

KABUK DEFORMASYONU VE DAĞ OLUŞUMU



Çomolungma Dağı (Everest) , Nepal-Tibet

- Bir dağ oluşumu süreci sadece yerin yükselmesiyle sonuçlanmaz, kayaçların deformasyon geçirmesine de sebep olur.

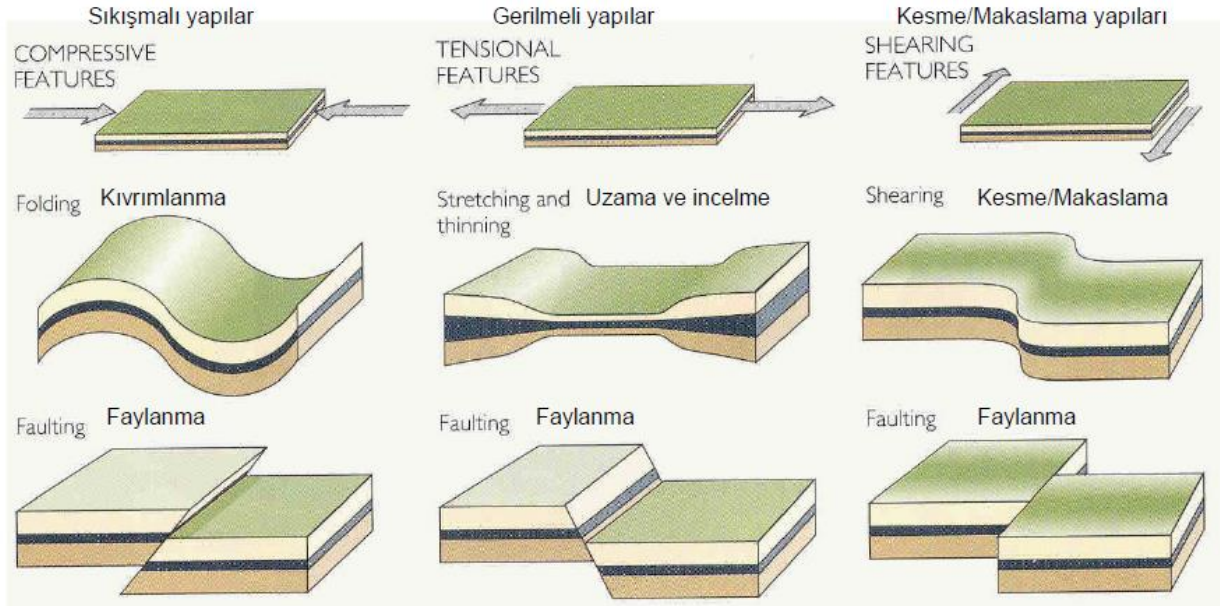
Deformasyon: Bir kayaç kütesine bir kuvvet uygulandığında (sıkışma, gerilme, kesme/makaslama, vb.) şeklini ve hacmini değiştirir, buna deformasyon denir.

Deformasyon birçok jeolojik yapıları içerir. Bunlar:

- Eklemler
- Faylar
- Kıvrımlar
- Foliasyon (yapraklanma)

DEFORMASYONA SEBEP OLAN KUVVETLER

Sert ve sağlam görünen kayaçlar, uzun zaman aralıkları içinde ve yer kabuğundaki kuvvetlerin etkisi altında deforme olurlar. Bu kuvvetler 1) bir cismi sıkıştıran ve boyunu azaltan sıkışma kuvvetleri (compressive forces); 2) bir cismi çeken, boyunu uzatan ve koparmaya çalışan çekme kuvvetleri, (tensional forces) ve 3) bir cismi, birbirine ters yönlerde sıkıştıran kesme (makaslama kuvvetleri: shearing forces) olabilirler. Kesme kuvvetlerini düşünmede, iki el ayası arasına sıkıştırılmış bir iskambil destesinin, eller birbirlerine göre ters yönlerde ve paralel hareket ettirildikleri zaman yapacakları birbirleri üzerindeki kayma hareketleri yardımcı olabilir. Şekil 'de, bu üç kuvvet cinsinden itibaren gelişebilecek jeolojik yapılar (kıvrım ve fay cinsinden) gösterilmiştir. Plaka tektoniği kuramına göre, bu üç kuvvet cinsi, birbirlerinden uzaklaşan, veya yaklaşan, veya birbirlerine göre yanyana kayarak hareket eden plakalarda oluşurlar.



Deformasyona uğramamış kayaçlar

Deforme olmamış istiflerde, tabakalar depolandıkları gibi yatay tabakalar halindedir.

Taneler (çakıl, kum, silt) depolandıkları zamandaki gibi yuvarlak, kil mineralleri sıkışma nedeniyle yatay haldedir.



Deformasyona uğramış kayaçlar

EĞİK TABAKALAR



DİK TABAKALAR

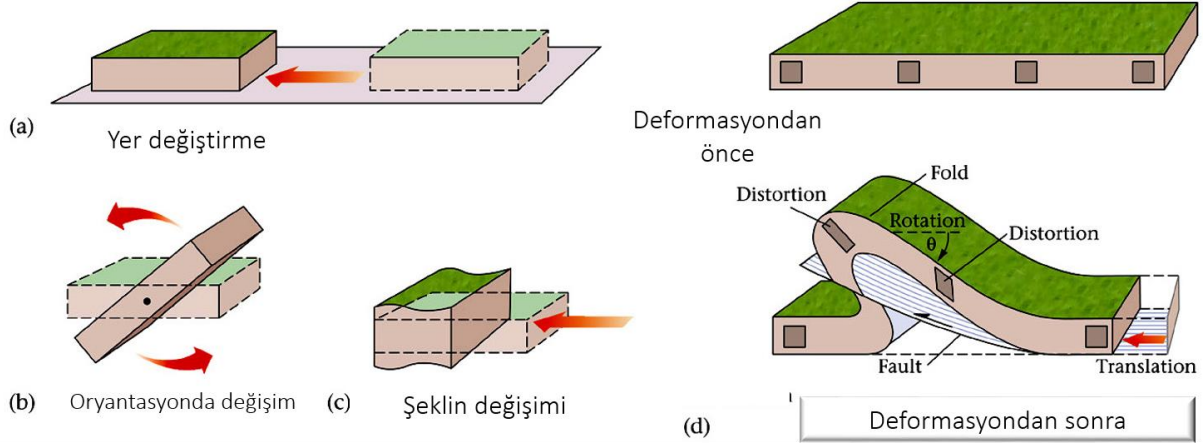


- Deformasyona uğramış istiflerde (örn; dağ kuşakları) kayaçlar kıvrımlanmış ve muhtemelen metamorfizma (başkalaşım) geçirmişlerdir
- Farklı kayaçları yan yana getiren büyük faylar mevcut olabilir
- Kayaçlar oldukça kıvrımlanmış ve ezilmiş taneler kuvvetli yapraklanma oluşturabilir



Deformasyon nedir?

