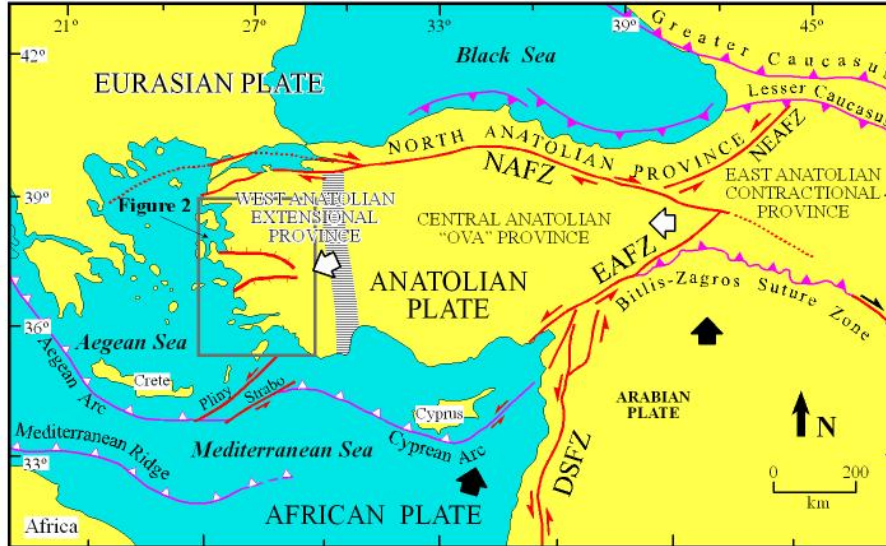
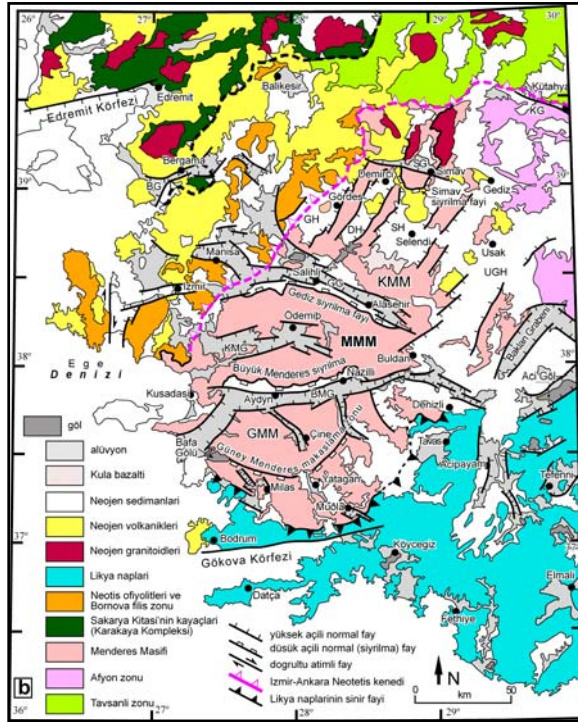


Batı Anadolu'nun Tektoniği



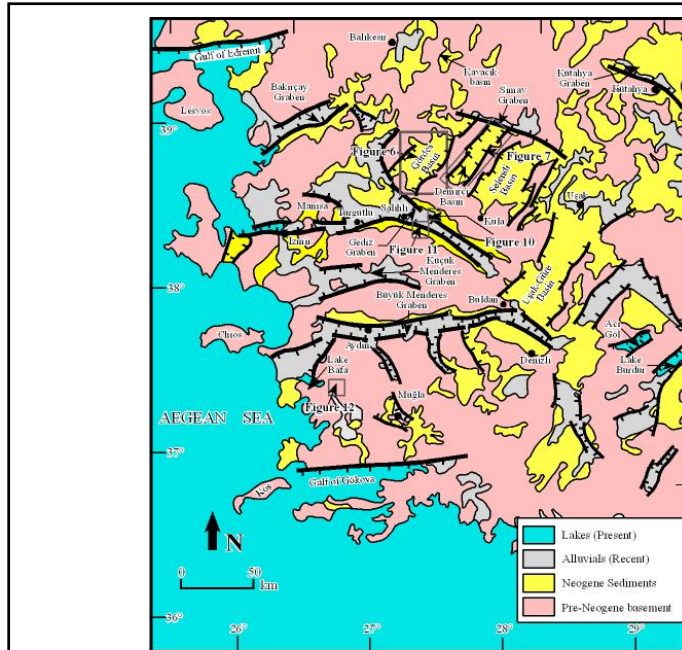
Kuzey Anadolu Fay Zonu, Doğu Anadolu Fay Zonu,
Ege dalma-batma zonu
Ölü Deniz Fayı, Bitlis-Zagros Kened Kuşağı



D-B grabenler
KD-GB havzalar
KB-GD havzalar
Çekirdek kompleksler
Magmatizma
granitler
lavlar ve piroklastikler

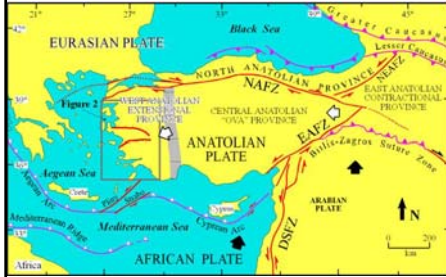
Magmatizma, Gediz
Graben'i'nin kuzeyinde

Kiraz, Bodrum



Outline geological map of western Turkey showing Neogene and Quaternary basins. Note that the (?) Miocene and Pliocene sediments are not differentiated due to the lack of data (from Bozkurt 2000).

Gerilmeli Tektonizmanın Yaşı ve Kökeni



1. Tektonik Kaçış Modeli [~ 12 My: Geç Serravaliyen]
2. Orojenik Çökme Modeli [~ 18 My: Erken-Orta Miyosen]

Grabenler evrimlerini bu tarihten itibaren günümüze kadar sürdürdüler

Kitasal Deformasyonun Oranı

1. >60 mm y-1 (110 mm y-1 kadar da olabilir; Jackson & McKenzie 1988)
2. $\sim 3-4$ mm y-1 (Westaway 1994a, b; Le Pichon vd. 1995; Straub vd. 1997; Reilinger vd. 1997; Kahle vd. 2000)

3. Yay-ardı Havzası Gerilme Modeli [60-5 My] [**Güncel: 35-30 My**]

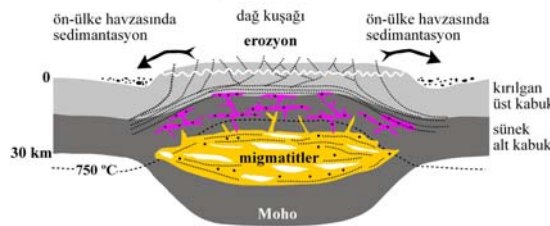
4. Anadolu ve Yunan ana karasının hareket oranlarındaki farklılık

Bölümler Halinde, İki aşamalı Model

- a. Erken-Orta Miyosen orojenik çökme
- b. Pliyo-Kuvaterner modern graben oluşumu [~ 7 veya ~ 7 My]

OROJENİK ÇÖKME MODELİ

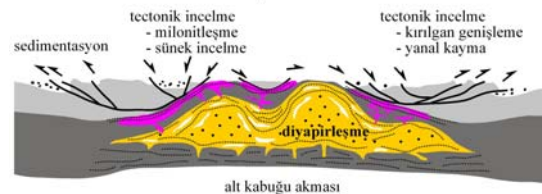
OROJENİK ÇÖKMENİN İLK EVRESİ



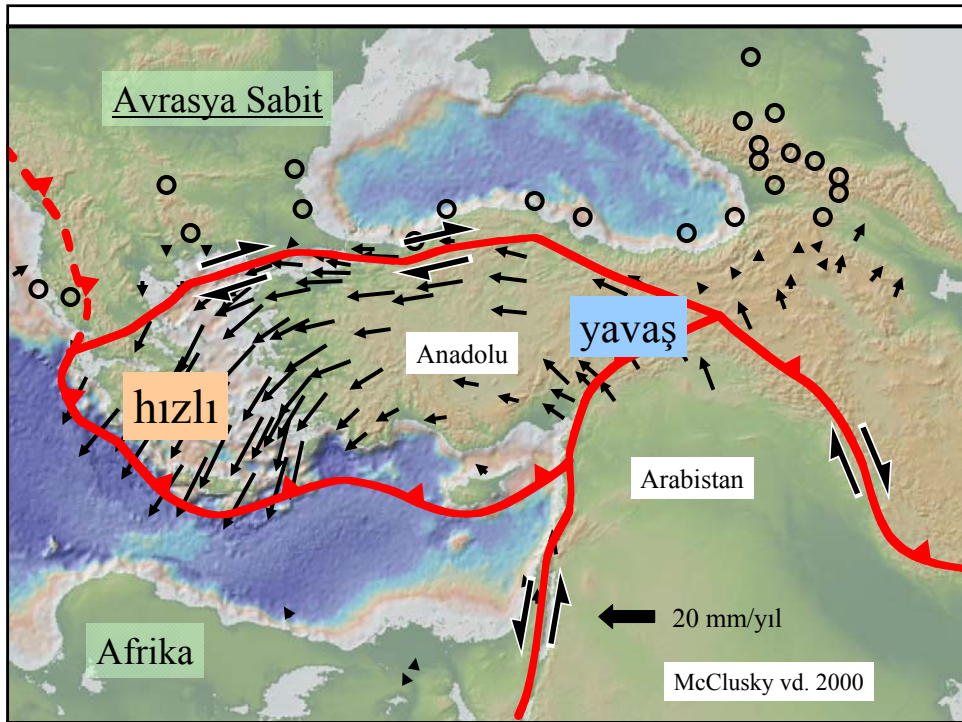
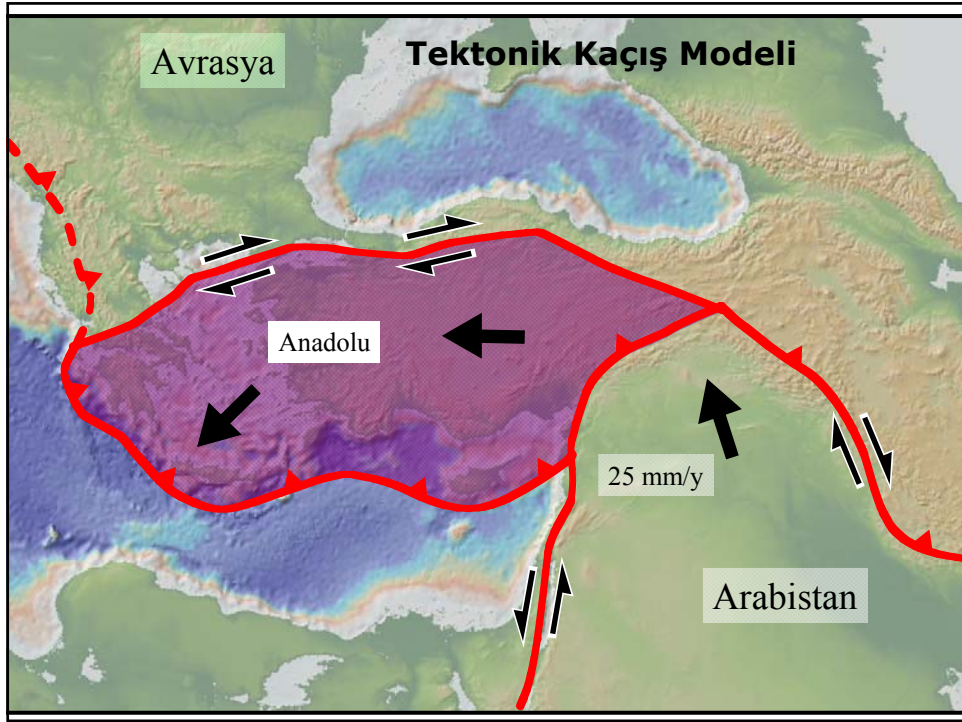
Kalınlaşan kıta kabuğu kendi ağırlığını taşıyamıyacak kadar zayıflar ve yer çekimine bağlı olarak akmaya başlar –

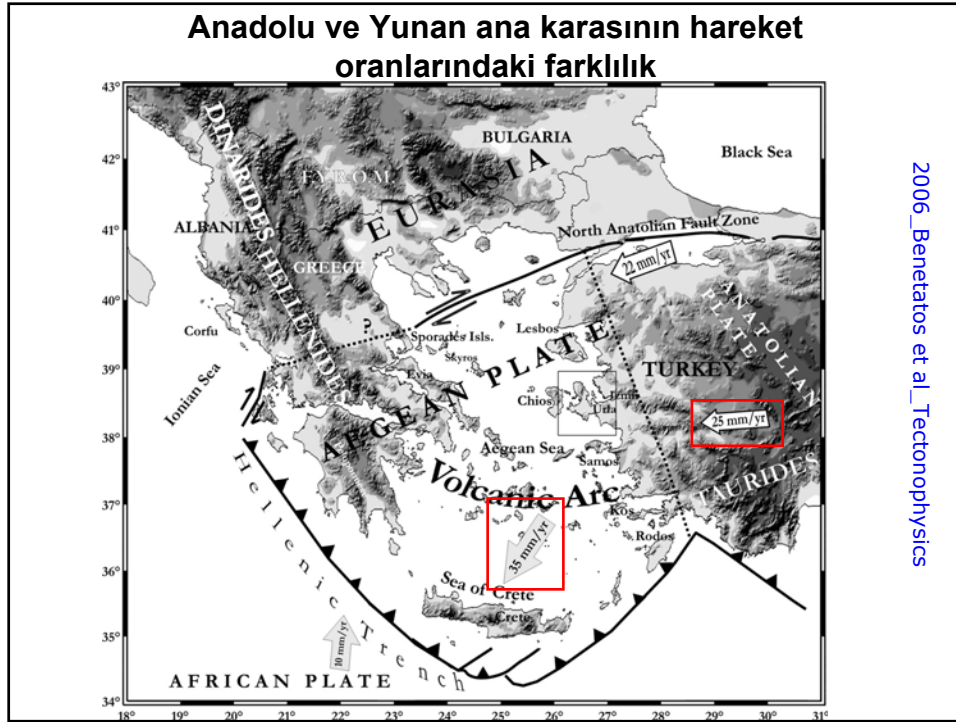
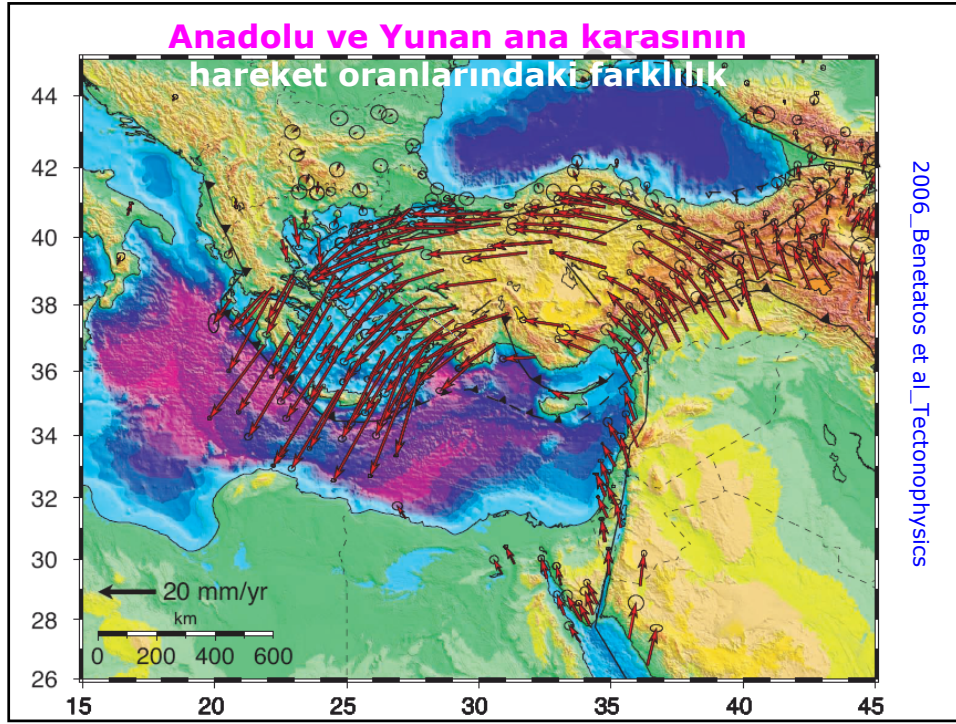
Orojenlerin çekirdeğinde gelişen migmatitler ki kısmi ergimeye işaret eder bu modelin en önemli verilerini oluştururlar:

