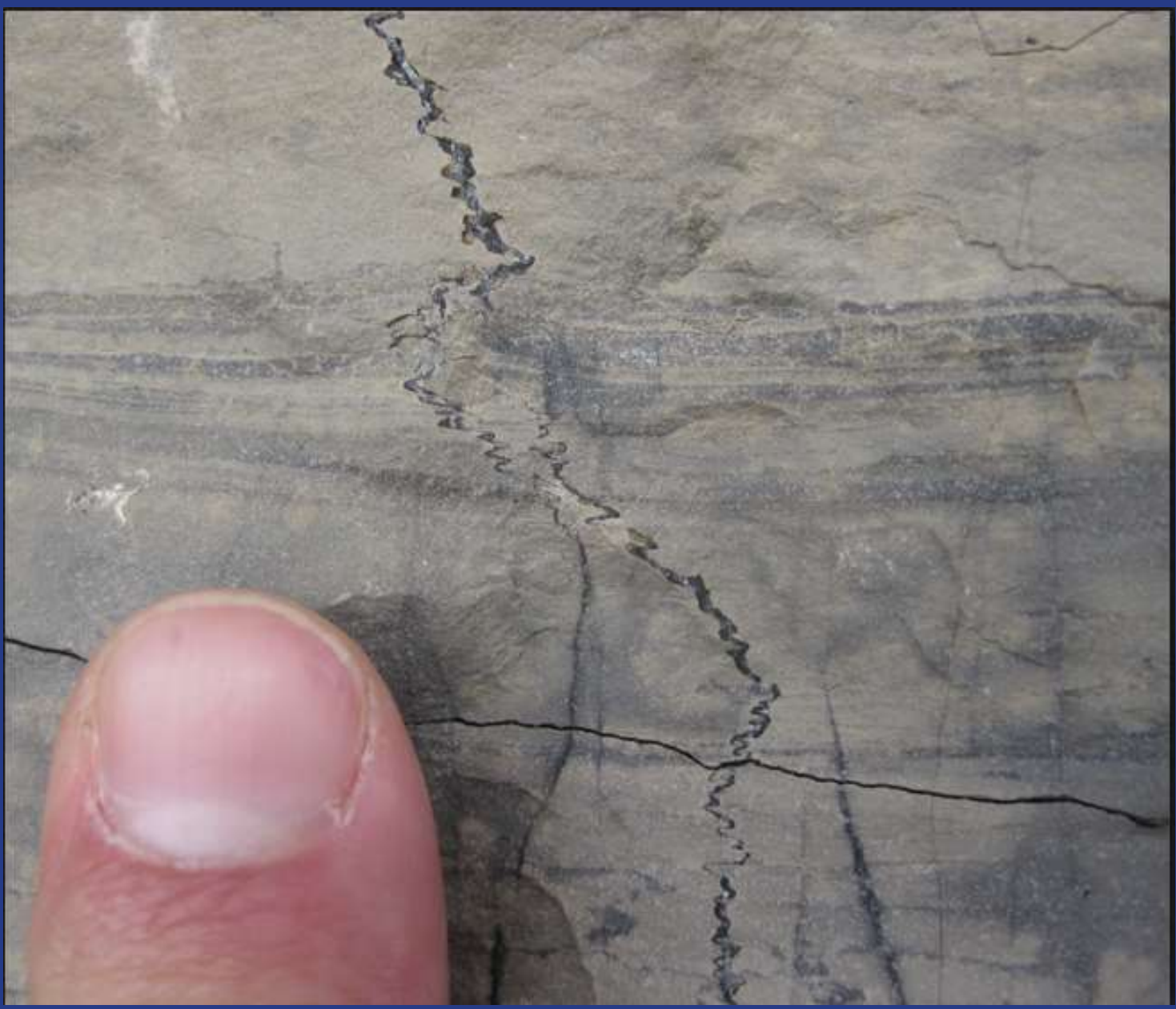


Tabakalanmaya paralel oluşmuş stilolitler: Alt Karbonifer kireçtařları, Montana Eyaleti, ABD