- Genel olarak eğer aşağıdaki olaylar gerçekleşmiş ise, kayalar deformasyona uğramış denilebilir:
 - Orijinal pozisyonunun değişmesi (hareket etmesi)
 - Oryantasyonda değişim (kıvrım, rotasyon ve/veya eğimli olma)
 - Şekilde değişim (biçim değiştirme = *distortion*)



Kırılğan (Brittle) ve sünek (Ductile) Deformasyon

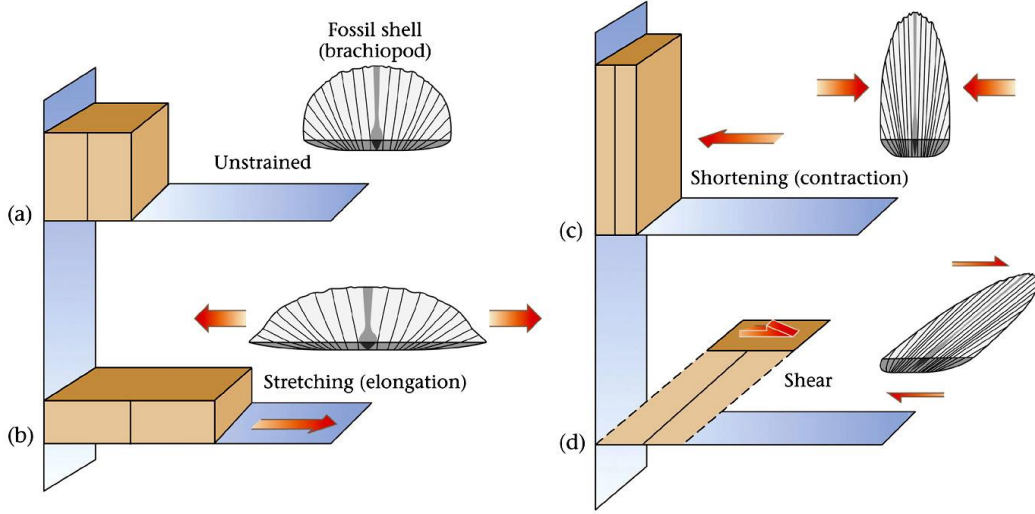
<ul style="list-style-type: none">Kırılğan Deformasyon (litosfer):<ul style="list-style-type: none">Düşük sıcaklık ve basınç (sığ derinlik) / yüksek gerilme oranıFay, eklem vb., oluşumuSünek deformasyon (astonosfer):<ul style="list-style-type: none">Yüksek sıcaklık ve basınç (derin derinlik) / düşük gerilme oranıKıvrım ve foliasyon (yapraklanma) oluşumu	<p>Before</p> <p>After</p> <p>(a) Brittle deformation</p> <p>(b) Ductile deformation</p>
--	--

- Bazı deformasyon geçicidir: depremler arasındaki elastik gerilme
- Sonuçta geri kazanımı mümkün olmayan kalıcı deformasyon meydana gelebilir.
- Kırılğan ve sünek deformasyon arasındaki sınır bileşime de bağlı bağlıdır.
- Bazı durumlarda kırılğan ve sünek özellikler aynı kayada oluşabilir.

Anahtar deformasyon terimleri

- Gerilme (Strain):** Stres uygulaması nedeniyle, boyut ve/veya şekilde değişim
 - Açıklayıcı terimler: kısalma (shortening) / daralma (contraction), gerilme (stretching) / genişleme (extension), makaslama gerilimi (shear)
 - Gerilme = orijinal uzunlukta değişim
- Stres:** Bazı alan üzerine bir kuvvet uygulandığında, kayaların gerilme geçirmesine sebep olur

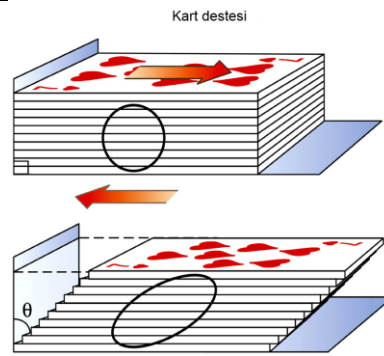
- Açıklayıcı terimler: sıkışma (compression), gerilim (tension), makaslama gerilimi (shear)
- $\text{Stres} = \text{kuvvet} / \text{alan}$



Gerilme Elipsi

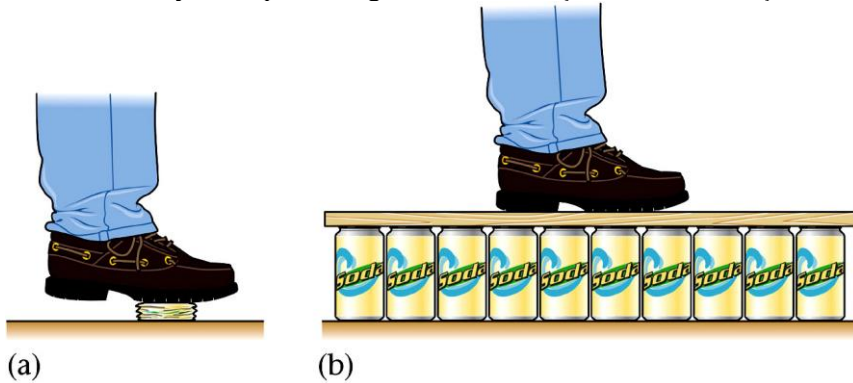
- Jeologlar gerilme elipslerinin bazı şekil alanları veya açılardaki değişimlere bakarak gerilmeyi ölçebilirler

Örneğin, eğer bir deste kağıt üzerine bir daire çizer ve daha sonra kaydırırsak, daire gerilmeye uğrayarak elips haline gelir.



Stres ≠ Kuvvet

- Newton : $\text{kuvvet} = \text{kütle} * \text{ivme}$
- Jeologlar açısından düşünüldüğünde: $\text{stres} = \text{kuvvet} / \text{alan}$
- Yerkabuğundaki kuvvetler tüm levha sınırları boyunca dağıtılırlar, bu yüzden kuvvetin üzerine uygulandığı alan önemlidir.
- Bu yüzden, deformasyon olup olmadığını belirlemek için kuvvet tek başına önemli değildir



Stres Tipleri

Basınç: Stres tüm yönlerde aynı olduğu zaman. Hacim değişimine sebep olur, şekil değişimi olmaz. Örneğin: su veya hava basıncı.	<p>(a) Pressure</p>
Kompresyon: Stres daralmaya sebep olur.	<p>(b) Compression</p>
Gerilme (Tansiyon): Stres gerilmeye sebep olur.	<p>(c) Tension</p>
Kayma: Stres kesmeye sebep olur.	<p>(d) Shear</p>

Oryantasyon Ölçümü: Doğrultu ve Eğim

- Jeolojik yapıların tanımlanması için, jeologlar yapıların yönlerini ölçmeleri gerekir.

(a) Tilted bedding plane (in cross section)

Doğrultu (strike): bir kayaç tabakasının yatay düzlemle arakesiti olan doğrunun yönelimidir (direction). Pusula ile ölçülür.

Örn.: Kuzey, K45B, 285, vb...

Eğim (dip): doğrultuya *dik* olan eğim, bir tabakanın yatay düzlemden ne kadar saptığını (dar açı) gösterir..

Örn: 0° = yatay 90° = dikey, 30° GD

Eklemler

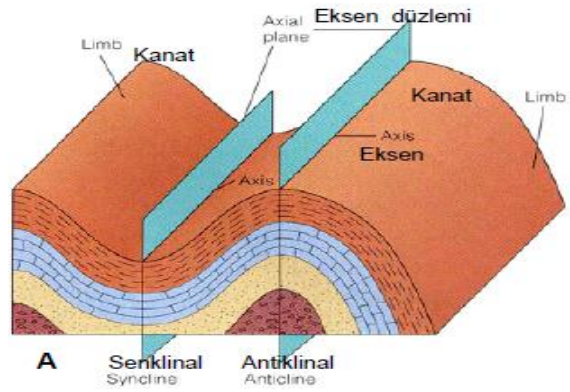
- Çatlak (joint) de denen eklemler (fractures) kabuk içindeki kuvvetlerle oluştuğu gibi (tektonik kırıklar),
- tektonik olmayan eklemler de vardır.
- Eklemler mineraller ile doluyorsa, onlara damar denir.
- Damarlar genelde düzlemsel değilken çatlaklar genellikle düzlemseldir.
- Çatlaklar, yeryüzündeki akışkanlar için çok önemlidir. Örneğin. Petrol, su vb.
- Yollar gibi şeyleri yaparken de önemlidir.