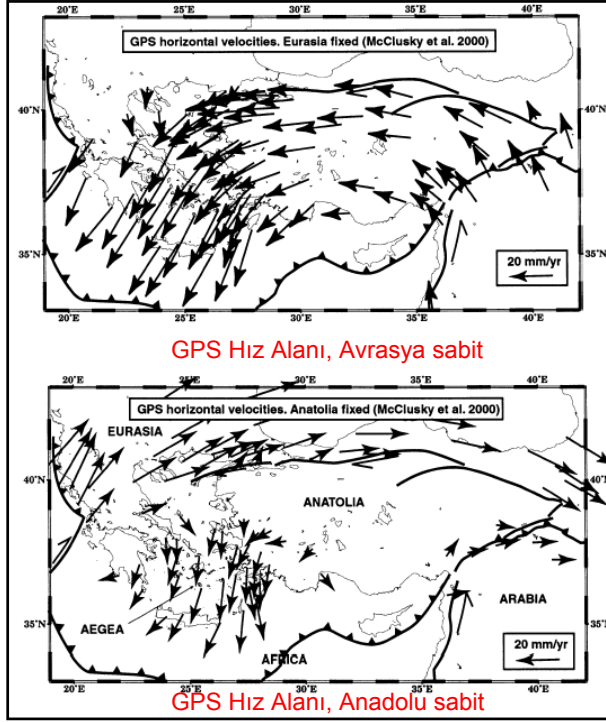
OROJENİK ÇÖKMENİN SONU



katı konumdan sıvı konuma geçen kıta kabuğunun dayınım gücü zayıflar; kısmen ergimiş alt kıta kabuğu üst kıta kabuğunun en üst kesimleri ile litosferik manto arasındaki ilişkiyi kopararak gerilmeye neden olur.

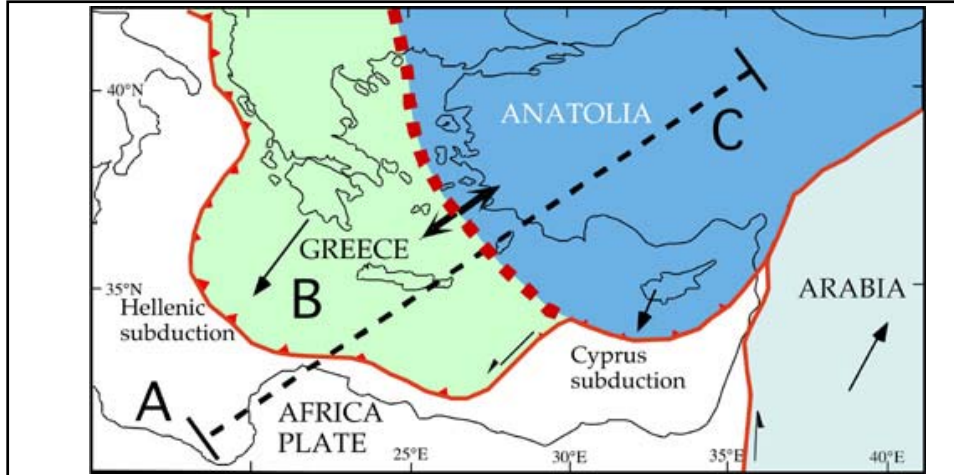






Batıya doğru 'hızda' gözle görülür bir artış var: Arap yarımadasının Anadolu'yu sıkıştırması veya orojen çökmesi ile uyumlu değil; çünkü enerji kaynağından uzaklaştıkça hızın tam aksine azalması gerekir.

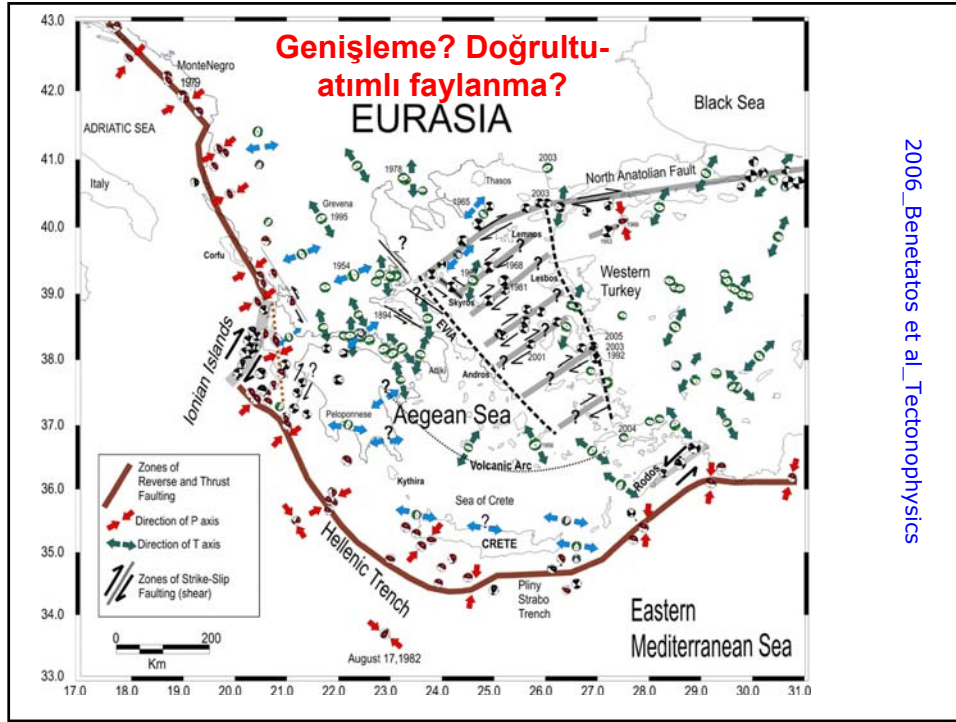
Dogliani ve diğerleri 2002; Journal of Virtual Explorer



Afrika'yı (A) sabit kabul edersek, Yunanistan (B) Afrika'yı Anadolu ve Kıbrıs'a (C) göre daha hızlı üzerlemektedir. Dahan Afrika litosferindeki kalınlık ve bileşimsel farklılıklar dalma-batma hızındaki farklılıkların temel nedeni. Bu olgu, Anadolu ve Yunanistan arasında bir genişlemeyi zorunlu kılar.

Türkiye ve Yunanistan arasındaki geniş bölge genişlemenin yaygın olduğu alanı temsil eder. Dalma-batma zonunun güneye geriye doğru kaçması Anadolu'ya göre dahan Afrika litosferindeki germenin/esnemenin nedenidir.

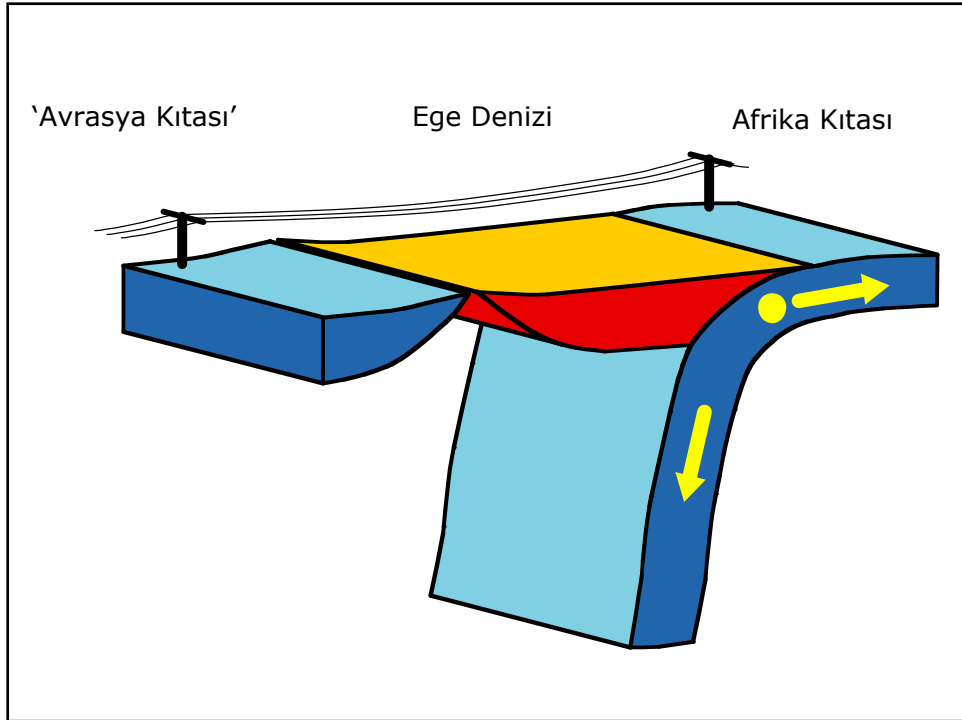
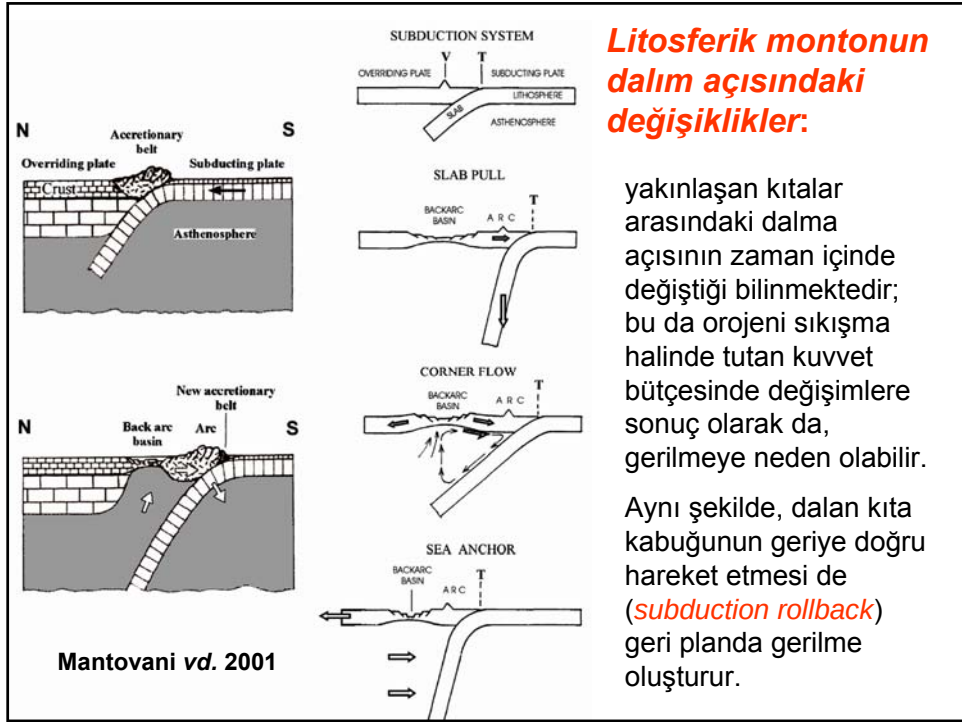
Dogliani ve diğerleri 2002; Journal of Virtual Explorer

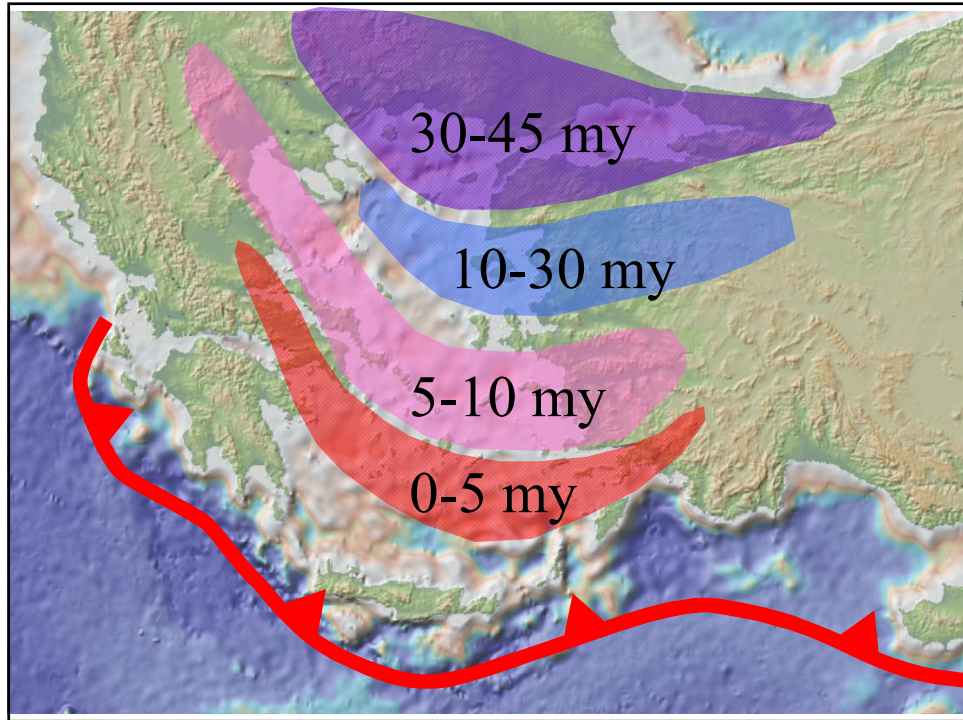
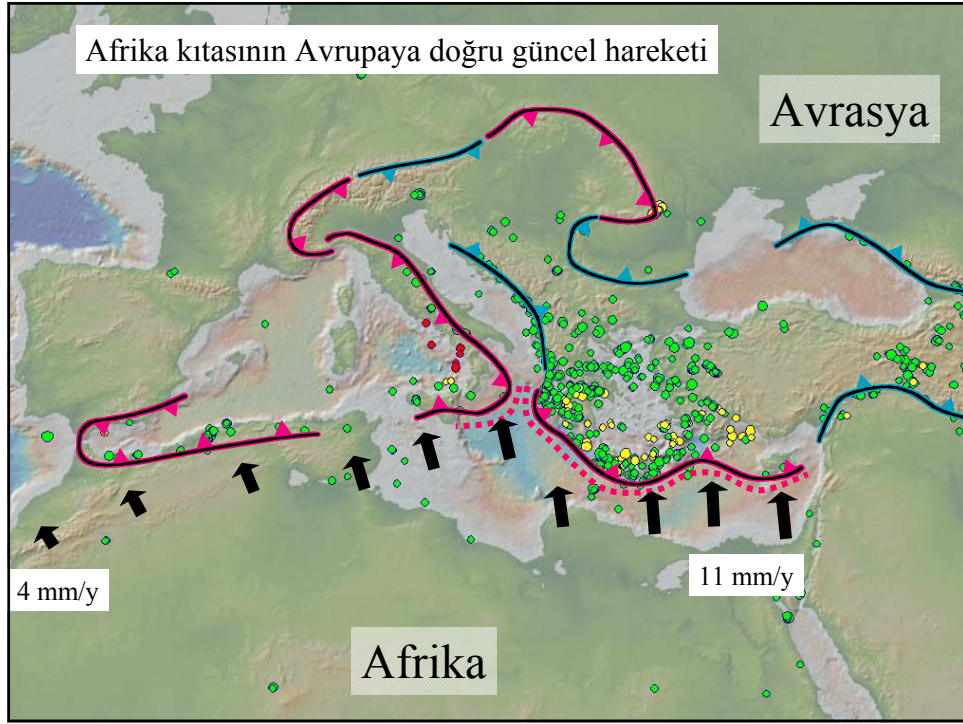