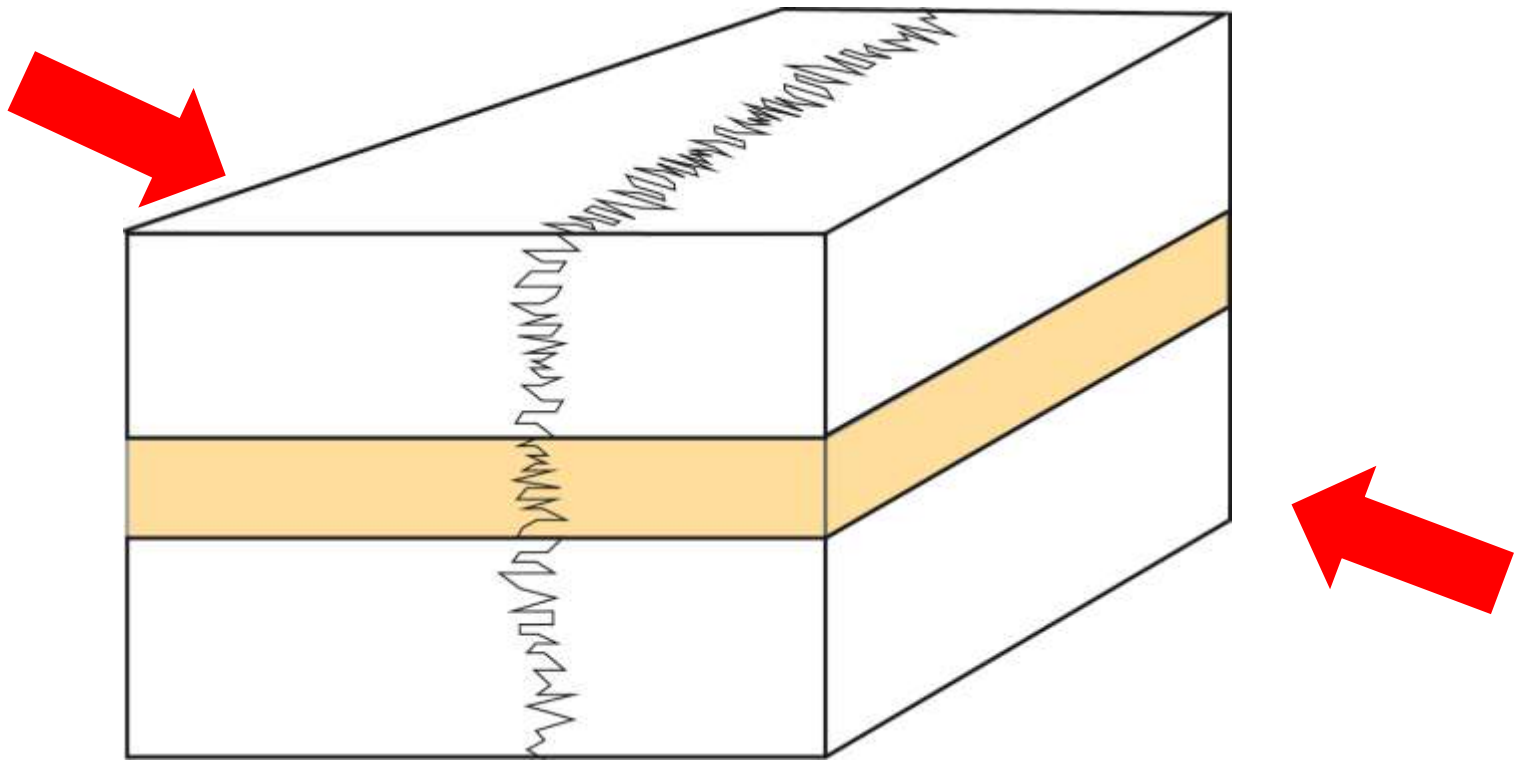


Yatay stilolitler

Yatay stilolitler genellikle çökel ağırlığı altında oluşan düşey sıkıştırma sonucu oluşurlar .