Kıvrımlar

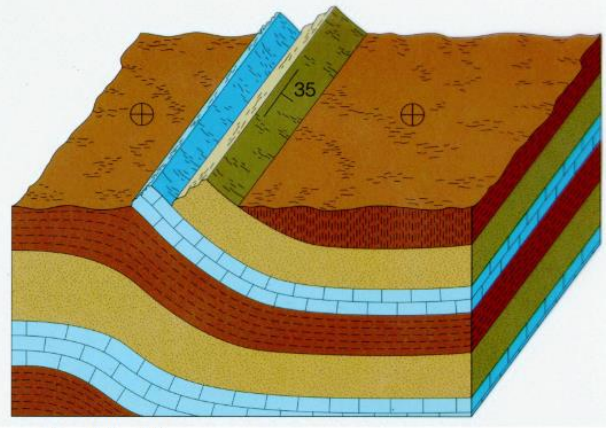


Kıvrım tipleri ve Kıvrımlanma terimleri

- **Antiklinal (Anticline):** Kubbe şeklindeki kıvrım
- **Eksen düzlemi (Hinge Line),** bir kıvrımın iki kanadı arasında ve kıvrımı mümkün olduğu kadar simetrik bir şekilde ikiye bölen sanal bir düzlemdir.
- Eksen düzleminin kıvrımın tabakalarla arakesiti olan doğru parçasına ise **kıvrım eksenini (axial plane)** denir.
- **Senklinal:** Çanak veya tekne şekilli kıvrım
- **Kanat (Limb):** Bir kıvrımın her iki tarafına **kanat** denir.



- **Monoklinal Kıvrım (=Fleksür):** Özellikle bükülmelerin olduğu alanlarda tabakaların bir tarafa doğru bükülmesiyle oluşmuş kıvrımlardır.

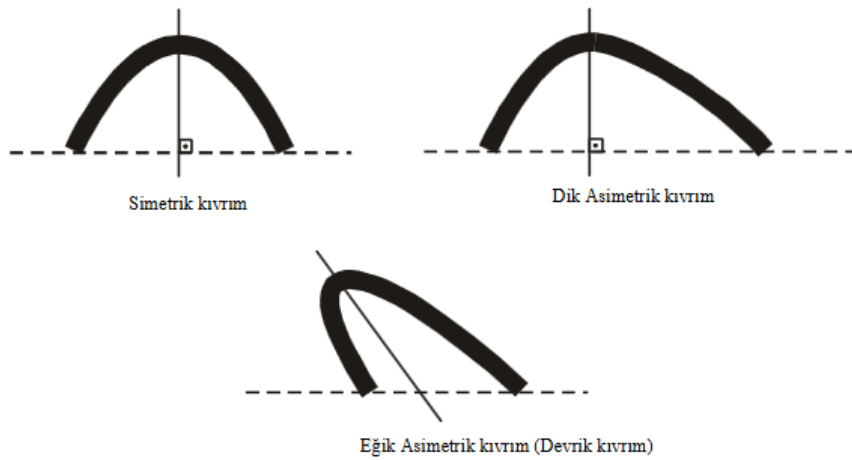


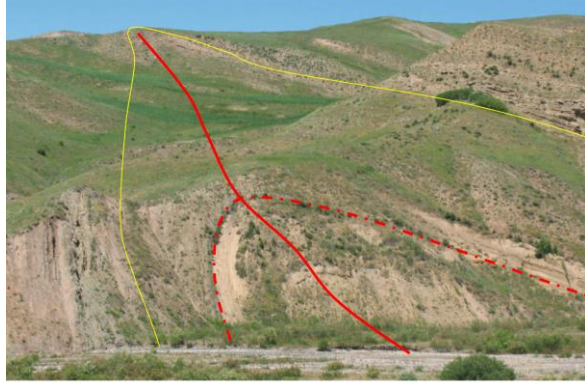
Monoklinal Yapı



Monoklinal kıvrım örneği. Kiental- İsviçre (Y. Tatar 1963).

Kıvrım çeşitleri



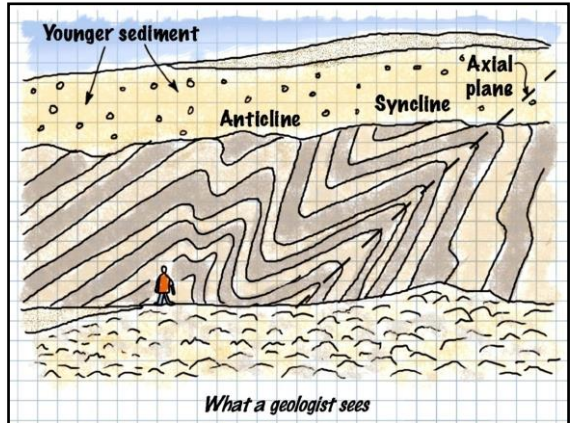


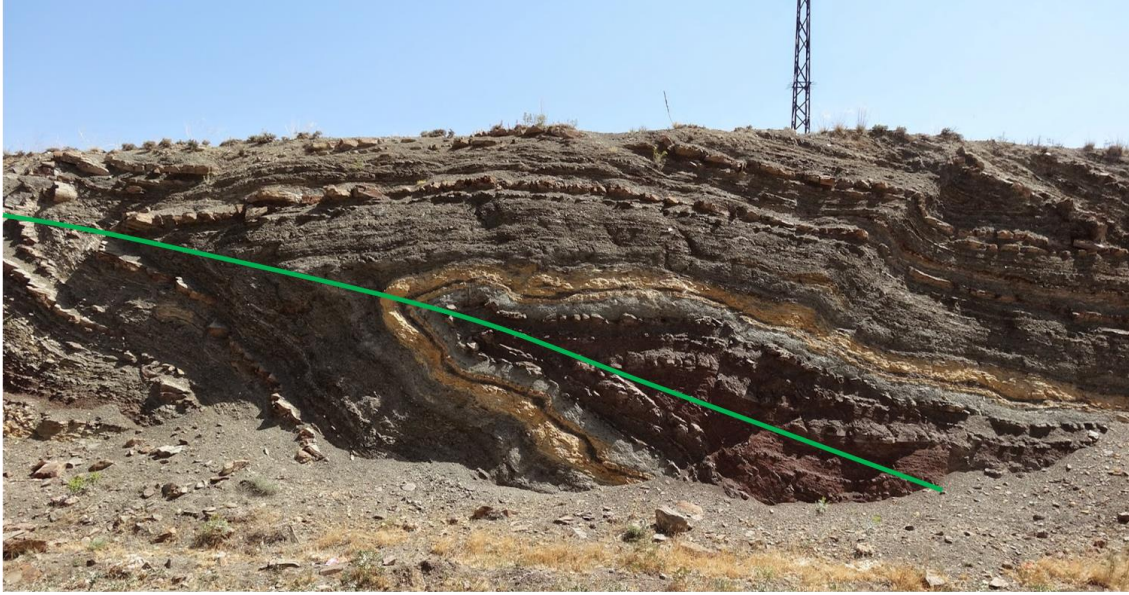
ASİMETRİK ANTIKLİNAL

- Antiklinal ve senklinaller genelde kıvrım dizisi olarak bulunurlar.