2006_Benetatos et al_Tectonophysics

Orojen Sınırlarını Denetleyen Kuvvetlerdeki Değişim

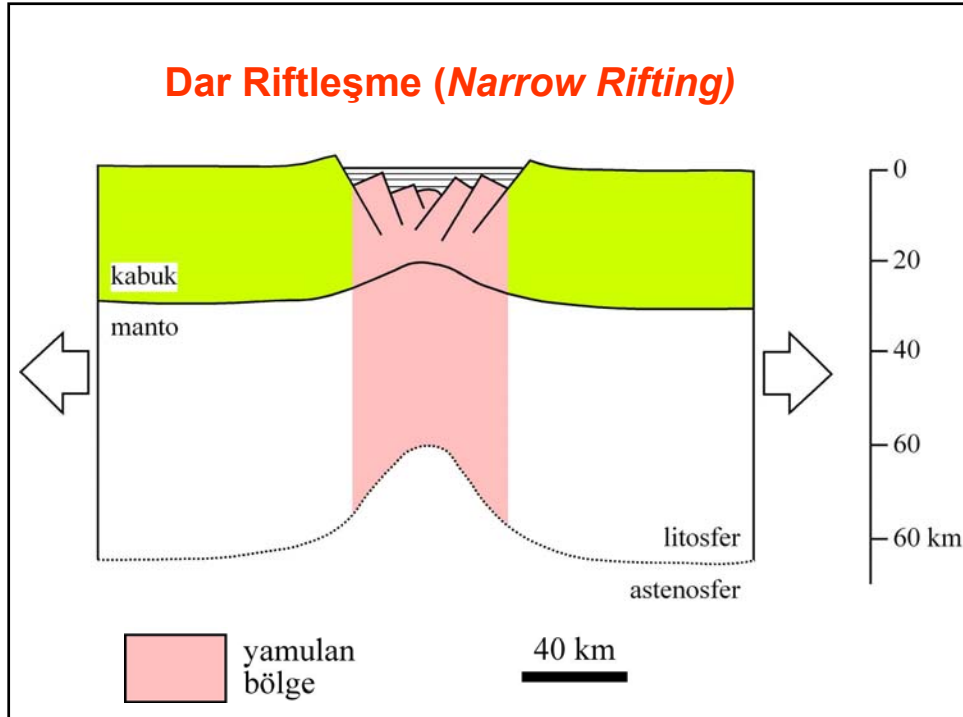
Yay-ardı Havzası Gerilme Modeli



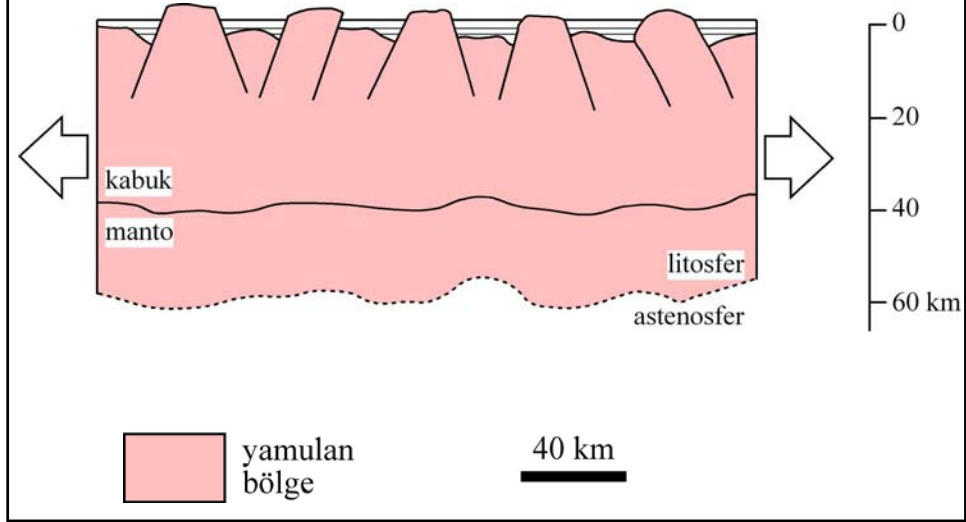


Yapısal unsurları ile morfolojideki yansımalarına göre kıtasal gerilme üç ayrı şekilde gelişebilir

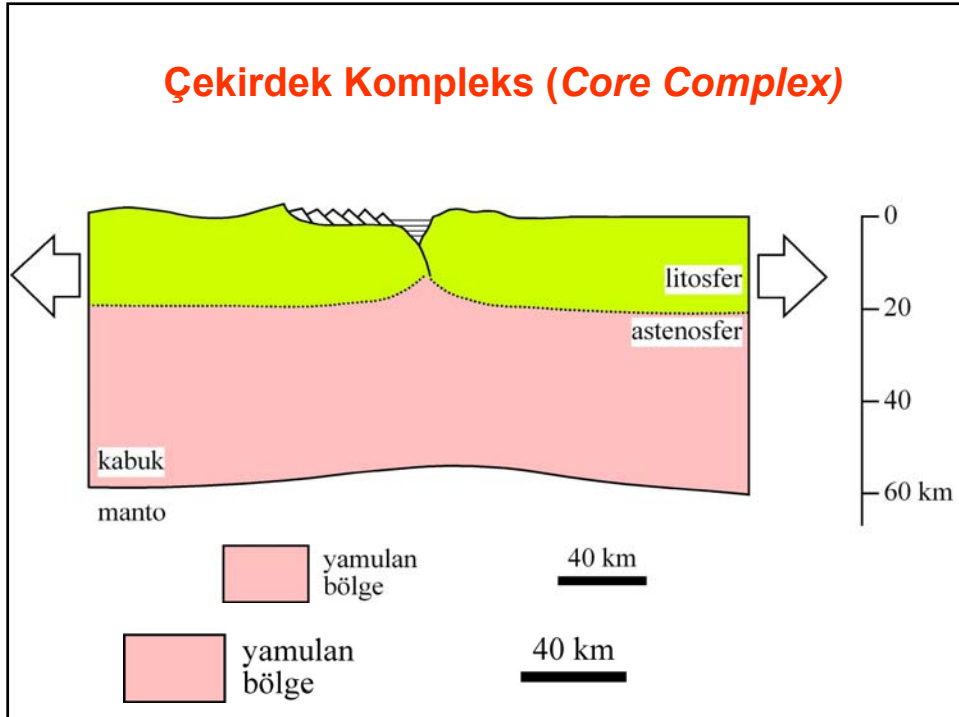
(e.g., England 1983; Buck 1991):



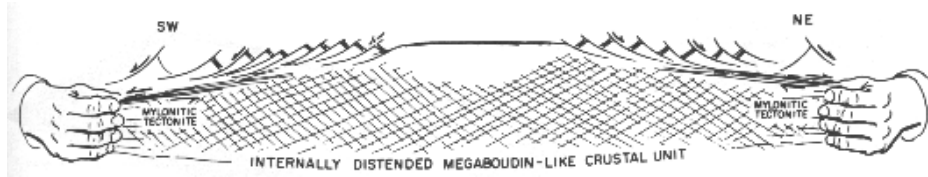
Geniş Riftleşme (Wide Rifting)



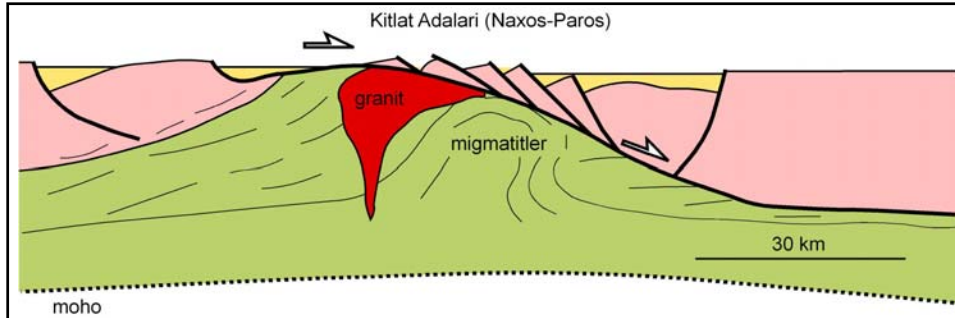
Çekirdek Kompleks (Core Complex)



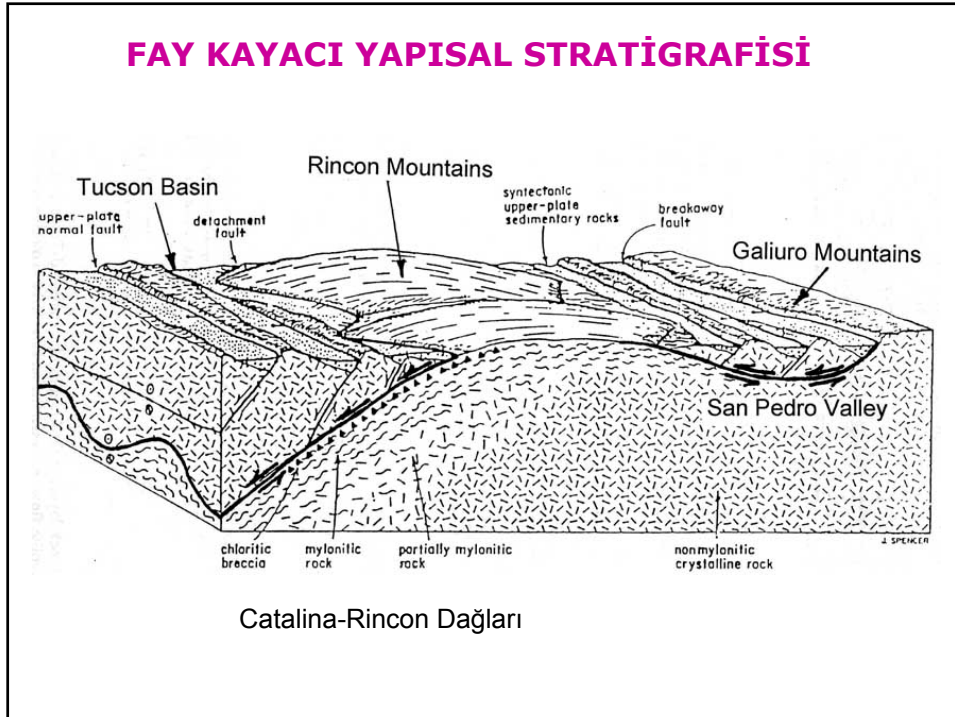
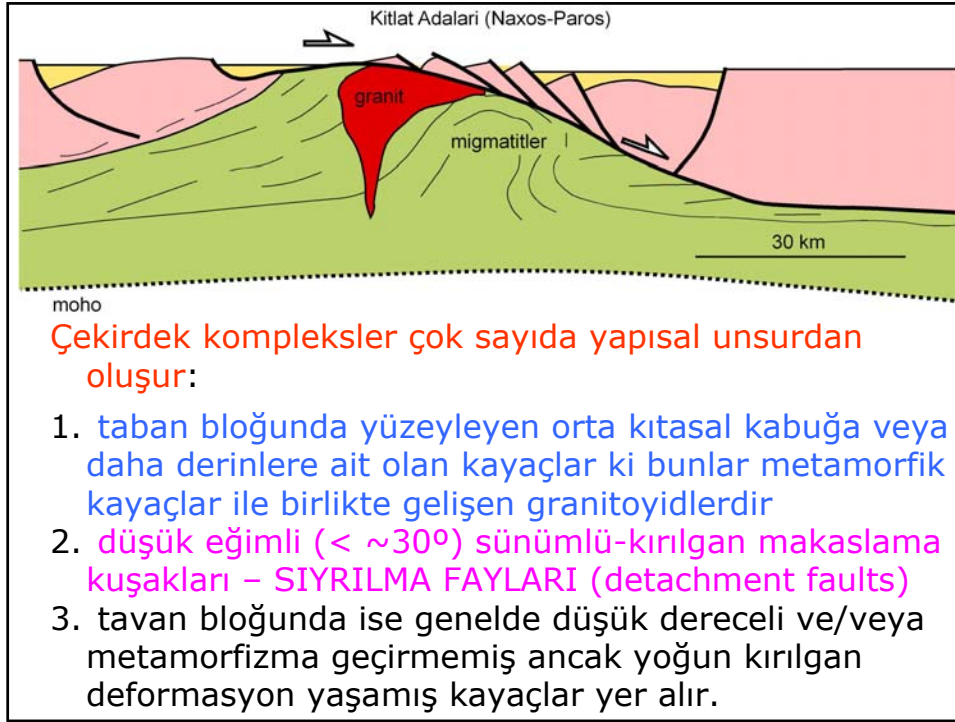
ÇEKİRDEK KOMPLEKSLER (CORE COMPLEXES)

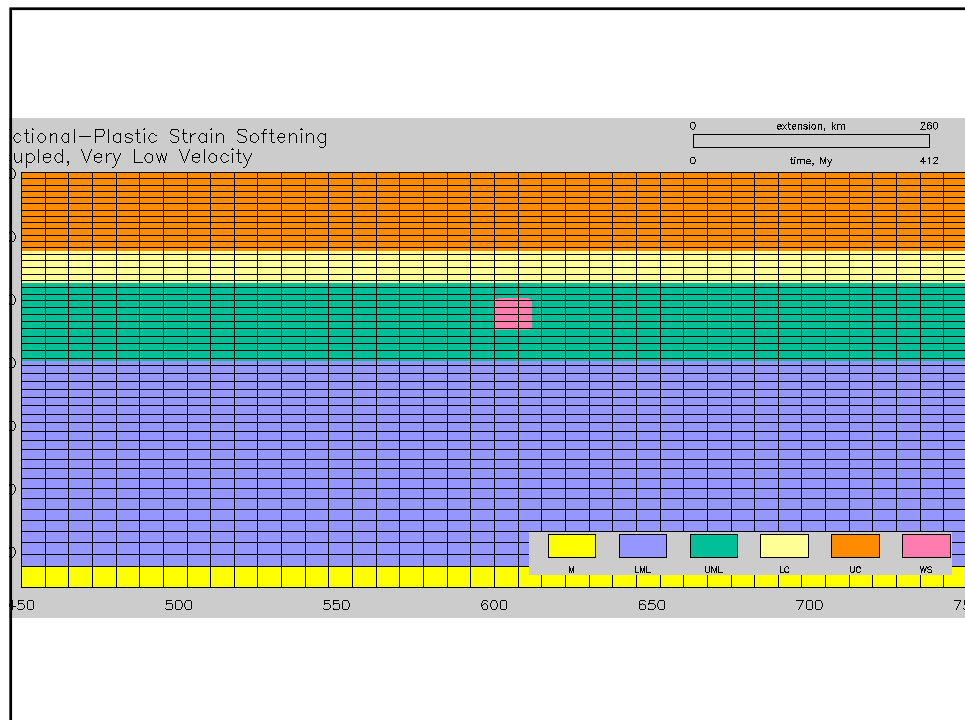
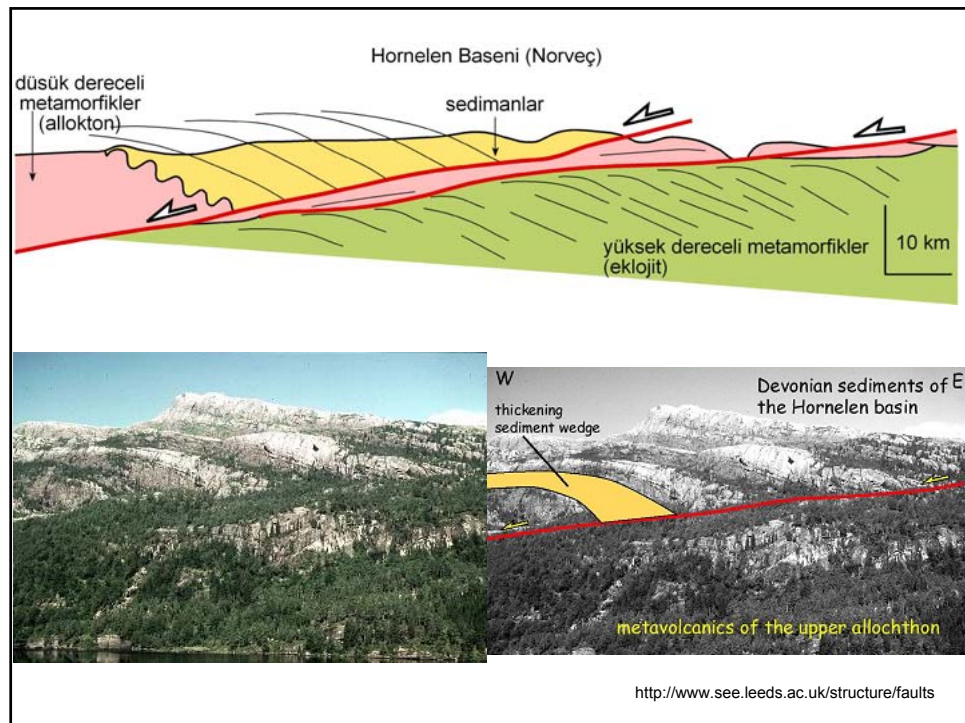