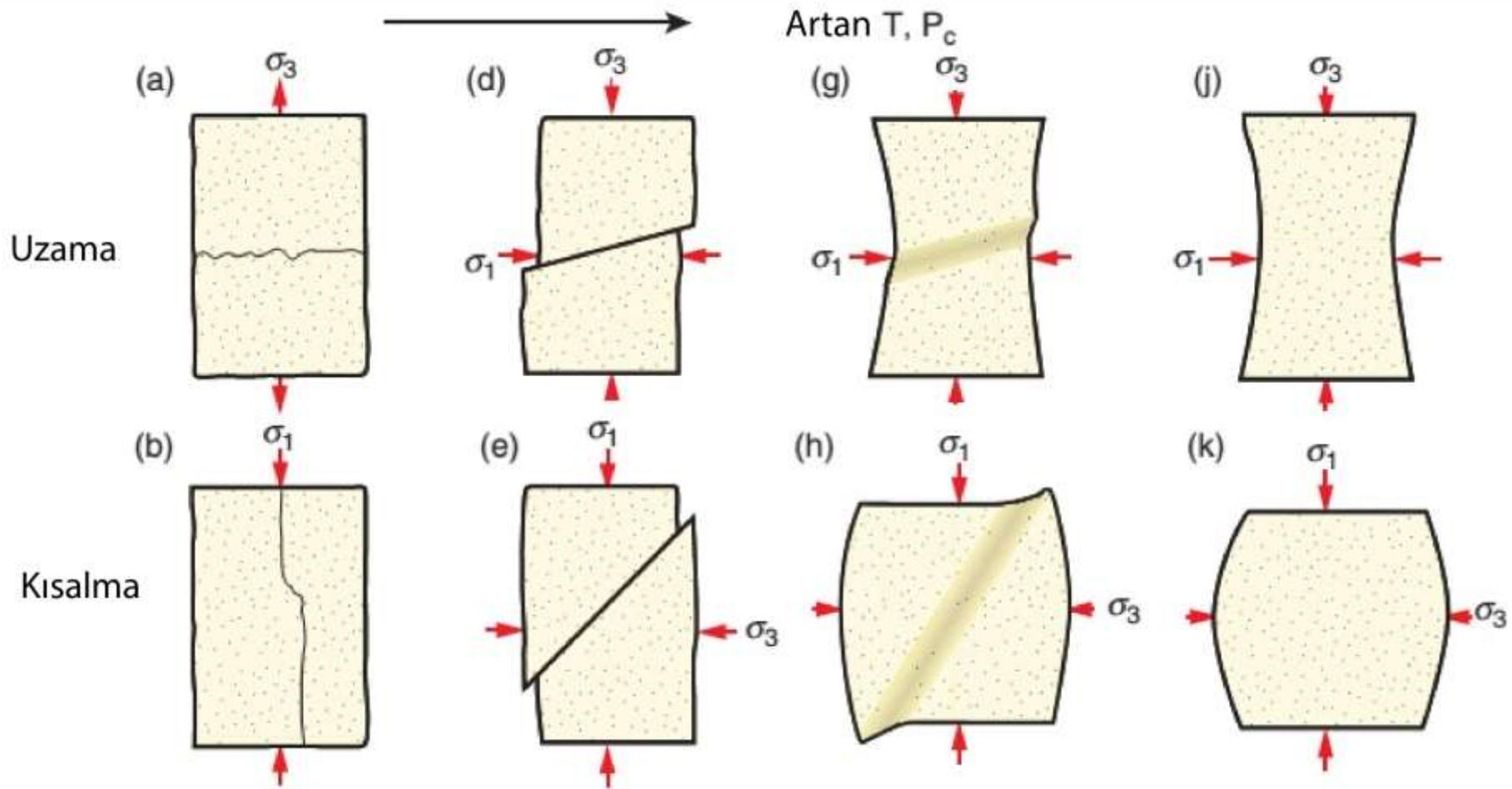


Tabakalanmaya dik oluşmuş stilolitler: Silüriyen
Tonoloway Kireçtaşı, Batı Virginia Eyaleti, ABD