Doğu İrlanda kayalıkları boyunca yüzeyleyen kıvrımlar.

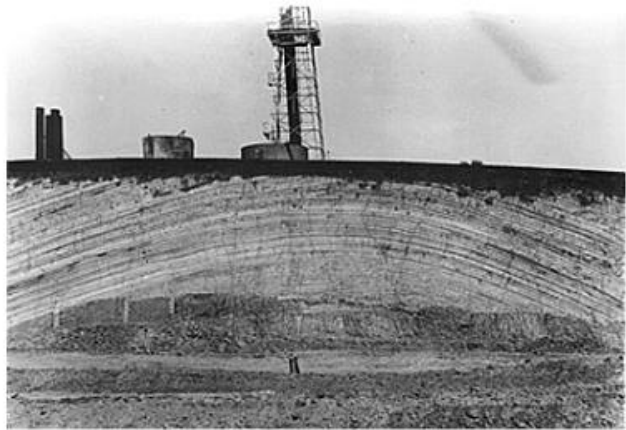
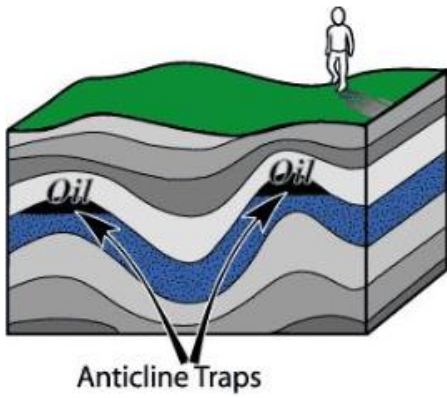




Ayhan köyü, Nevşehir

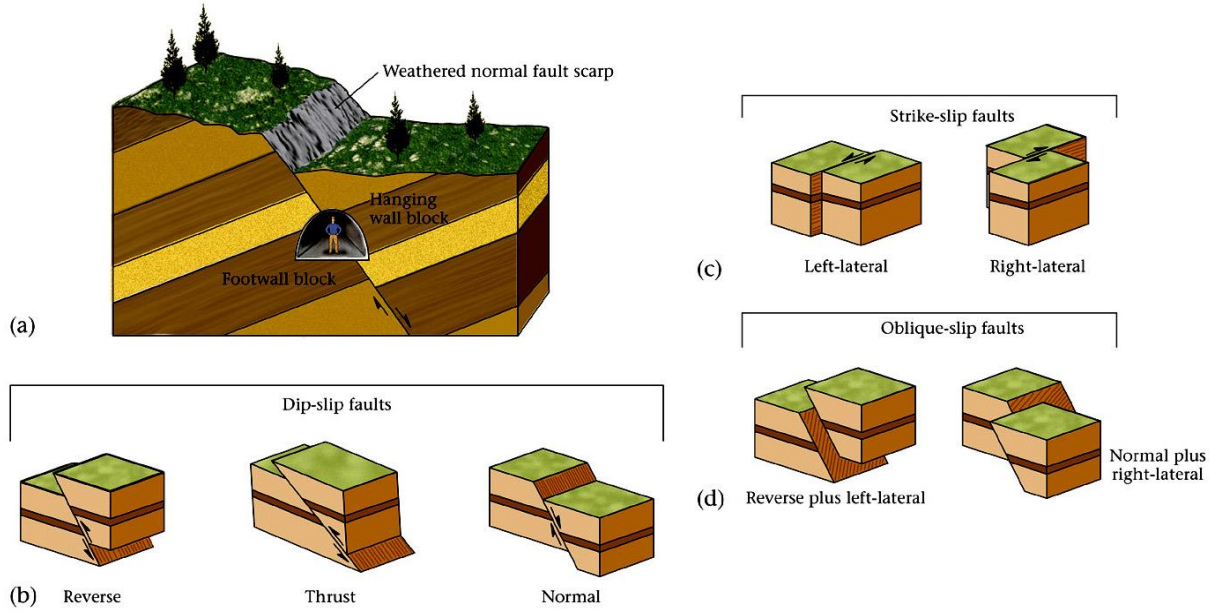
Devrik kıvrım

Antiklinalin petrol aramalarındaki önemi

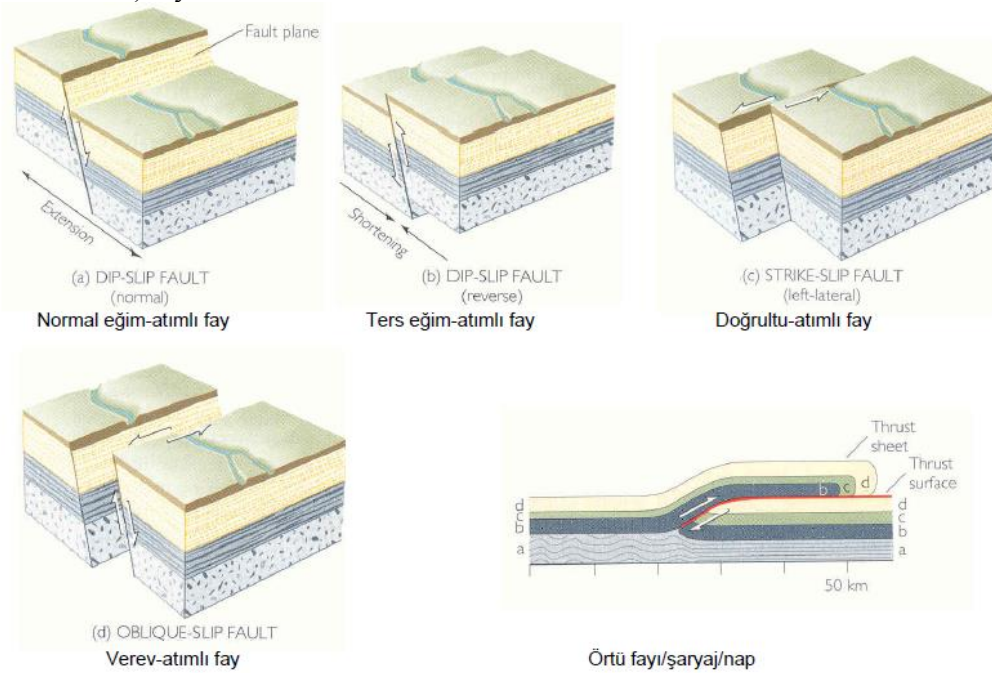


Faylar

- **Fay** – Bir çatlağın yer değiştirmesi ile oluşur.
- Fayların 3 temel tipi
 - **Normal Fay (Normal Fault)**
 - **Ters Fay (Reverse Fault)**
 - **Doğrultu Atımlı Fay (Strike-Slip Fault)**
- Birçok fayın kayma tipi karmadır ve verev (oblik) atımlı fay olarak adlanır.