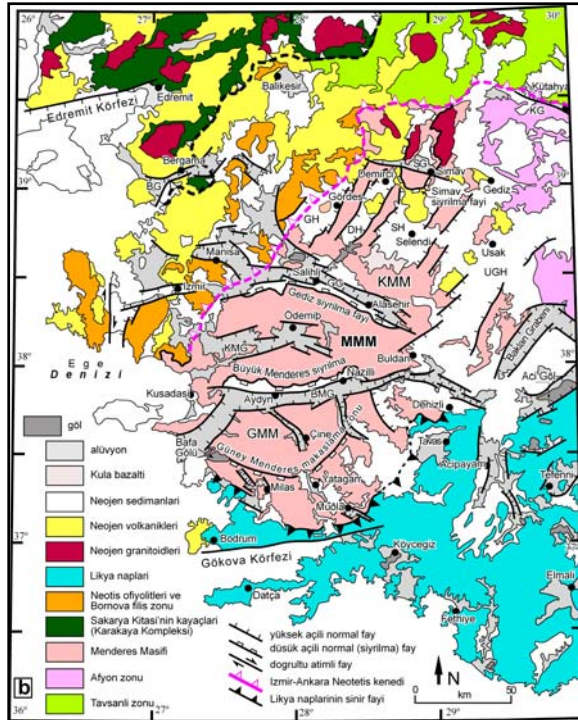
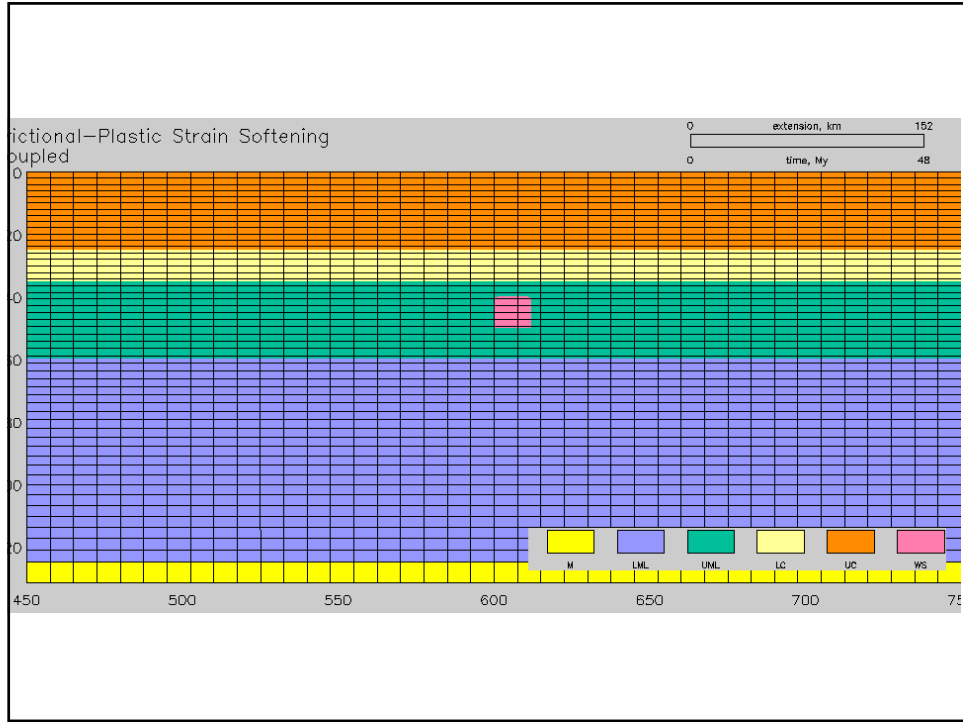
Davis and Reynolds, 1996



- Çekirdek kompleks evrimi, kıtasal deformasyon sırasında dramatik/büyük ölçekli kütle ve ısı transferini temsil eder.
- Başka bir deyişle, çekirdek kompleksler kıtasal kalınlaşmayı takip eden dönemde gerilmeye bağlı olarak yüzeyleyen yüksek dereceli metamorfik kaya mostralarıdır (Dewey 1988).
- Yüzeylemeyi kontrol eden faylar (makaslama kuşakları) genelde yüksek dereceli metamorfikler ile düşük dereceli metamorfikleri bir araya getirirler.

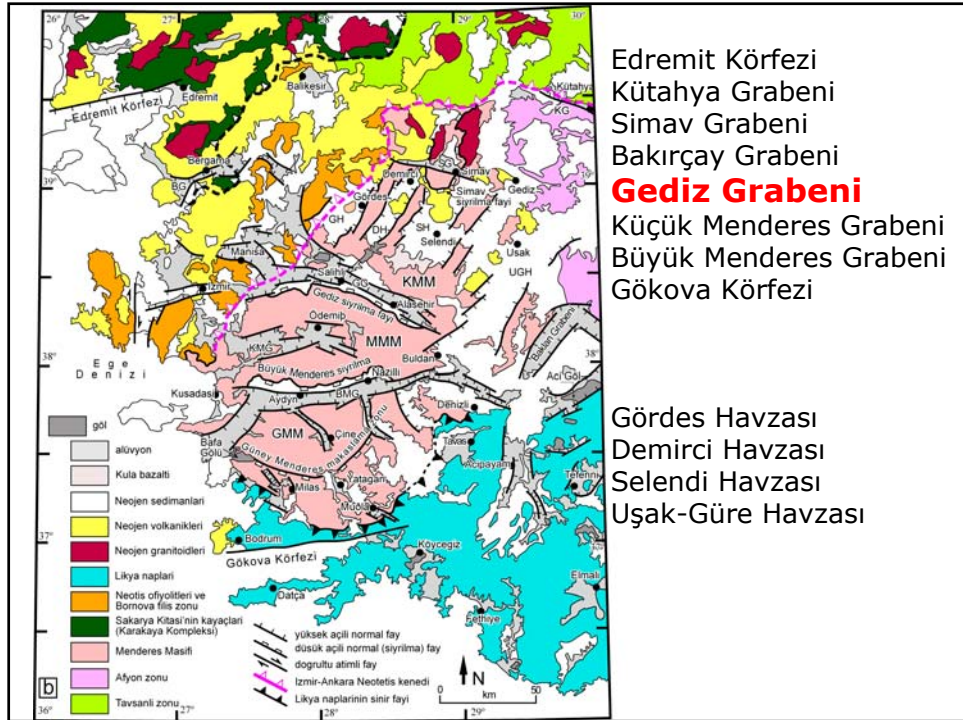
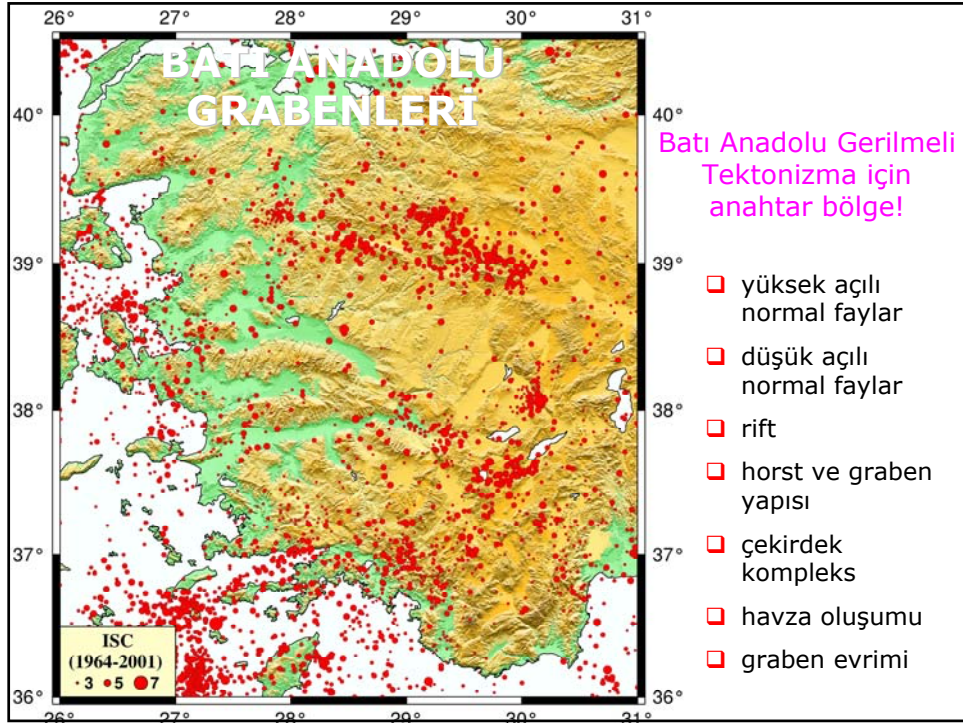


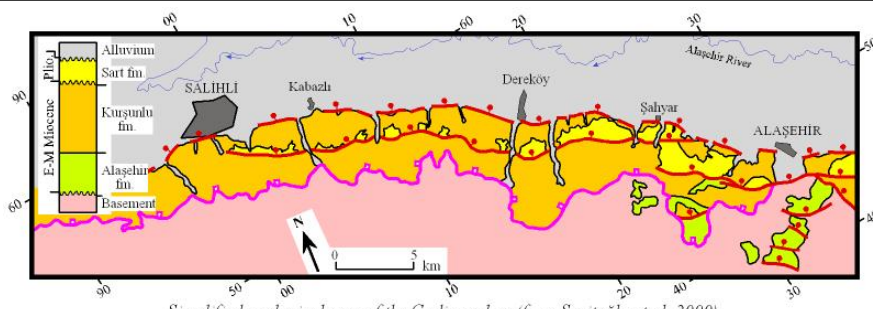




- Menderes Masifi kıtasal ölçekli bir çekirdek komplekstir:
- Çok büyük!
- Birden fazla çekirdek kompleks var!
- D-B grabenler belirleyici!
- Farklı zaman ve mekanizma ile yükselmişler!

- ❑ Simav SF (c. 24 my) (c. 30 My)
- ❑ Gediz SF (c. 16 My)
- ❑ Büyük Menderes SF (c. 16 My)
- ❑ Güney Menderes Makaslama Zonu (c. 41 My)





Simplified geological map of the Gediz graben (from Seyitoğlu et al. 2000).

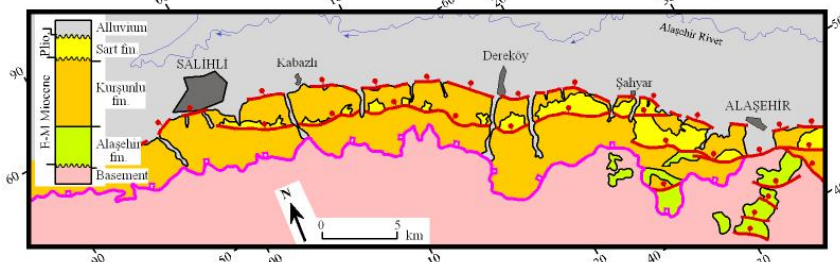
Açılal Diskordansla Ayrılan Birbirlerine Tezat Üç Dolgu

1. Eğimlenip, Kıvrımlanmış Alt Miyosen –Alt Pliyosen karasal mega-sekansı ve kalk-alkalin volkanik arakatıkları [14 ± 0.4 My]
2. Genç deformasyon geçirmemiş, teraslanmış Pliyo-Kuvaterner karasal mega-sekansı ve bazaltik lavlar [2 My and daha genç]
3. Güncel graben dolgusu

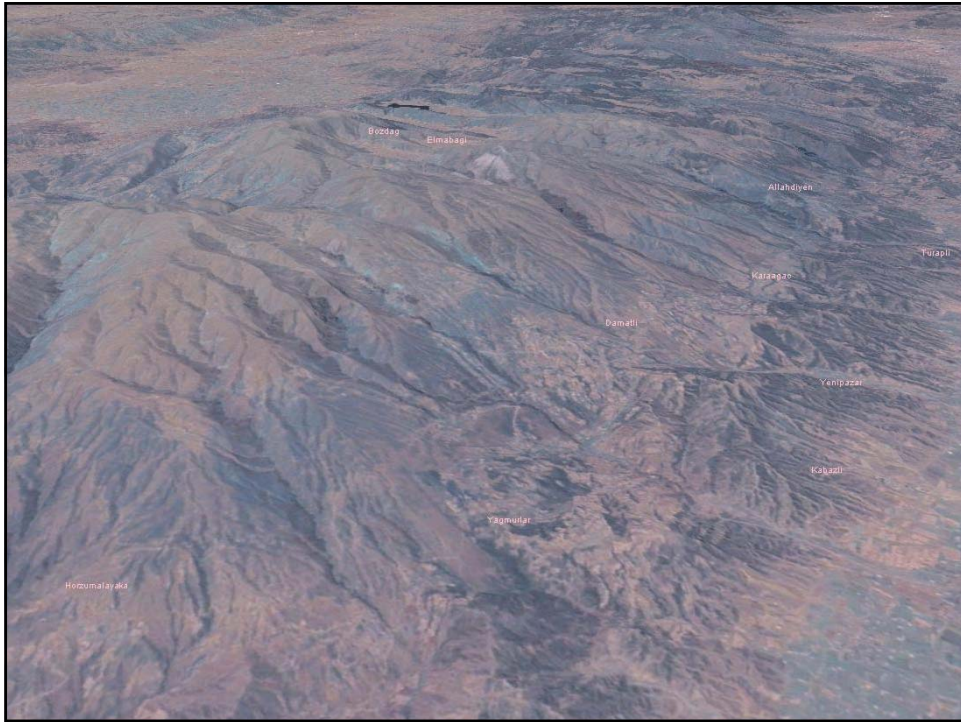
Yapısal Unsurlarda Üç Ayrı Kategoride İncelenebilir:

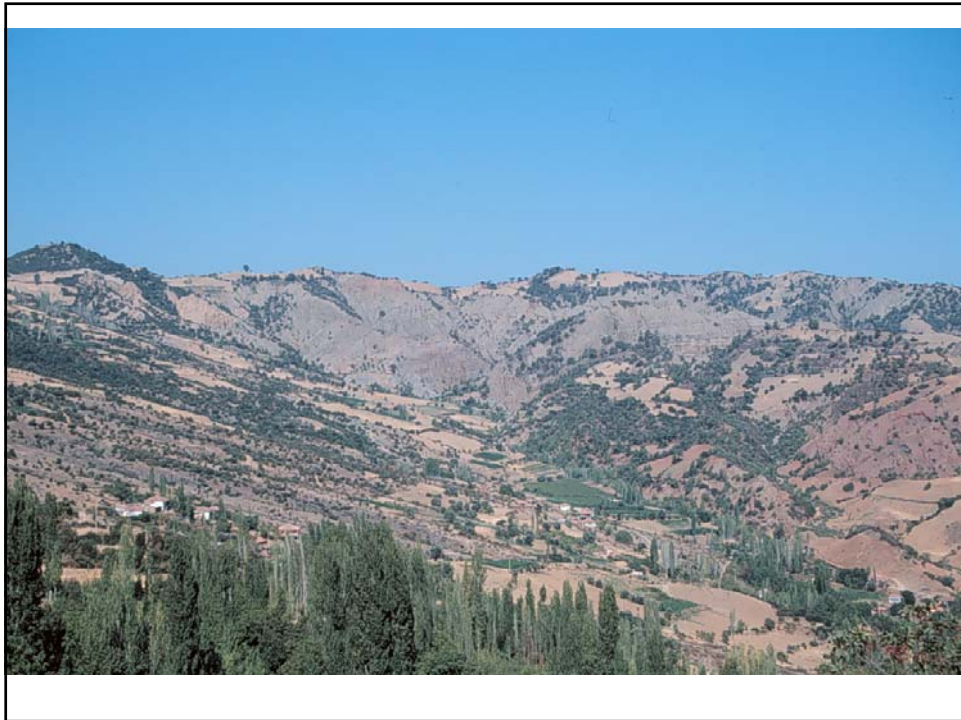
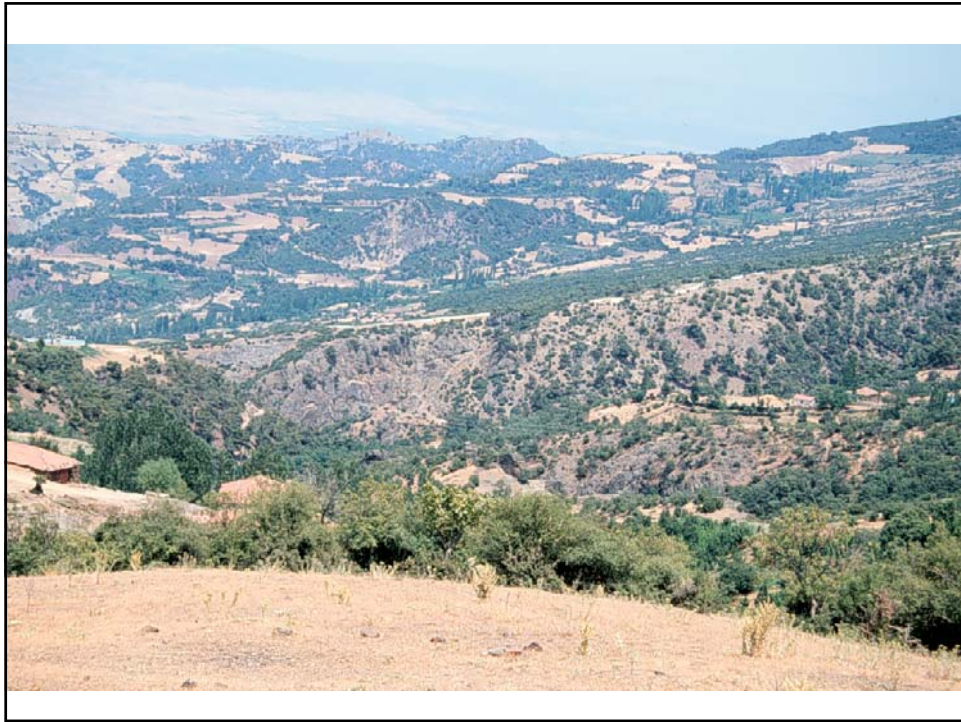
1. D-B uzanımlı, güncel olarak düşük açılı (14° to 22°), kuzeye eğimli normal fay
 - Milonitler - K-KKD ya hareket
 - Deformasyonla yaşit granitoidler [16.1 ± 0.2 My ve 15.0 ± 0.3 My]
 - 7 ± 1 My ^{39}Ar - ^{40}Ar yaşı
 - 5 My ve daha genç 'füzyon-iz' yaşları
2. Havza kenarlarını kontrol eden faylara paralel/yarı paralel uzanımlı antiklinal ve senklinaller
3. Graben bakımlı basamaklı normal faylar

Düşük Açılı Normal Fay (Sıyrılma Fayı – Detachment Fault)



- Güncel olarak düşük açılı (14° - 20°), kuzeye eğimli, normal fay ilkin yüksek açılı bir yapı olarak aktivite kazanmış (48° - 53°) ve deformasyonun ileri aşamalarında yavaş-yavaş daha küçük açılara döndürülmüştür: Dirsek Yaparak/Bükümlenerek Dönme (flexural rotation) Modeli [Bkz. Buck 1988].
- Rotasyon: Tavan bloğunda yüzeyleyen Miyosen sedimanlarındaki Güneye ters eğimlenme ile de kendini gösterir. Eğim, faya yakın alanlarda 40° civarında iken faydan uzaklaştıkça isitifin üst bölümlerine doğru giderek azalır.
- Fay, taban bloğunda yeralan Menderes Masifi metamorfik kayaların deformasyonu ve yüzeylemesini kontrol ederken, eş zamanlı olarak tavan bloğundaki Miyosen yaşlı sedimanların çökelimini denetlemiştir.

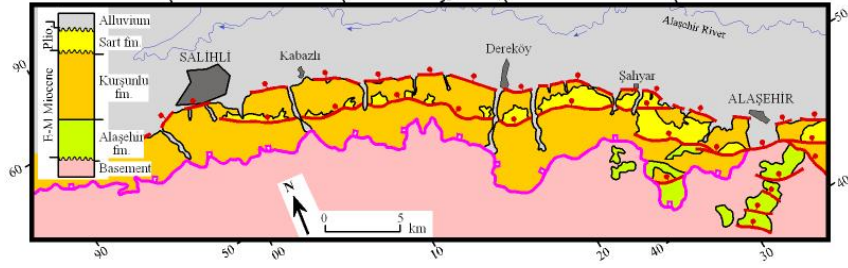






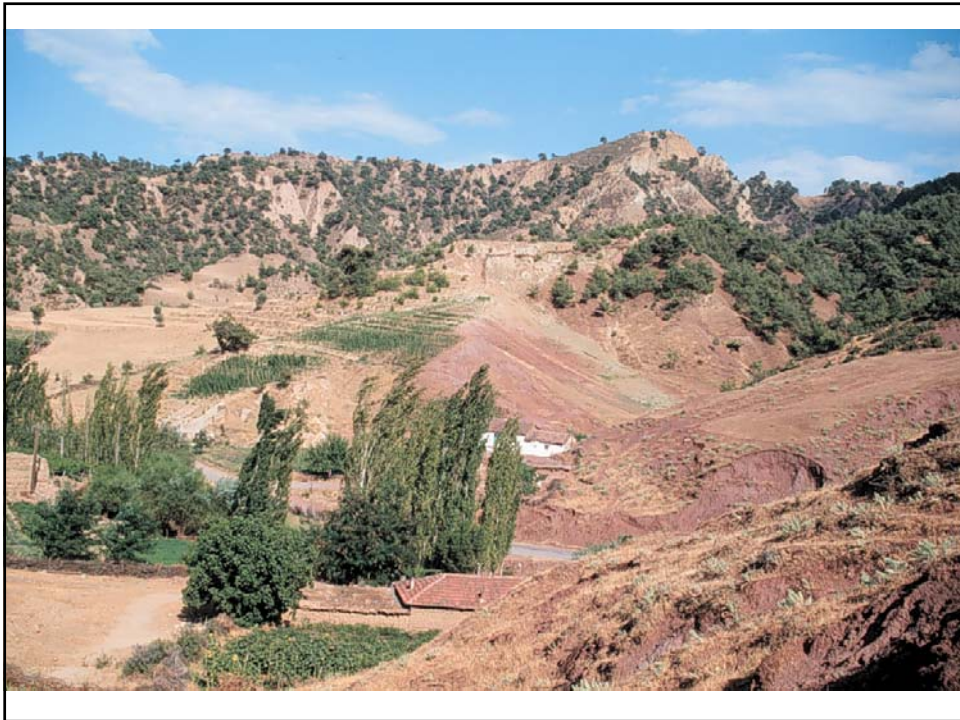


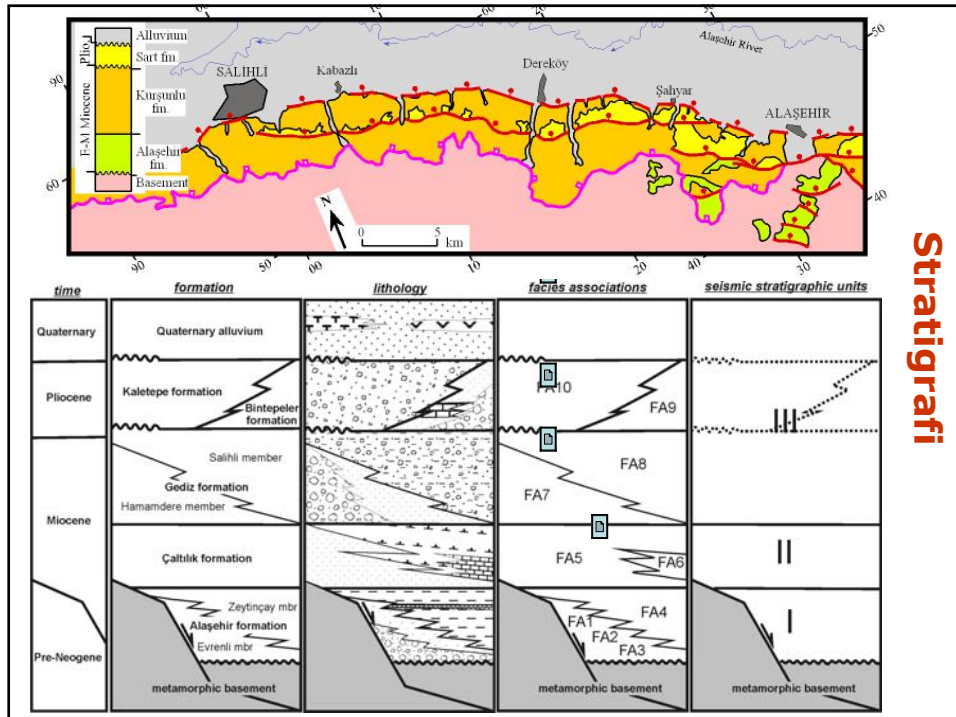
Yüksek Açılı Normal Fay (Gediz Grabeni'nin Güney Kenarı)



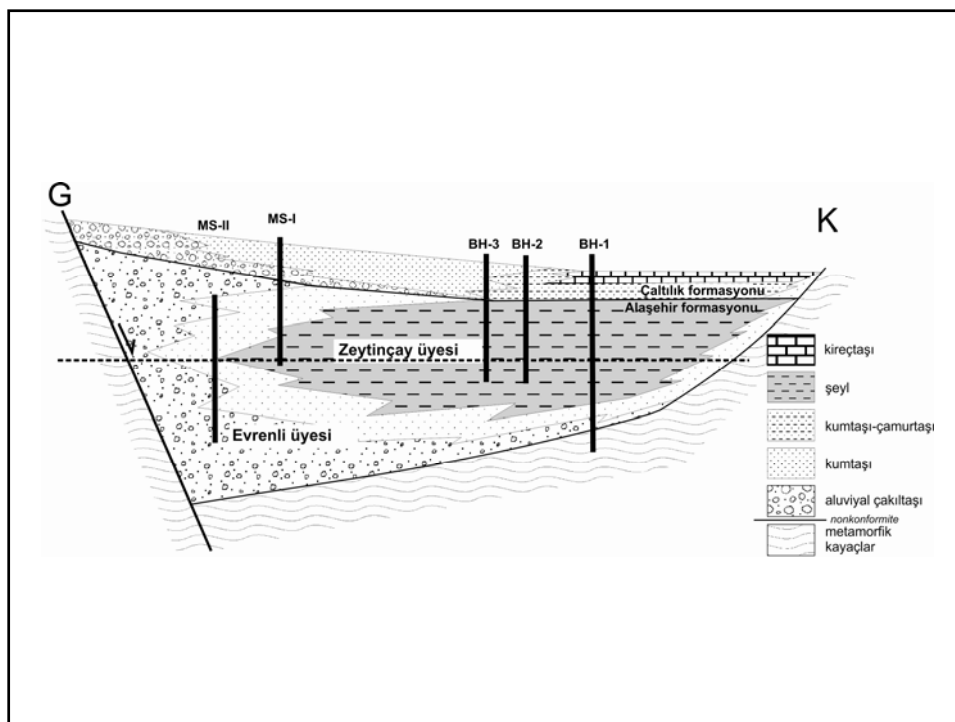
- Yüksek açılı ($\geq 40^\circ$) normal faylar Gediz grabenin oluşumunu denetleyen yapılardır.
- Kuzeye eğimli, basamaklı bir morfolojiyi denetlerler
- Çok sayıda antitetik ve sentetik ikincil yapılar bu faylarla birlikte gelişmiştir.
- Faylardan en yaşlısı Pliyo-Kuvaterner yaşlı birimlerin oluşumlarını denetlemişlerdir.
- Aktif olarak alüvyon yelpazelerin gelişimlerini de kontrol etmektedirler.