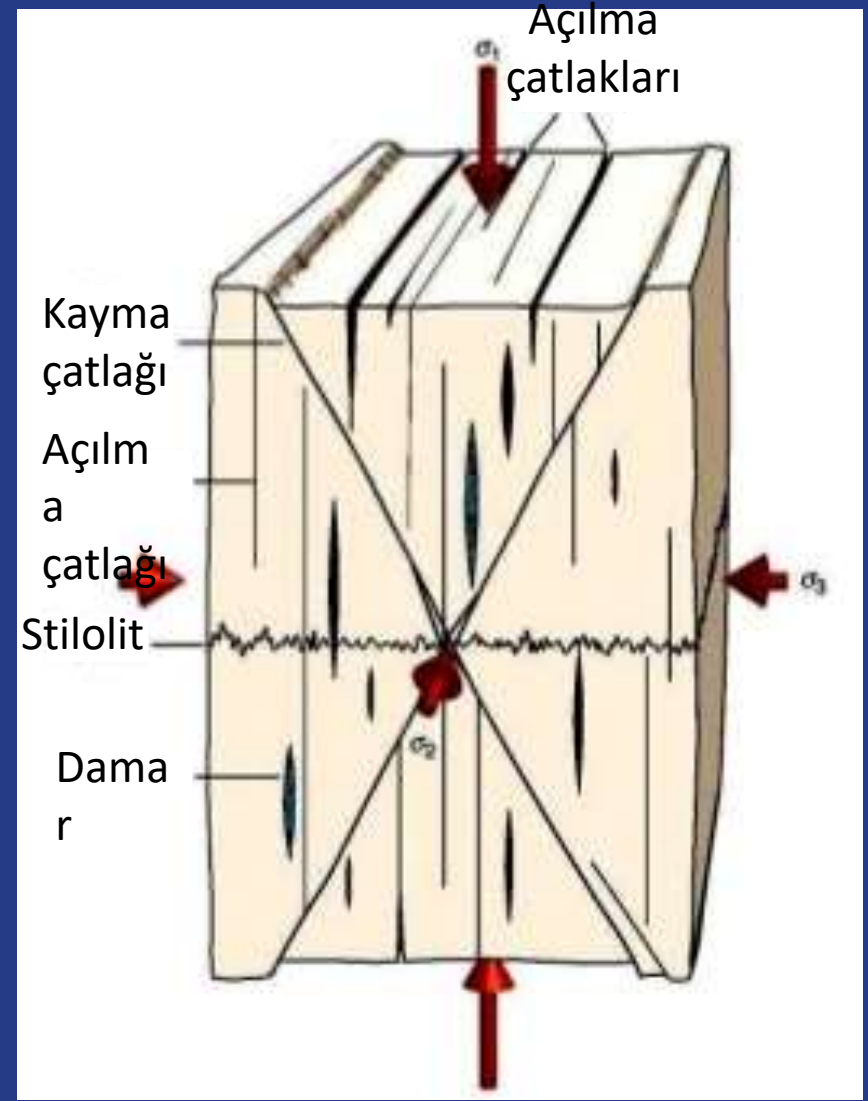