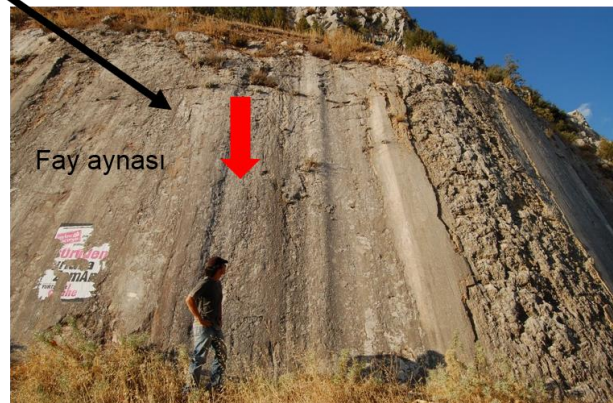
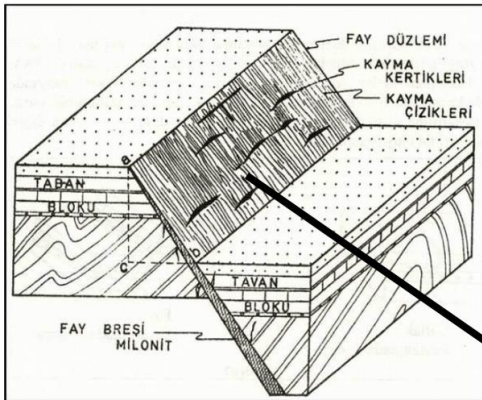
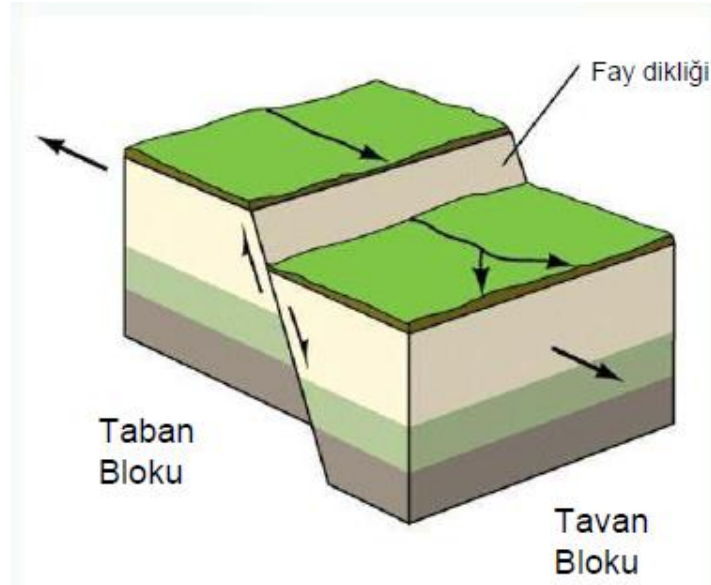


- Genelde, faylar 3 tiptir: **Normal, Ters ve Doğrultu atımlı fay**
- Düşük açılı ($10-35^\circ$) ters fayları **bindirme fayları** olarak adlanır.
- Bir fayın atımının hem eğim hem de doğrultu yönünde bileşenleri varsa, bu faya **verev atımlı** (oblik atımlı) fay denir.

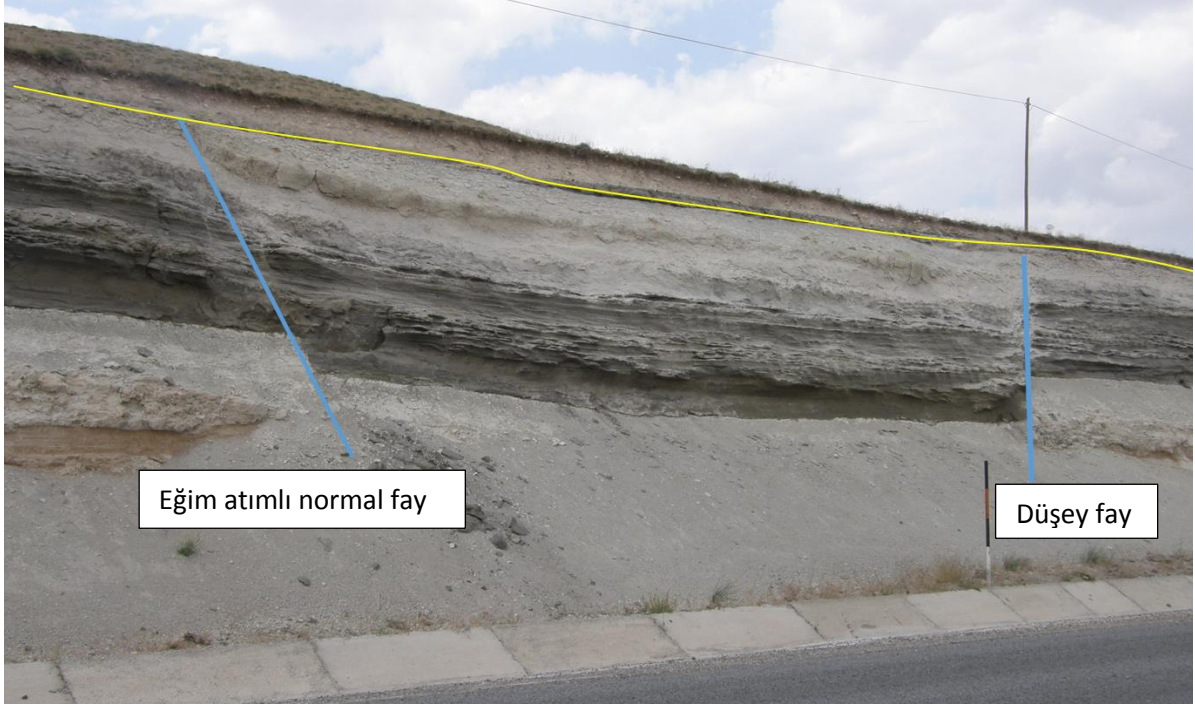


NORMAL FAY

- Eğim atımlı faylarda, fay düzlemi boyunca tavan bloku aşağıya doğru hareket etmişse bu faylara EGİM ATIMLI NORMAL FAY denir



Gümüşhane A. Hur Köyü 2 km kadar K'inde Malm kalkerleri içinde yatay kayma çizikleri gösteren bir doğrultu atımlı fay aynası (Y. Tatar 1982)