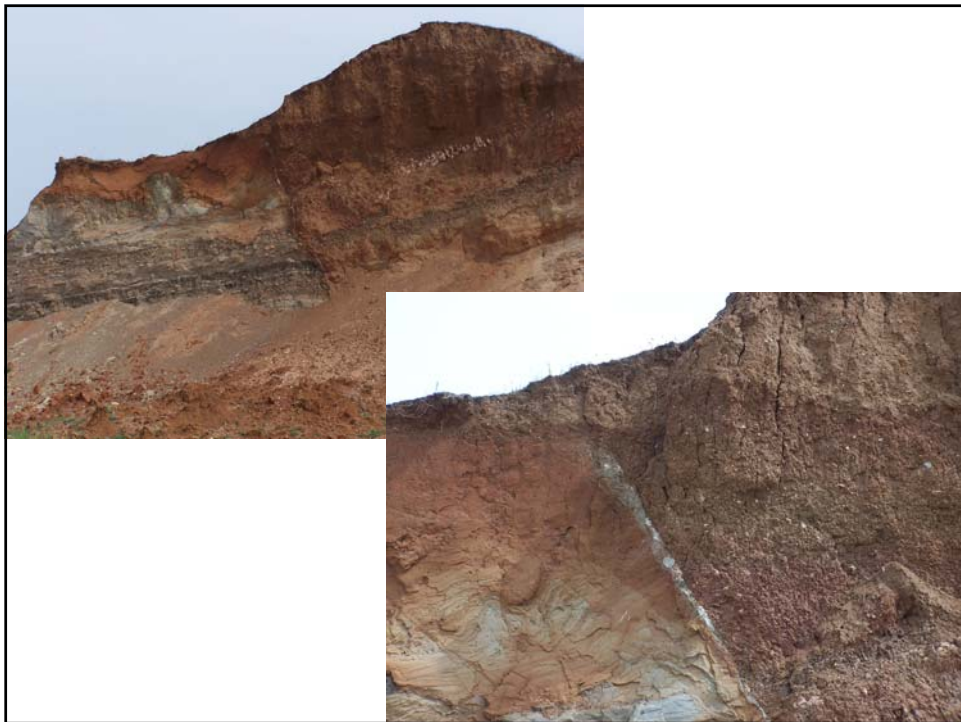


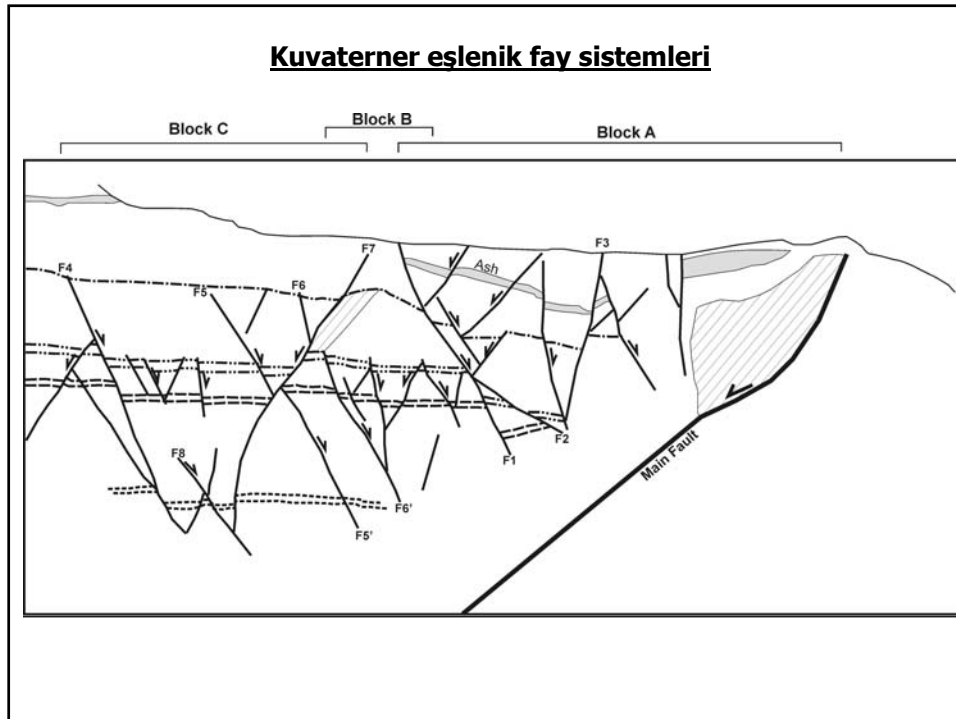


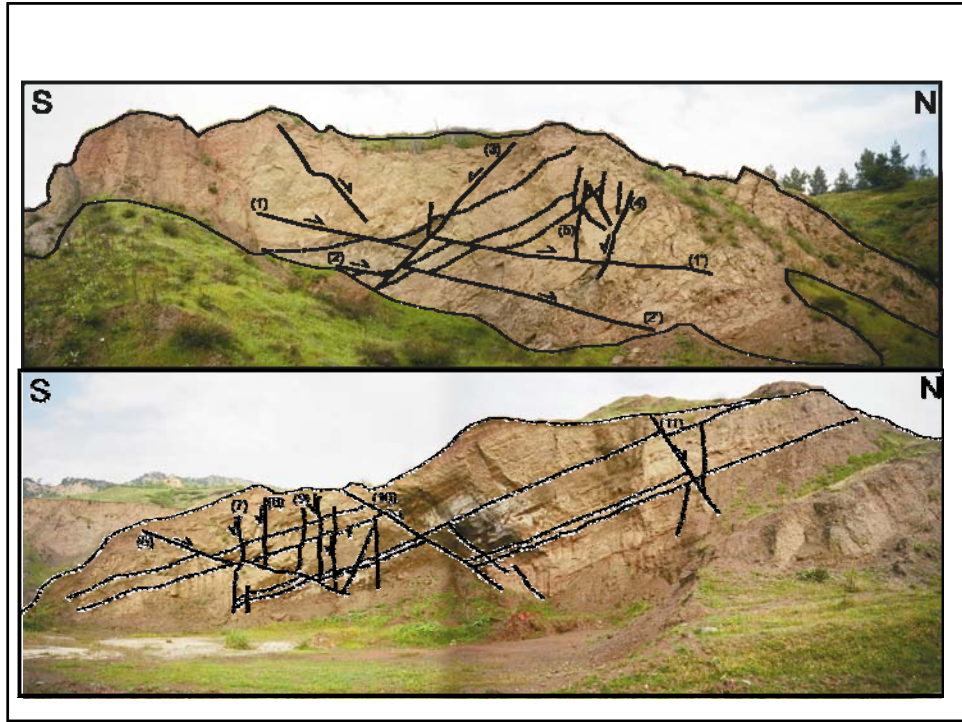


Stratigrafi





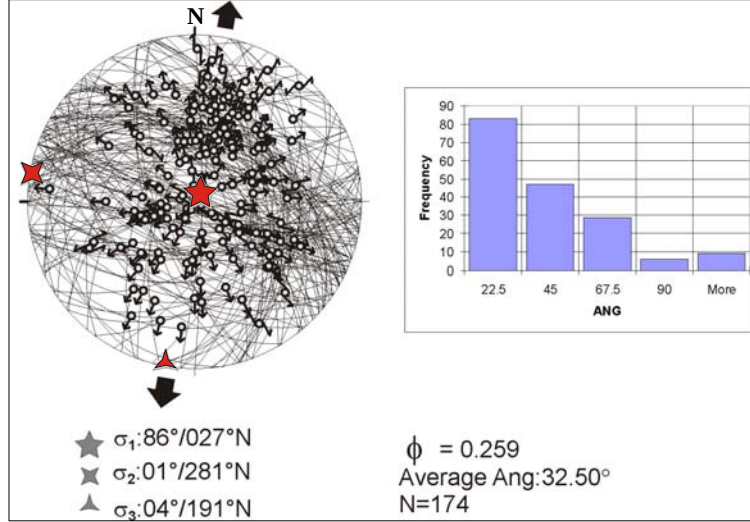




Neojen Eşlenik Büyüme fayları

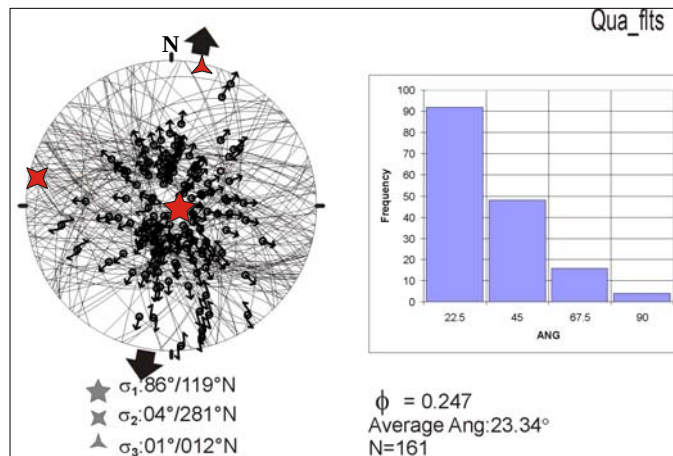


Neojen Birimlerindeki Faylar



Slip inversion method (Angelier, 1990; 1994)

Pliyo-Kuvaterner Birimlerindeki Faylar



$$\Phi = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$$

Slip inversion method (Angelier, 1990; 1994)

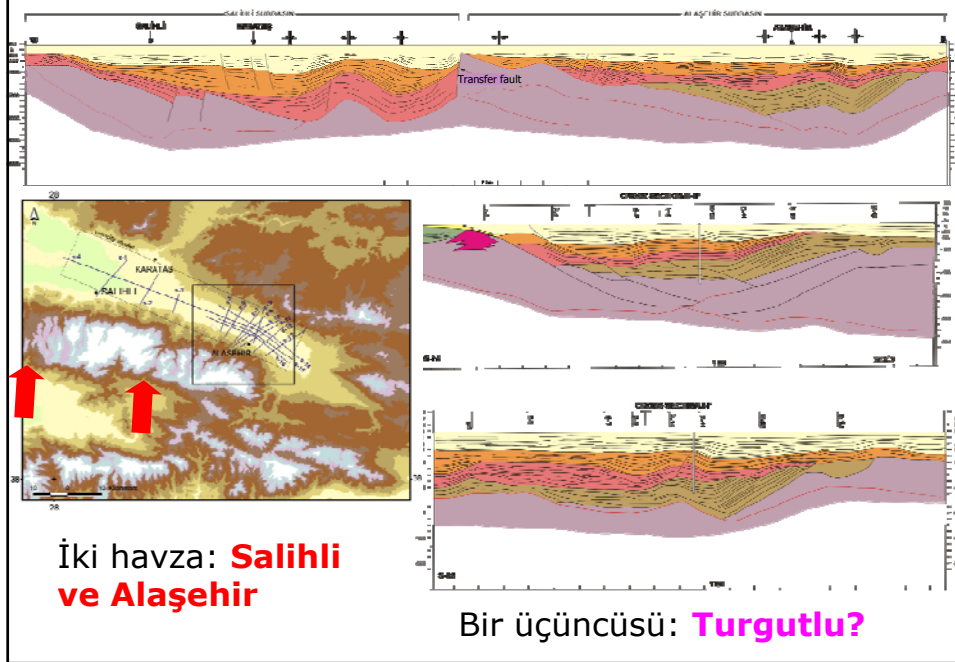
Bölümler Halinde, İki aşamalı Model

a. Erken-Orta Miyosen orojenik çökme (~16 My)

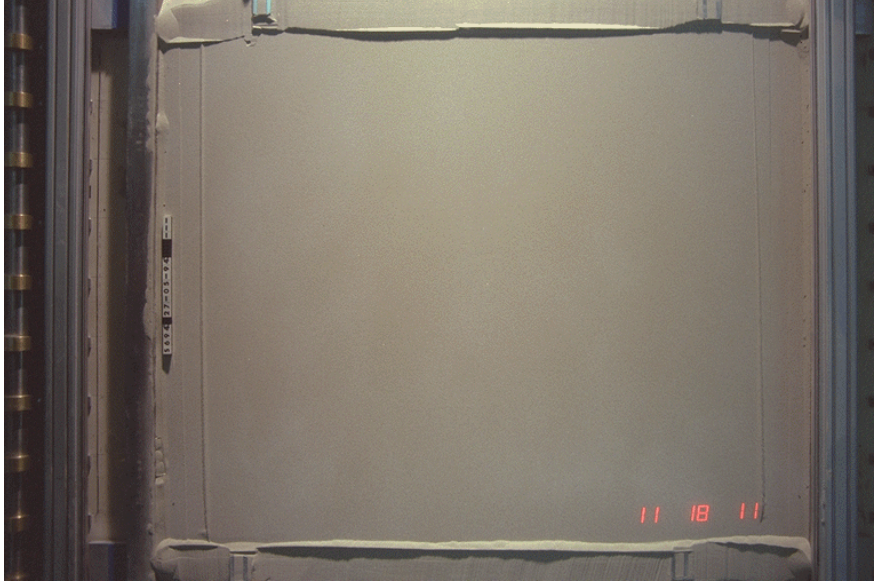
b. Pliyo-Kuvaterner modern graben oluşumu [~5 veya ~7 My]

1. Grabenler evrimlerini bu tarihten itibaren günümüze kadar sürdürdüler!
2. İki aşama arasında tektonik sessizlik ve/veya sıkışma!

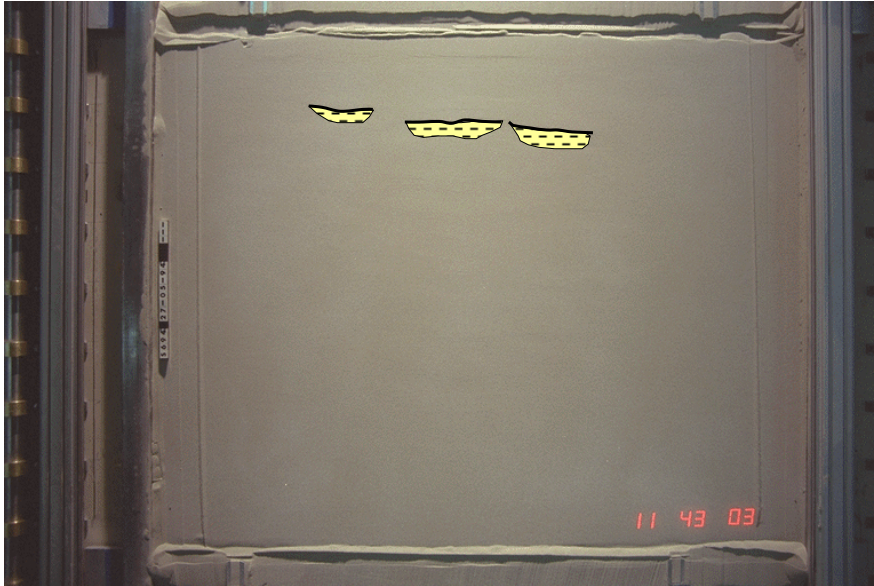
Gediz Grabeni'nin Geometrisi



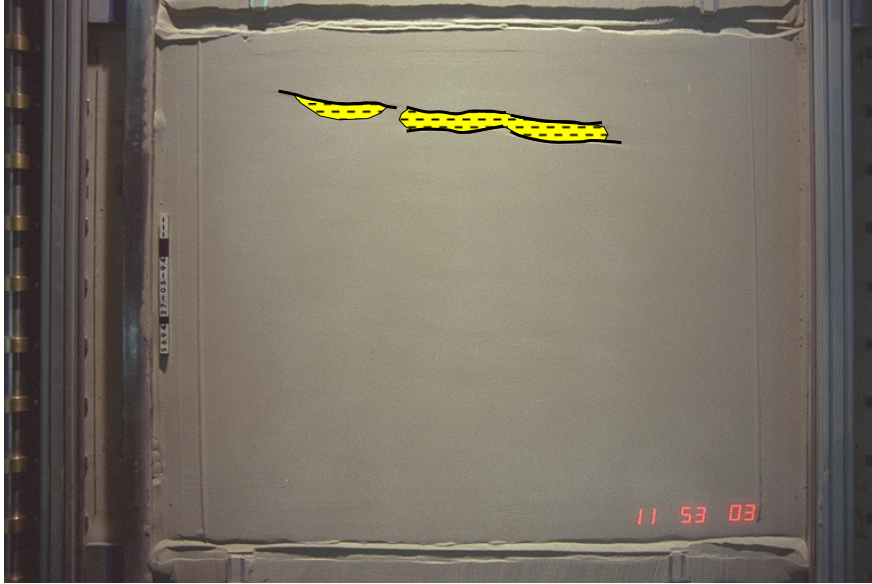
Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi



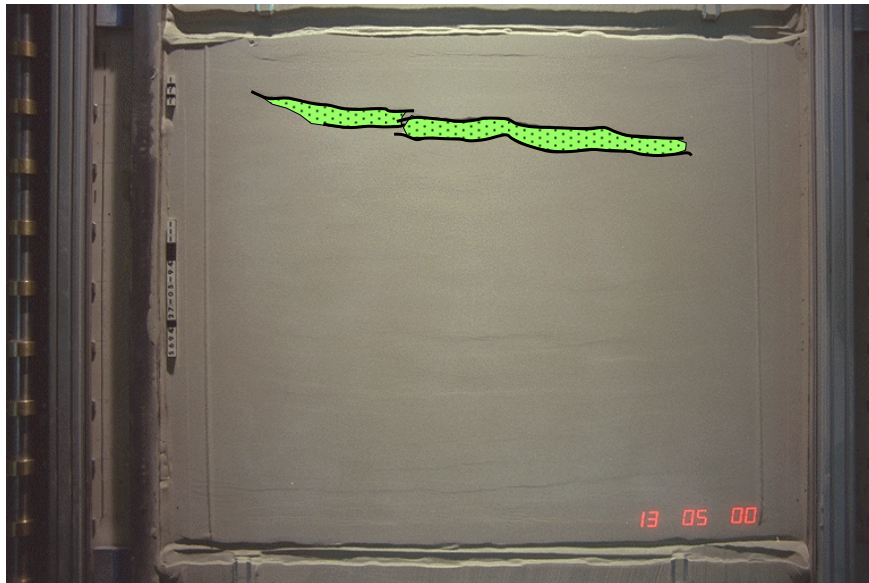
Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi