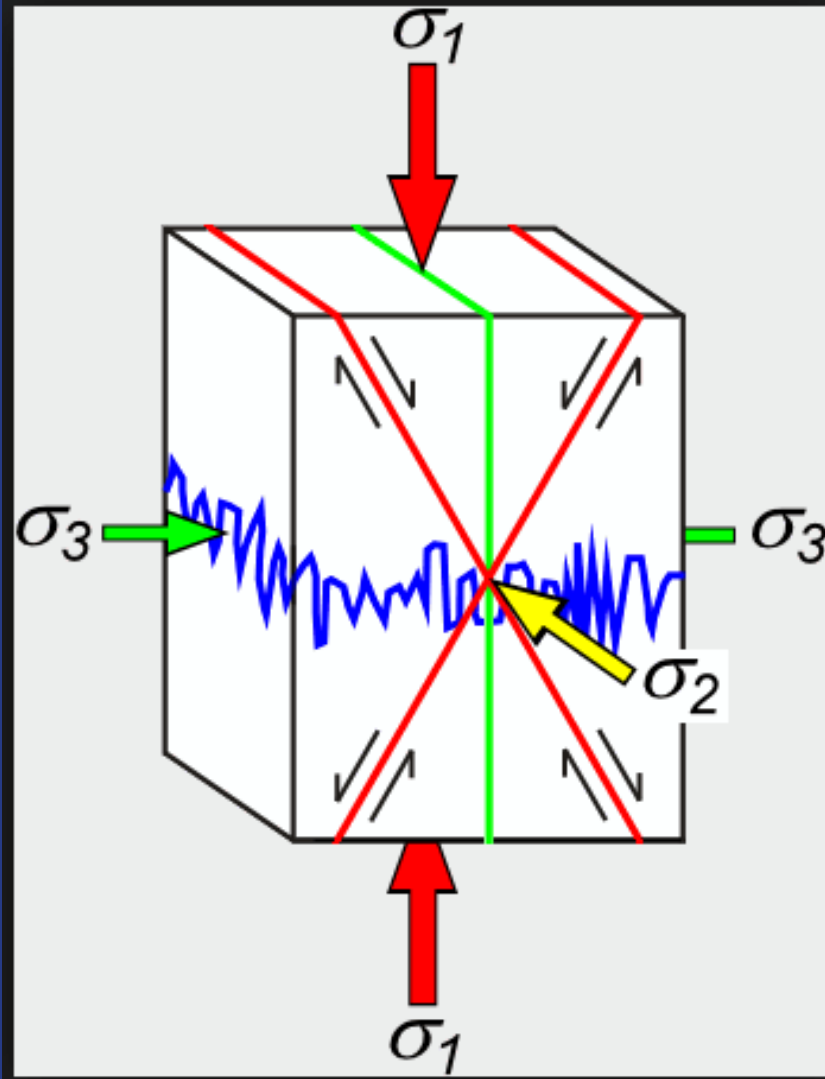