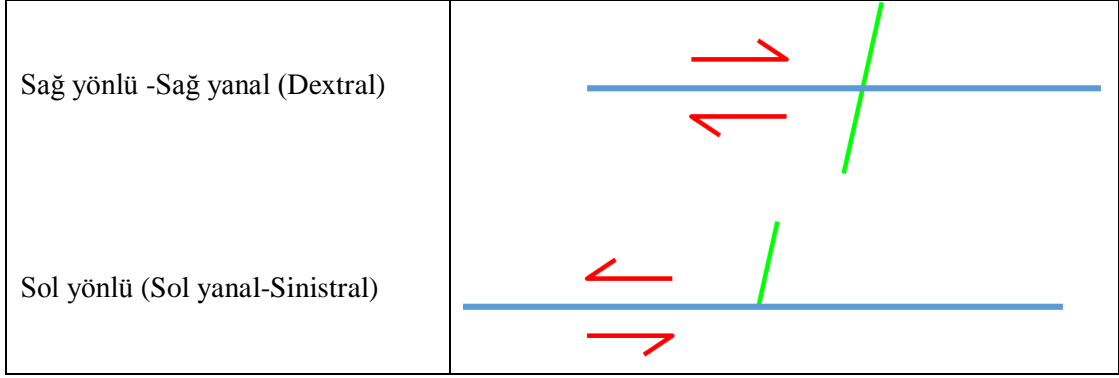
Tekman-Muş yolu



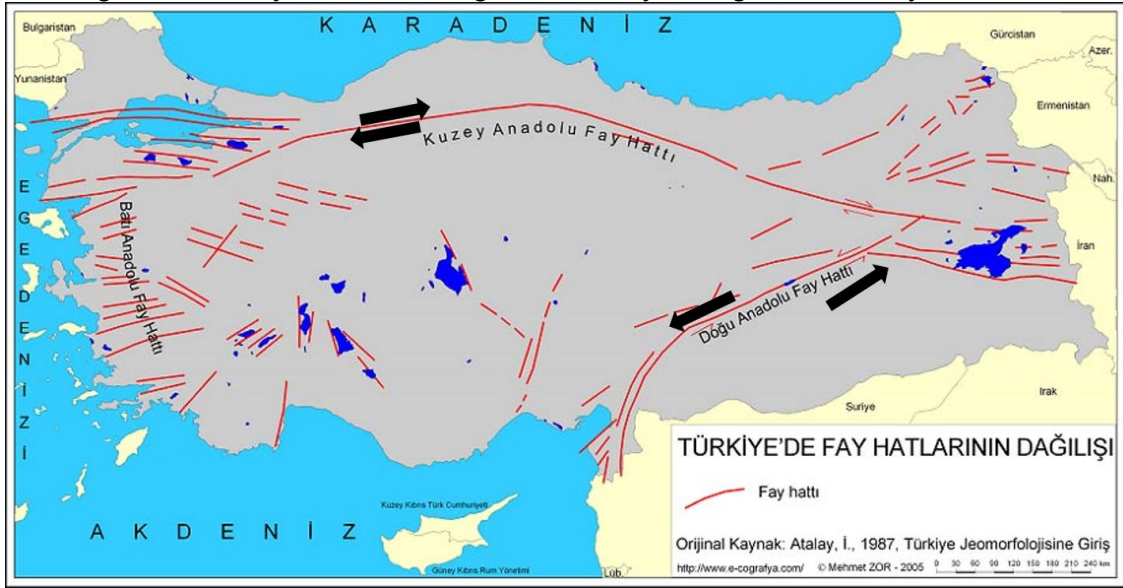
Eğim atımlı normal fay (Çerkeş yolu)

Doğrultu Atımlı Faylar

- Doğrultu atımlı bir fayın bir tarafı, diğerine göre sola doğru gitmişse faya “sol yönlü doğrultu atımlı fay” denir.
- Sağa doğru gitmişse faya “sağ yönlü doğrultu atımlı fay” denir.

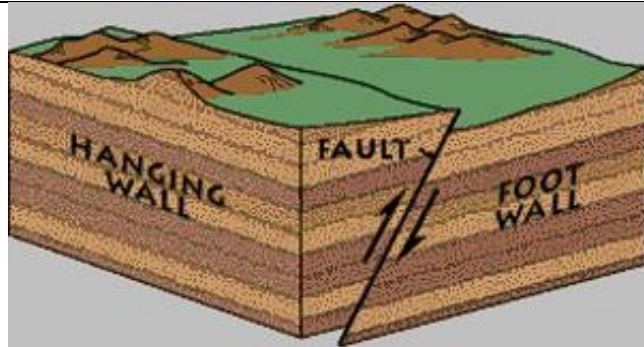


Ülkemizde gözlenen Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu fayları doğrultu atımlı faylardır.



TERS FAY

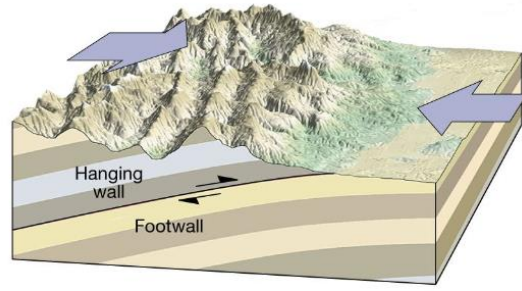
Bu tür faylarda tavan bloğu taban bloğuna nazaran yukarıya doğru hareket etmiştir.



Bindirme Fayı

Düşük açılı ters fayların eğimi genelde 30 derece civarındadır ve Bindirme Fayı adı verilir.

- Genelde yaşlı birimler genç birimlerin üzerine gelir;
- Fayı da kesen düşey kesitte, stratigrafi tekrarlanır;
- Kıta kabuğunun kışılması ve kalınlaşması söz konusudur



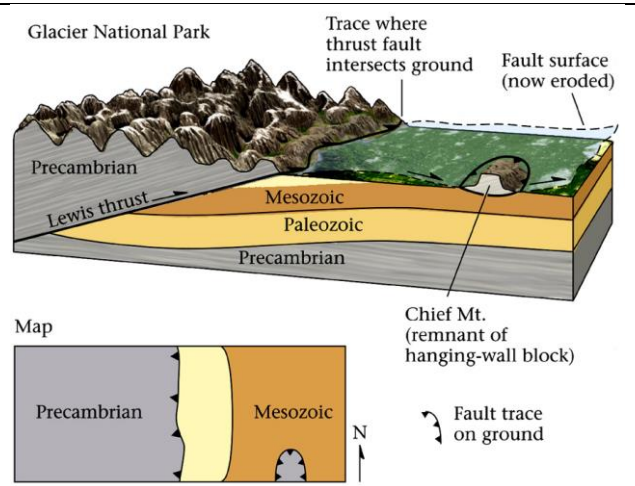
Örtü fayı = Nap- Kabuk kışılması

- Bir ters fayın eğim açısı düşük ise ($<30^\circ$)
- Yatay olarak kayaçlar 100'lerce km hareket edebilir

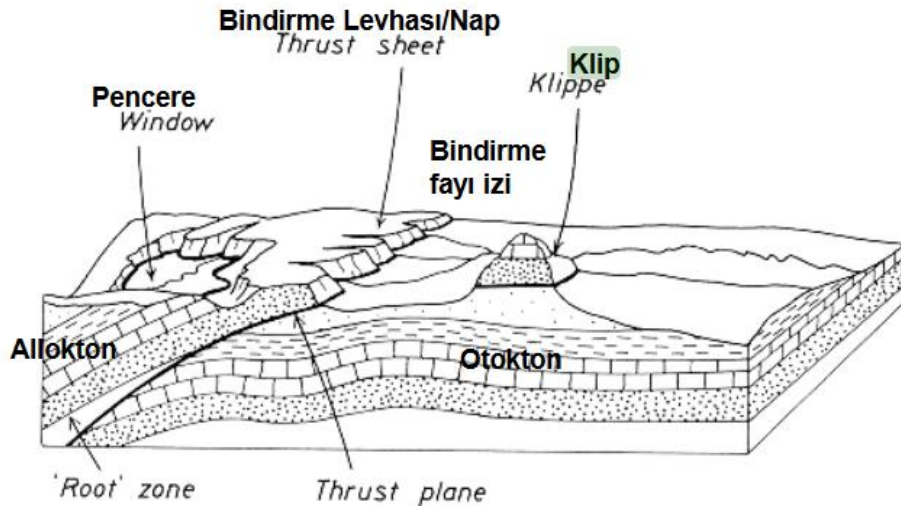
Örtü fayları, önemli deformasyon geçirmiş dağ kuşaklarına (örneğin Toroslar, Alpler) has yapılarıdır.

Düşük açılı bindirme fayının üzerindeki bindirme levhası'nın erozyonu genelde taban bloğunun üzerinde allokton birimlerinin izole kalıntıları bırakır ki bunlar klip olarak adlandırılır.