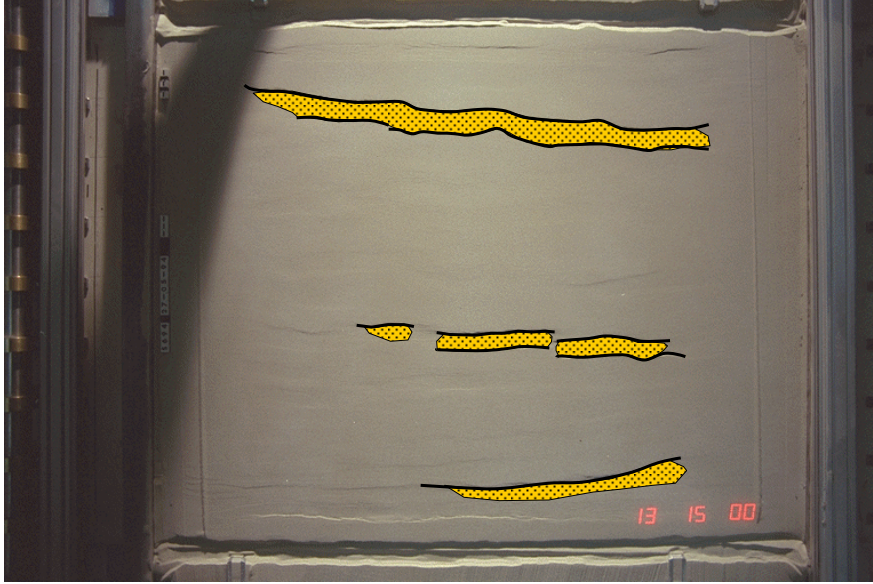
Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi



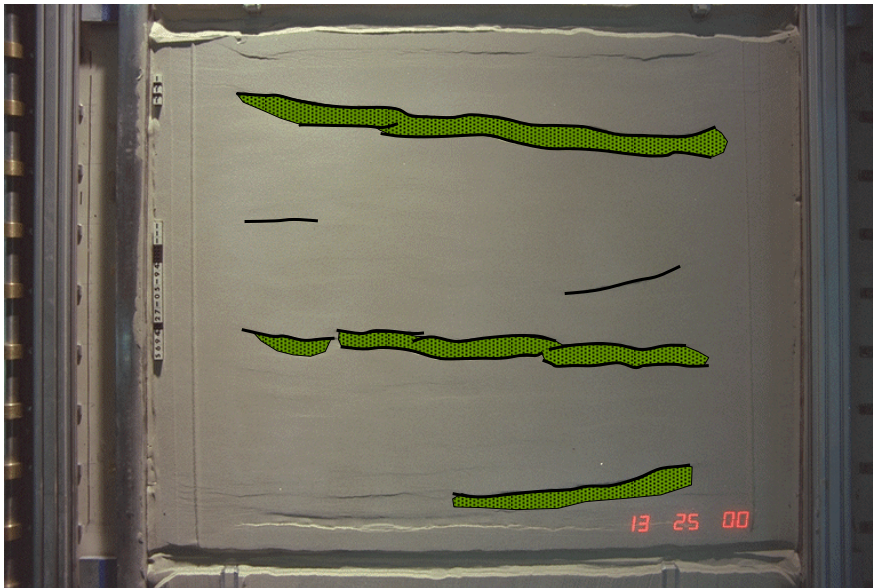
Spatial and Temporal Variation of a Graben Basin with Accumulating Extension



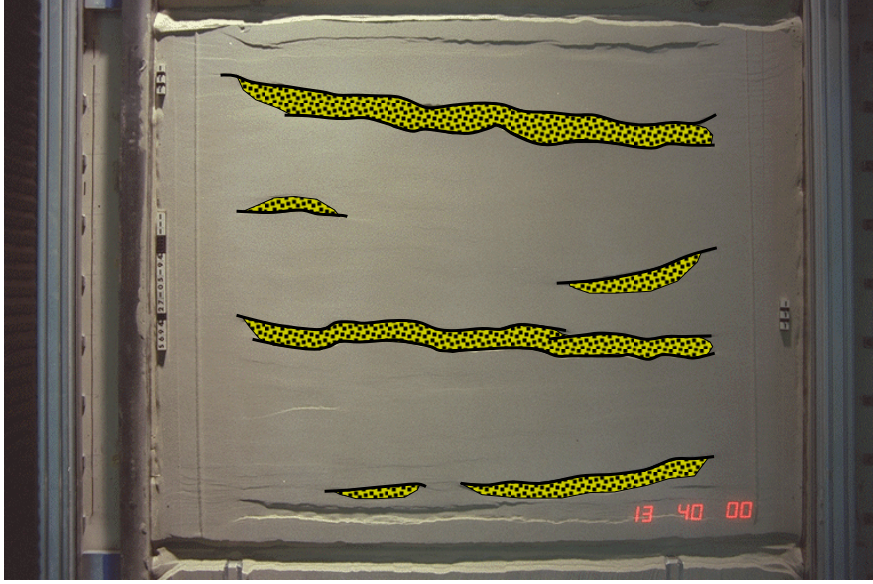
Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi



Spatial and Temporal Variation of a Graben Basin with Accumulating Extension



Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi

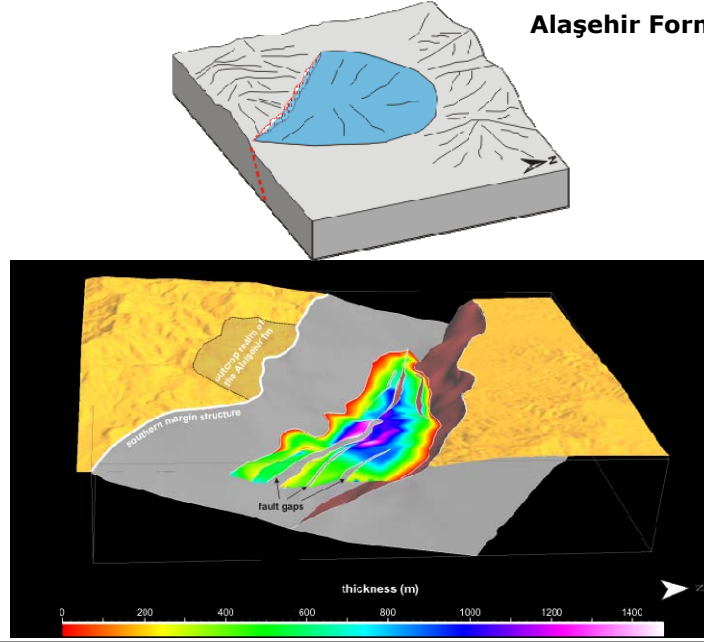


Graben Havzasının Mekan ve Zamandaki Evrimi



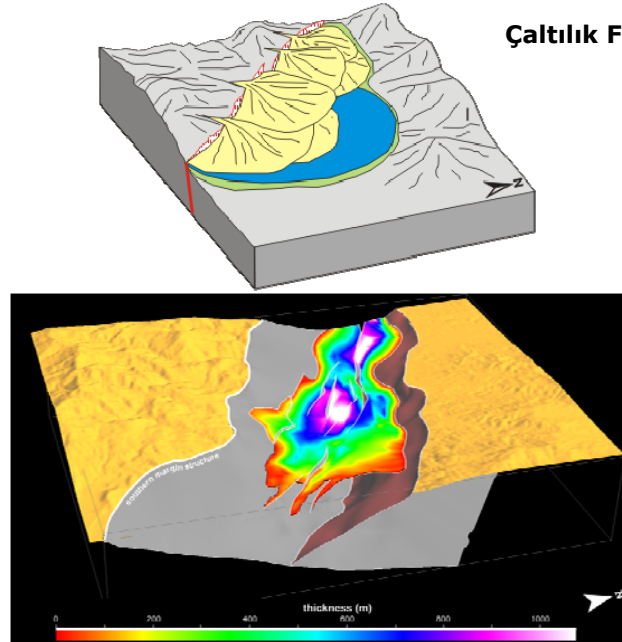
Tektonostratigrafik Evrim - Alaşehir havzası

Alaşehir Formasyonu



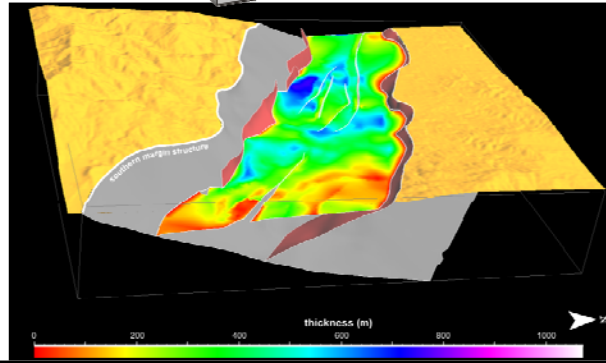
Tektonostratigrafik Evrim - Alaşehir havzası

Çaltılık Formasyonu



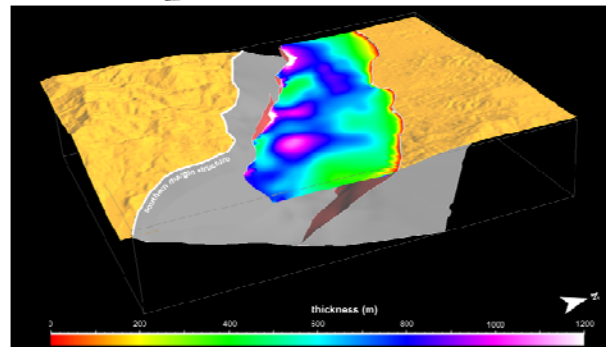
Tektonostratigrafik Evrim - Alaşehir havzası

Precursor of the MGBF
Gediz Formasyonu
Precursor of the detachment fault

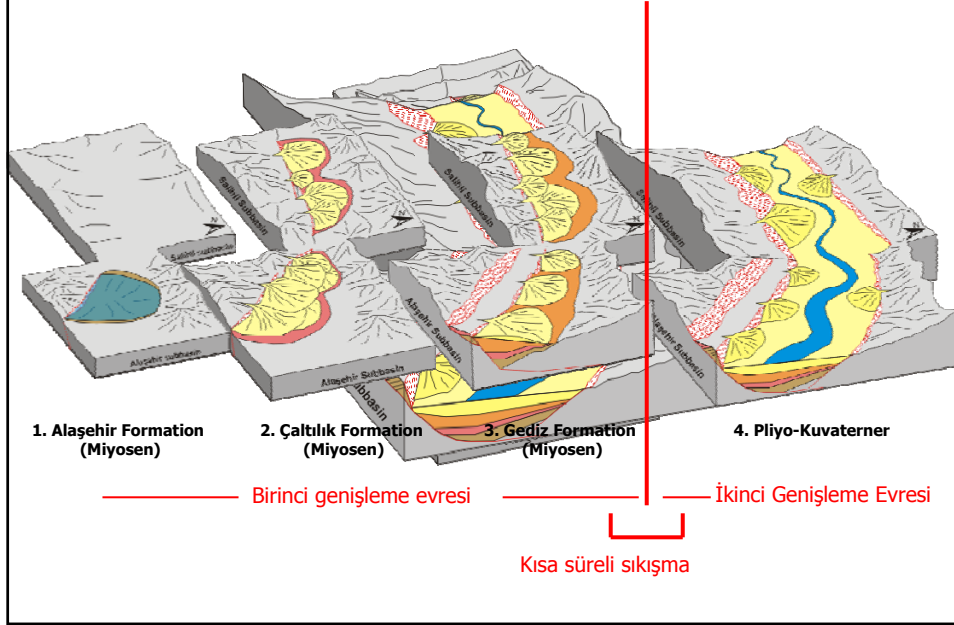


Tektonostratigrafik Evrim - Alaşehir havzası

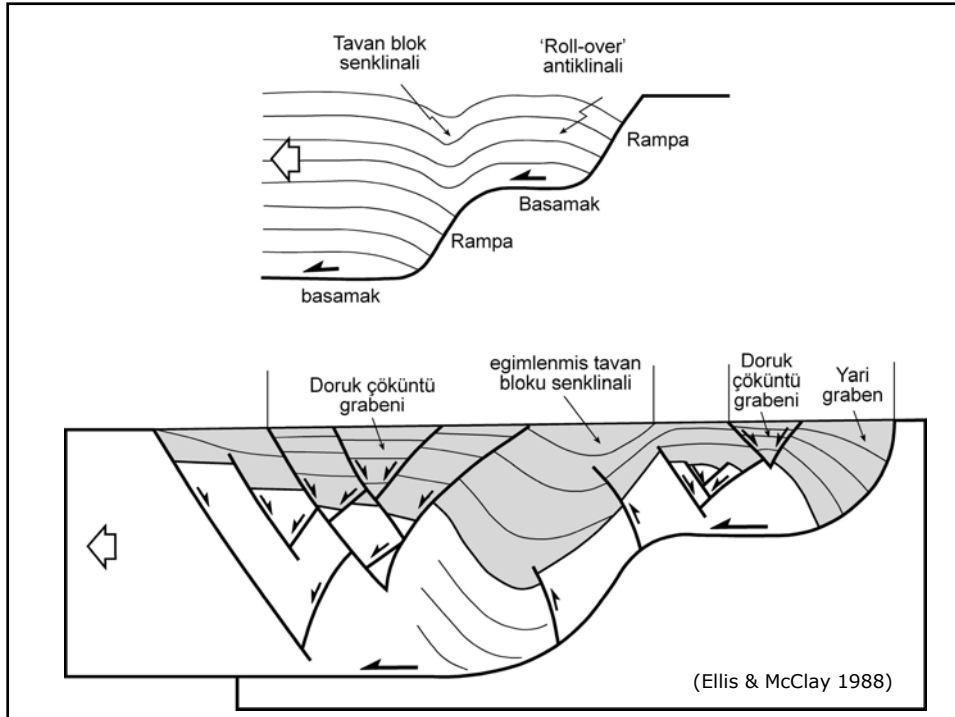
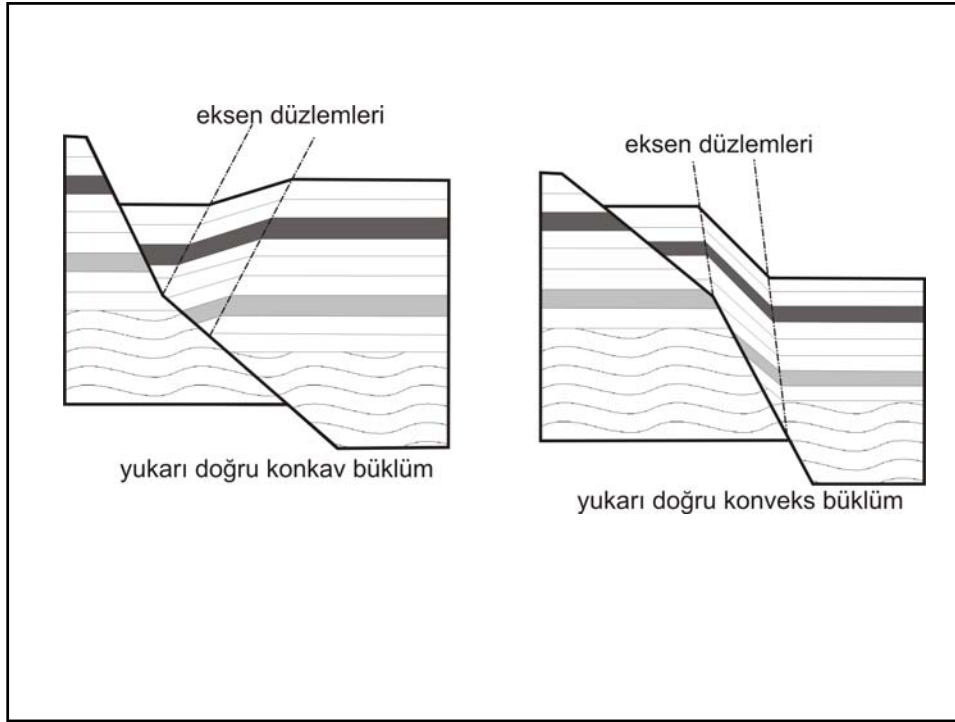
northern margin structure
MGBF
Pliyo-Kuvaterner sedimanlar
detachment fault