DüŖey stilolitler

DüŖey stilolitler genellikle tektonik gerilmeler sonucu oluŖan yatay sıkıŖtırma sonucu oluŖurlar .



Uzama ve kısalma altında muhtelif sıcaklık (T) ve basınç (P) şartlarında meydana gelen kayma türleri



İskoçyalı jeolog Ernest Masson Anderson'un faylanma, çatlak ve dayk oluşumu hakkındaki meşhur kuramının ana öğeleri (1951)

Anderson kuramı Coulomb yasasına dayanır

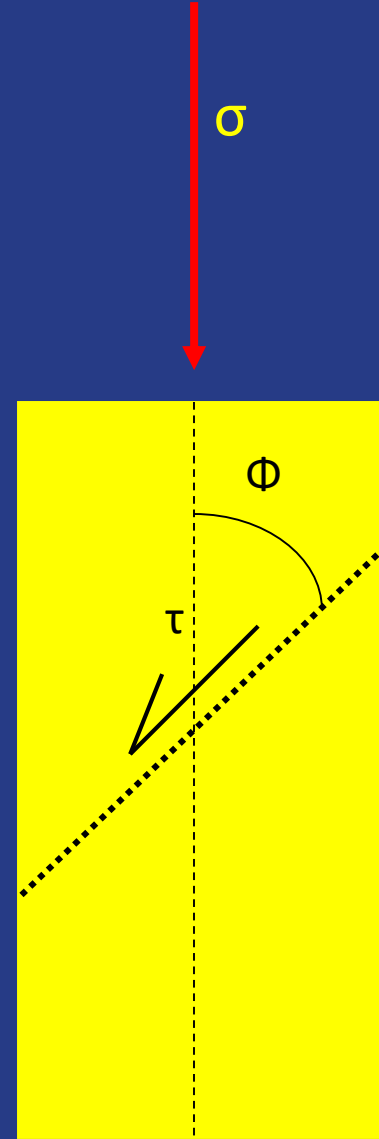
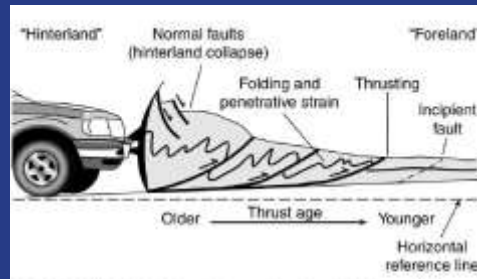
$$\tau = b + \mu\sigma$$