Klip, otokton birimler üzerinde duran allokton bindirme levhasının minimum kapsamını/dağılımını gösterir



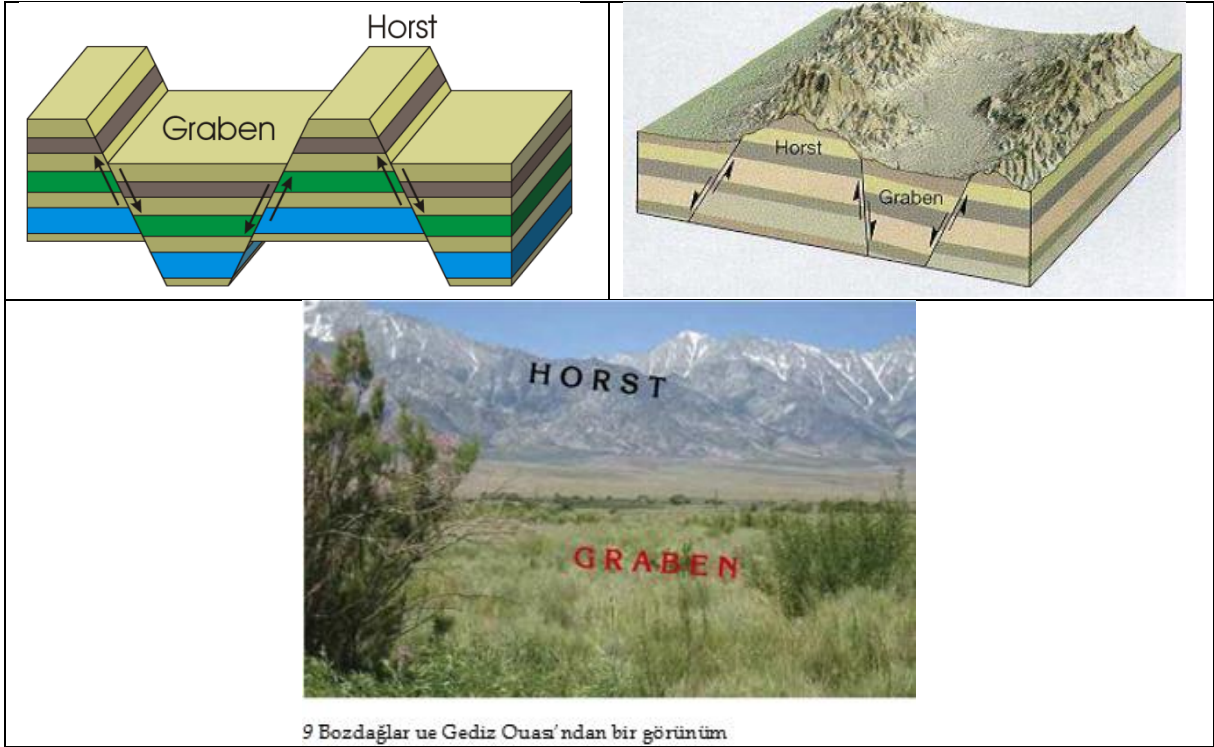
- **Allokton birim:** uzun mesafeler boyunca taşınıp, jeolojik olarak orijinal konumunda olmayan bindirme levhasına allokton, bu levhayı oluşturan kaya topluluklarına ise allokton birimler adı verilir.
- **Otokton birim:** orijinal konumunu koruyan veya bu konumuna çok yakın duran geniş yayılımı olan kaya topluluğu! Bindirme fayının taban bloğunda yer alan bu birime otokton, içindeki kayalara ise otokton birimler adı verilir.



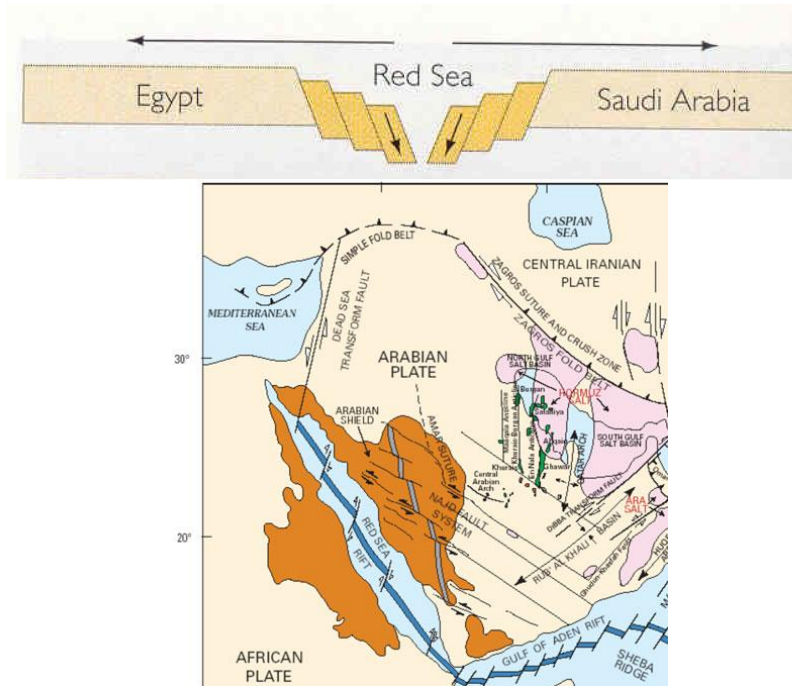
Normal Fay Yapısı

- Bu faylar, çekme rejiminin etkili olduğu bölgelerde çekme kuvvetlere dik uzanımlı birbirine paralel olarak uzanan çok sayıda faylardır. Bu fayların tavan blokları aşağı, taban blokları yukarı doğru hareket eder.

Böylelikle morfolojik olarak yukarı hareket eden bloklar yükselim yani dağlar şeklinde **horstları**, aşağı düşen bloklar alçak, düz alanları yani ovalar şeklinde **grabenleri** oluşturur.

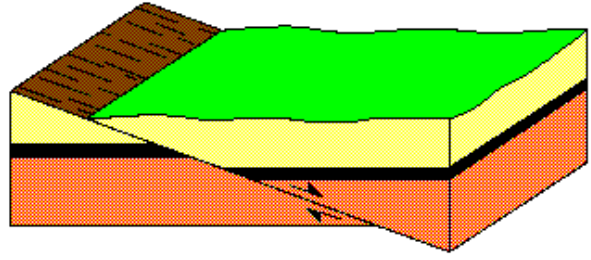


Graben yapıları genişlemeye devam ettiği zaman rift vadileri oluşmaya başlar. Buna tipik örnek Kızıldeniz' dir.

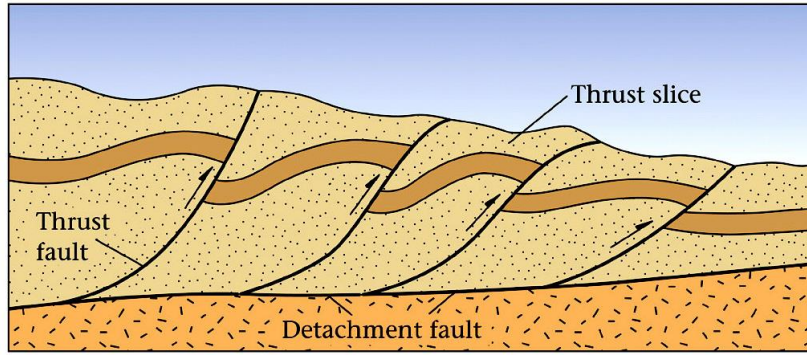


Sıyırılma (Detachment) Fayları / Dekolman fayları

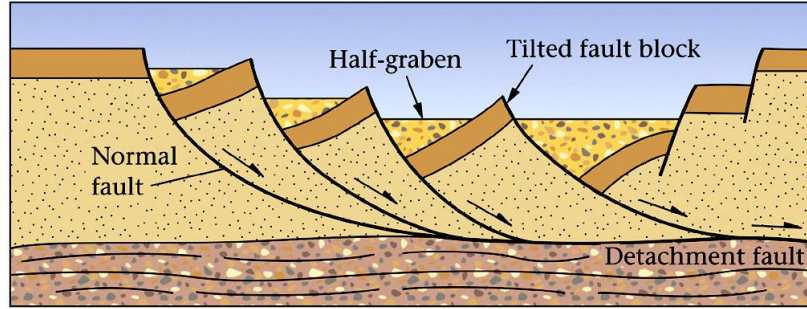
Bir normal fay yüzeyinin eğimi oldukça yumuşak veya neredeyse düz ise, bu faya sıyırılma fayı veya düşük açılı normal fayı denir.