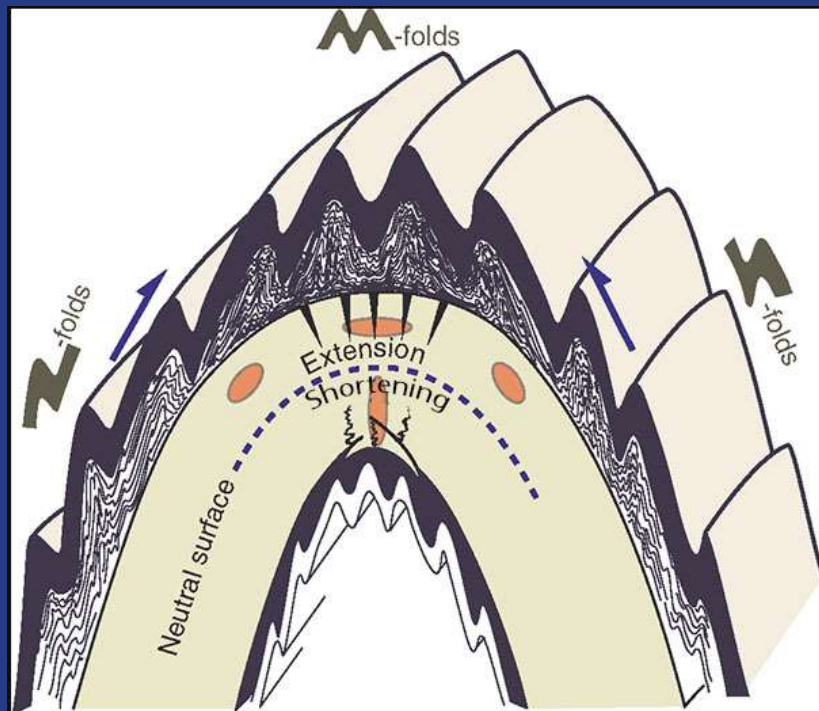
τ = kayma gerilmesi

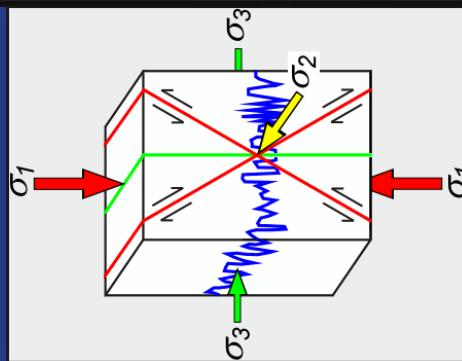
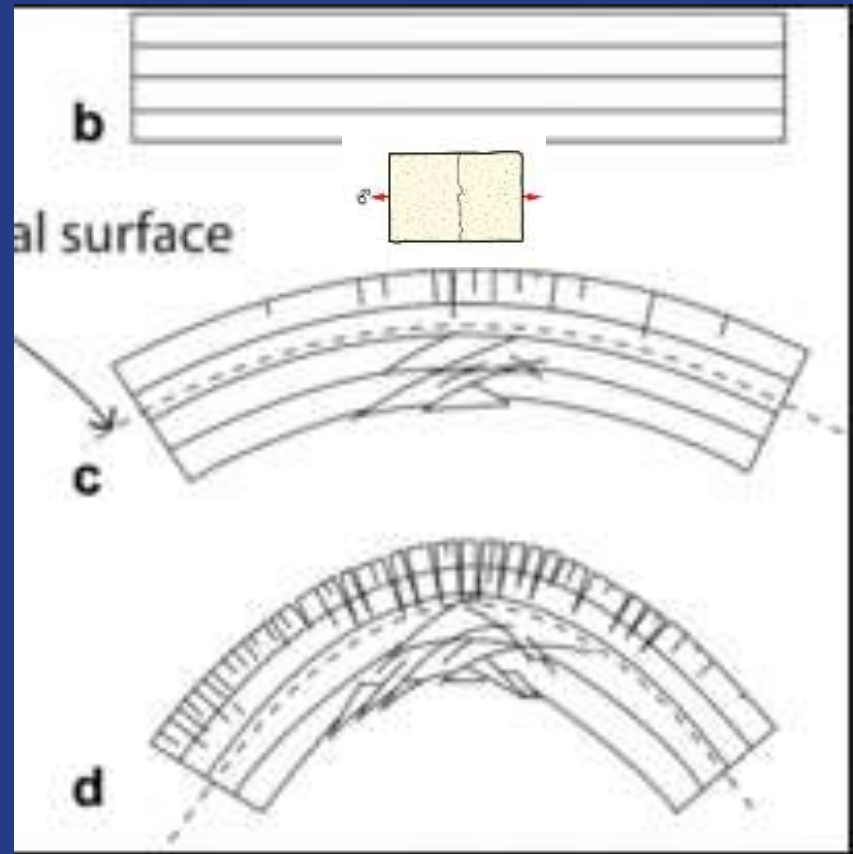
b = iltisak

μ = iç sürtünme açısı

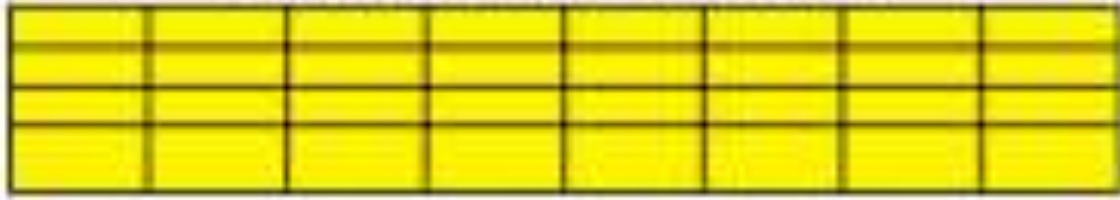
Coulomb yasasını kullanarak normal gerilmenin değerini bilen herhangi birisi, malzemenin hangi açıda (θ) ve hangi kayma gerilmesi değerinde (τ) kırılacağını hesap edebilir.

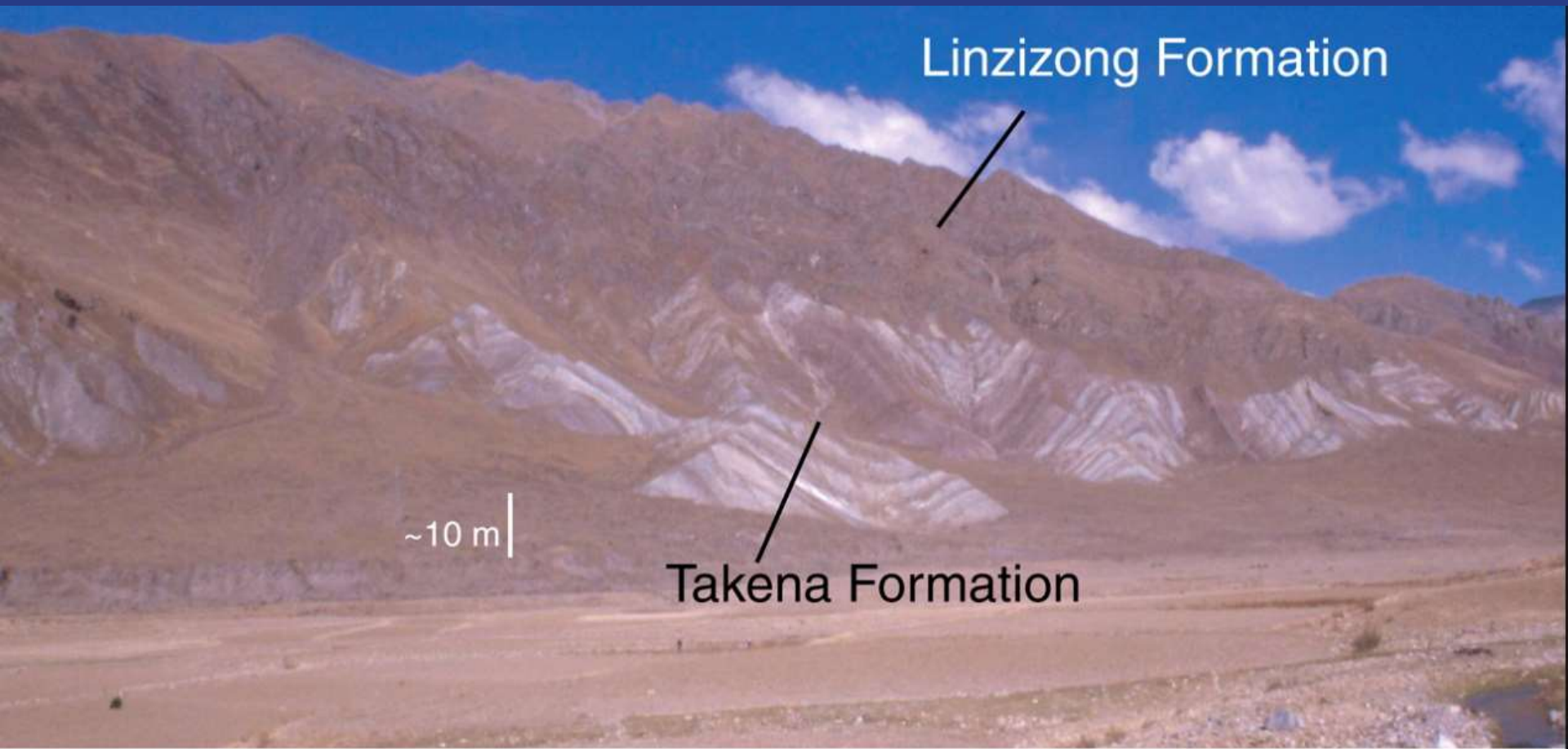






Bükölme kayması kıvrımlanması





Linzizong Formation

~10 m

Takeda Formation

Konsantrik (=paralel) kıvrımlarla kıvrımlarla
kıvrımlanmış olan Üst Kretase yaşlı
kumtaşlarından oluşan Takeda Formasyonu.
Lhasa kuzeyi, Tibet, Çin Halk Cumhuriyeti