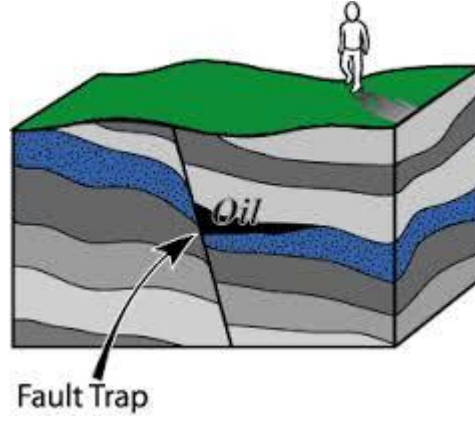
DETACHMENT FAULT



(a)

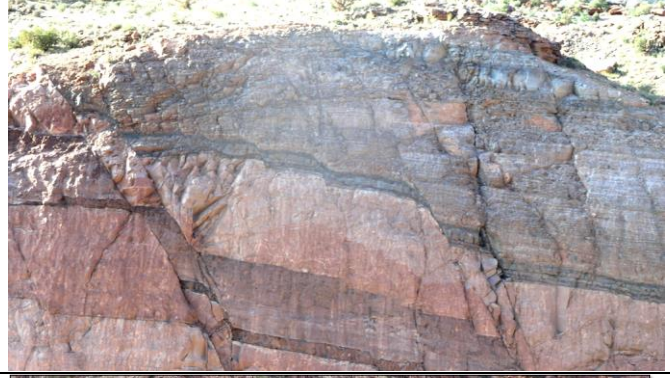


Faylar petrolün kapan oluşturduğu alanlardır.

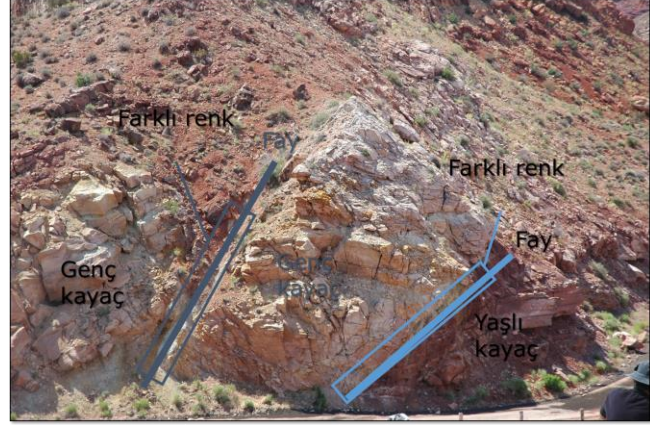


Fayları Tanıma

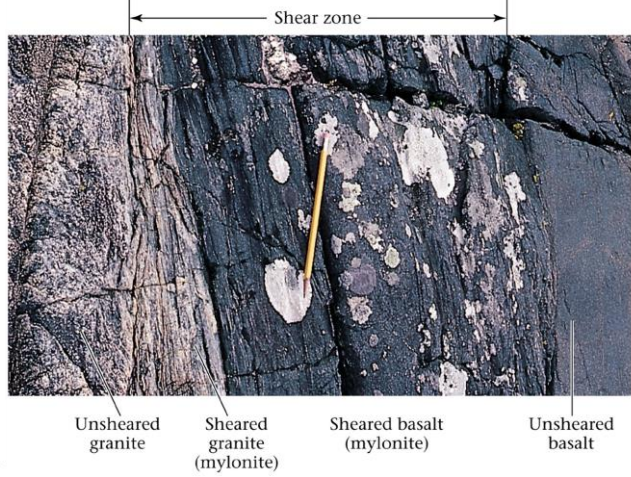
Bir fayı tanımmanın en kolay yolu, tabakaları karşı karşıya getirmek veya birbirine ait olmayan tabakaların yan yana geldiği yerleri aramaktır.



Faylar bazen kırılmış kayalar, rengi değişmiş bir zonun mevcudiyeti ile tanınabilir.



Derin faylar– Makaslama zonları

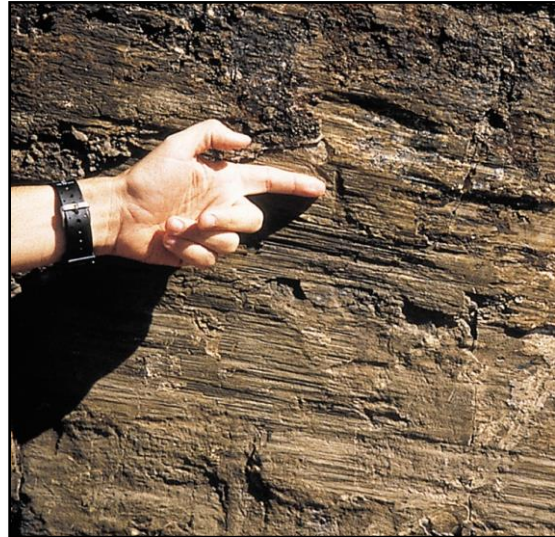


İki katı blok fay düzlemi üzerinde kayarak yer değiştirirken, iki bloktan da kopan dağınık köşeli parçalar ve kırıntılar, bir süreksizlik düzlemi olan fay düzlemi içinde dolaşımda olan solüsyonlar vasıtasıyla çimentolanır. Böylelikle fay düzleminde ezik, dağınık bir zon oluşur. Buna fay breşi veya **milonit zonu** denir. Bu zon boyunca yer altı suları (sıcak-soğuk) yüzeye çıkar. Benzer bileşim fakat tane boyu büyük ölçüde azalır. Tane boyu değişimi renk değişimine sebep olur.



Fay yüzeyi fabriği- Fay çizikleri = Slickenside

- İki katı yer kabuğu bloğu fay düzlemi üzerinde birbirlerine göre kayarak yer değiştirirken, bu düzlem üzerinde hareketin niteliğini belirleyen birbirine paralel çizikler oluşur. Bunlara fay çizikleri (slickenside) denir.
-
- Hareketin doğrultusunu verir.



Mineralizasyon Basamakları

Fay düzlemleri üzerinde yer değiştirmeye dik doğrultuda gelişen mineral kristallenmesindeki basamaklar **hareketin doğrultu ve yönünün belirlenmesinde** önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Daha çok kalsit basamakları şeklinde gelişen bu yapılarda basamakların indiği yön hareketin yönünü göstermektedir. Serpantinitlerde ise benzer şekilde Manyezit basamakları gelişmektedir.



Kalsit basamakları