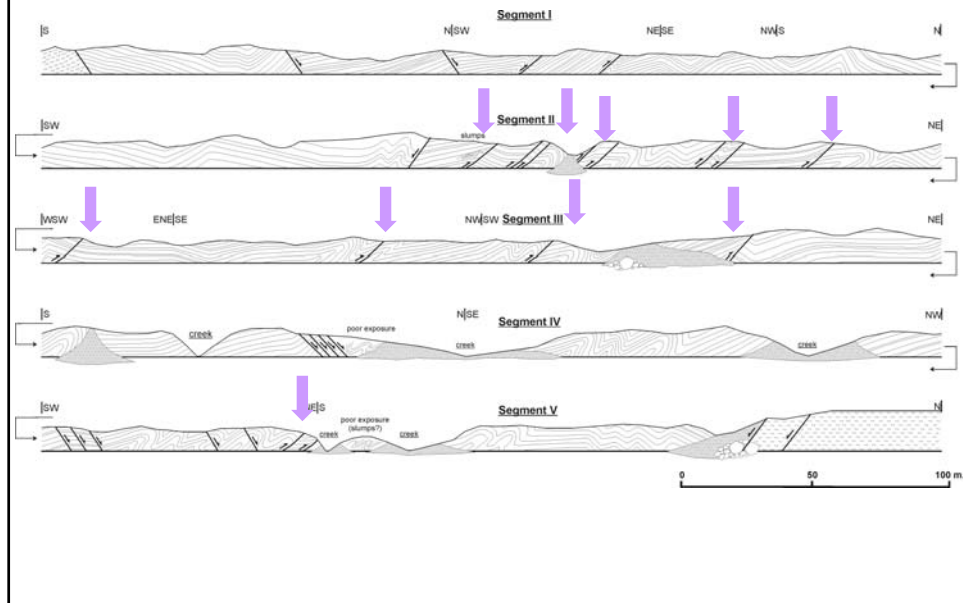
Graben Evrimi



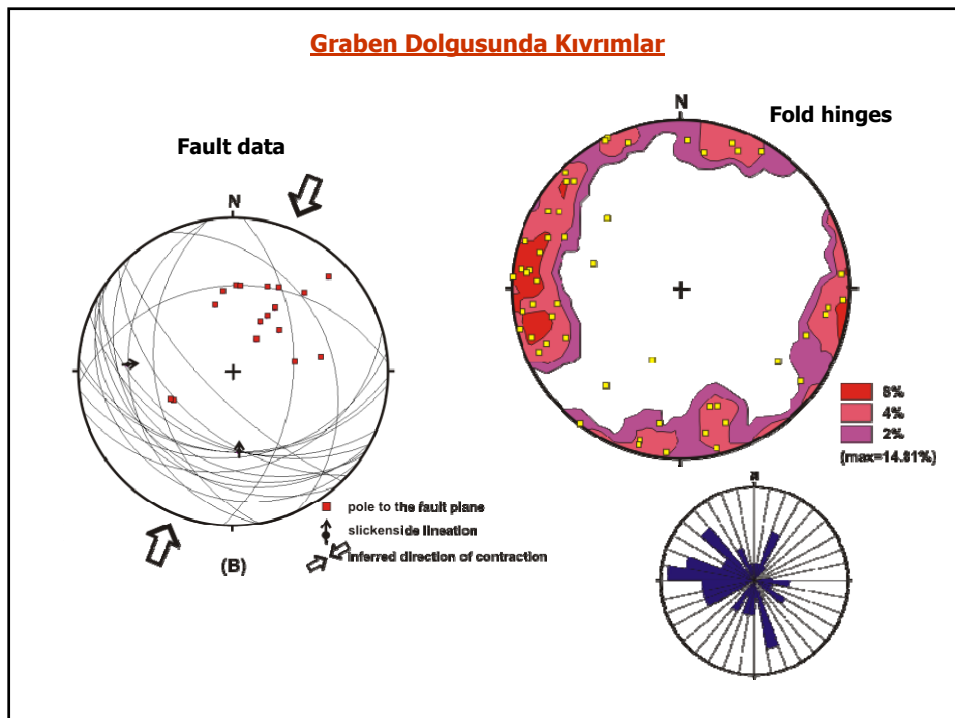
GEDİZ GRABENİ'NDE KIVRIM ve BİNDİRME FAYLARI

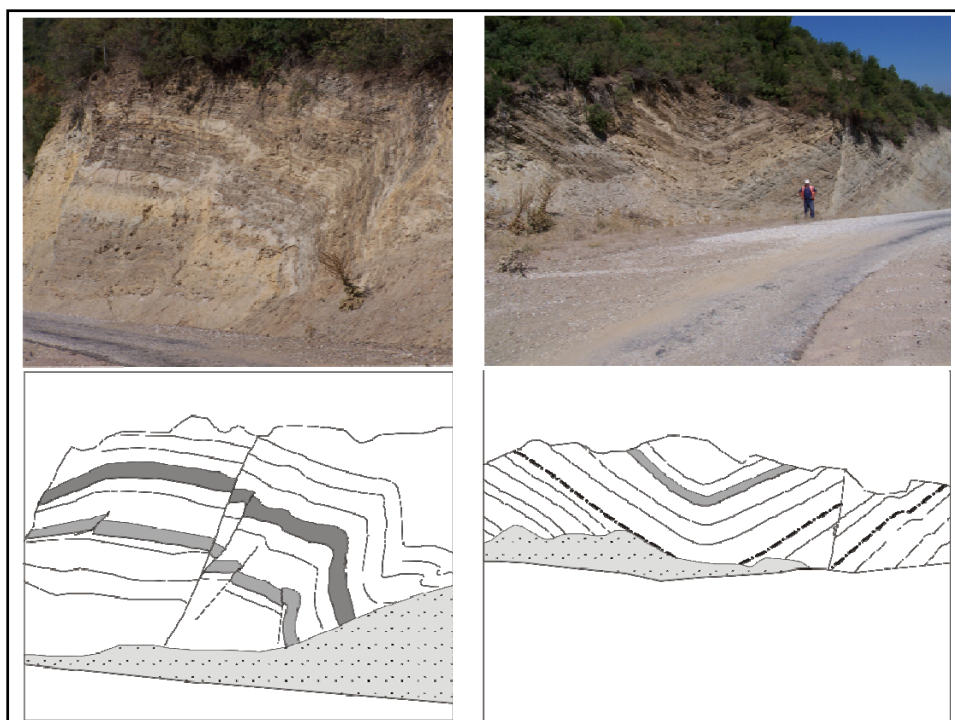
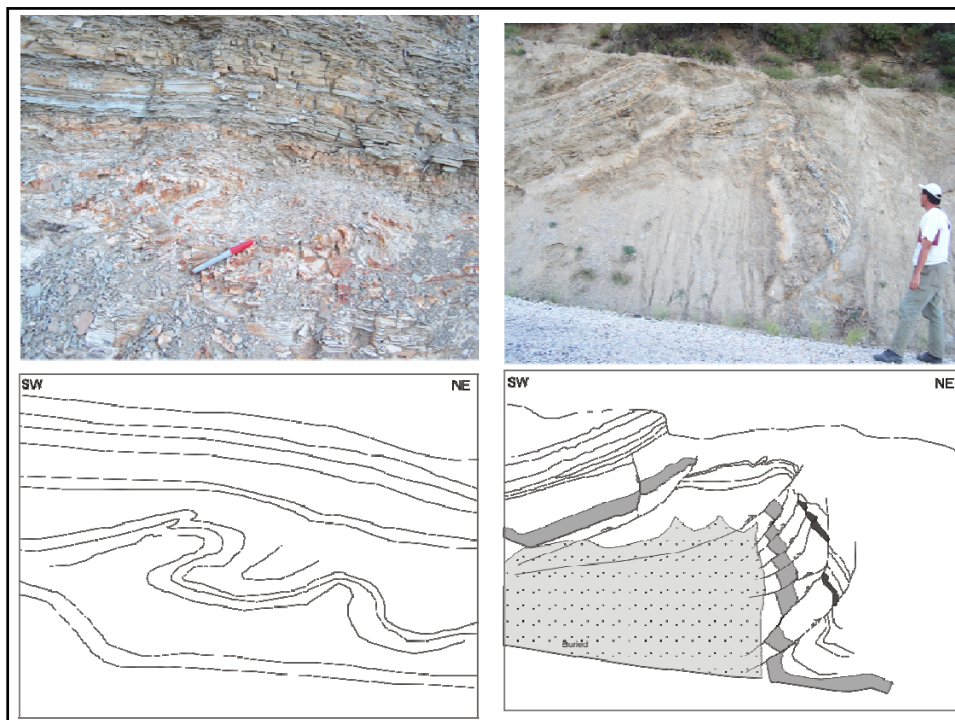


Graben Dolgusunda Kıvrımlar



Graben Dolgusunda Kıvrımlar







Deplasman Gradyan Kıvrımlanması

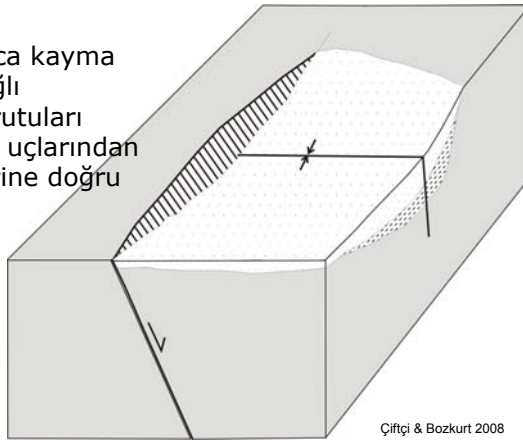
Fay doğrultusuna ve dik yönde gelişen deplasman farklılıkları



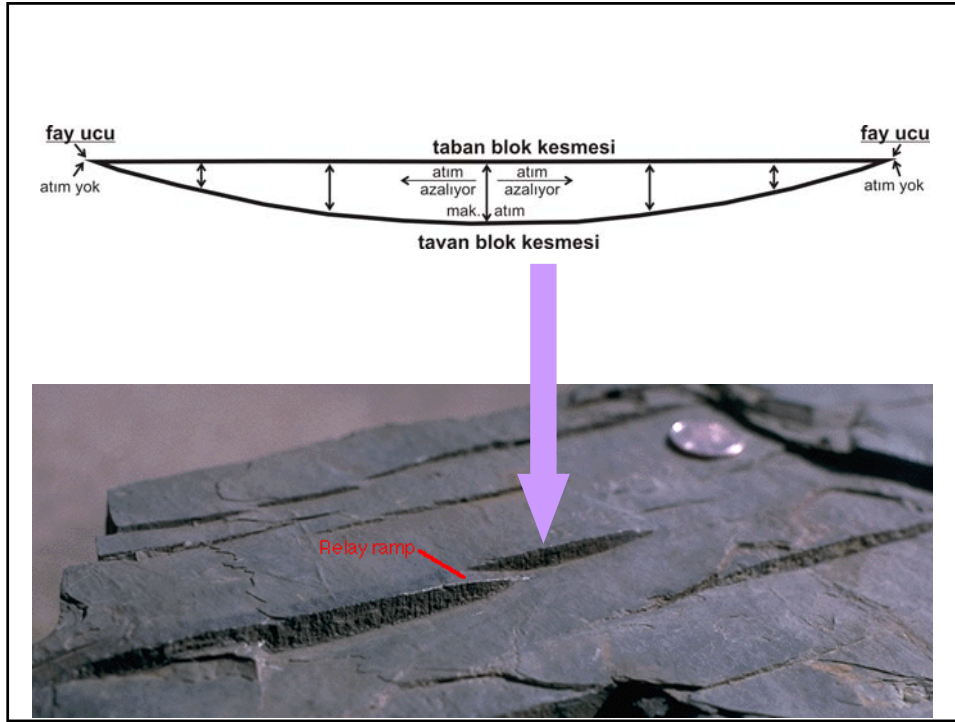
Çapraz/aykırı (transverse)

kıvrımlar: genelde fay boyunca kayma miktarlarındaki farklılıklara bağlı oluşurlar. Normal fayların doğrutuları boyunca kümülatif hareket fay uçlarından (SIFIR) fayın merkezi kesimlerine doğru artar.

Bu farklılık tavan bloğu yayvan senklinal (atımın maksimum olduğu kesimlerde) veya antiklinal (atımın minimum olduğu kesimlerde) oluşumuna yol açar.

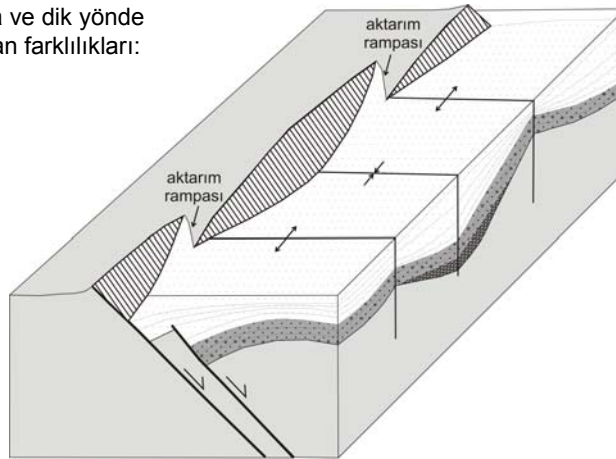


Çiftçi & Bozkurt 2008



Deplasman Gradyan Kıvrımlanması

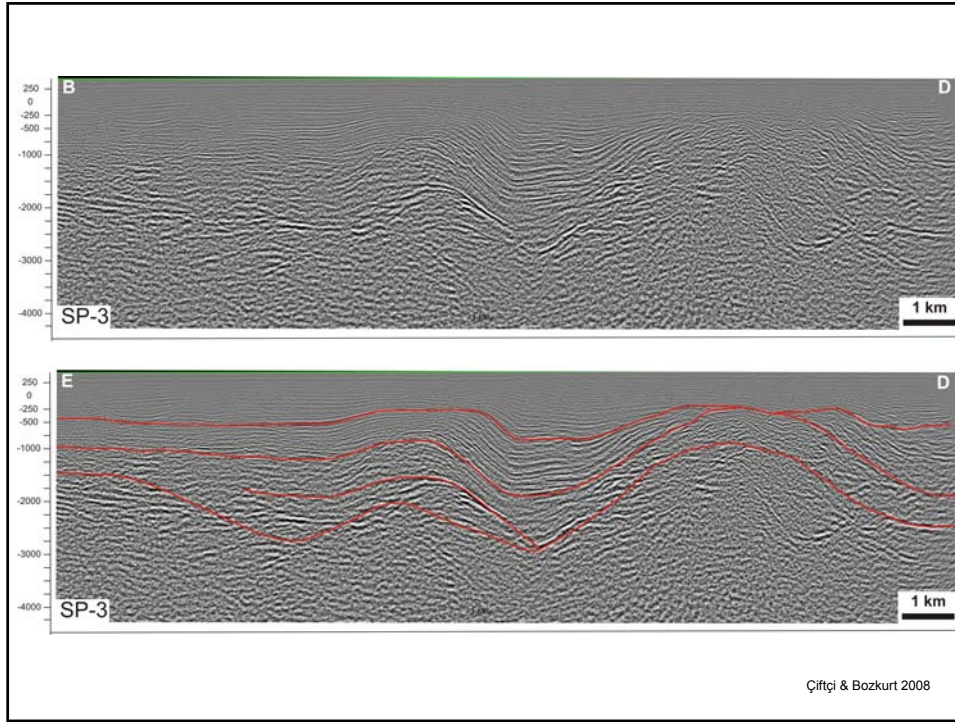
Fay doğrultusuna ve dik yönde gelişen deplasman farklılıkları:



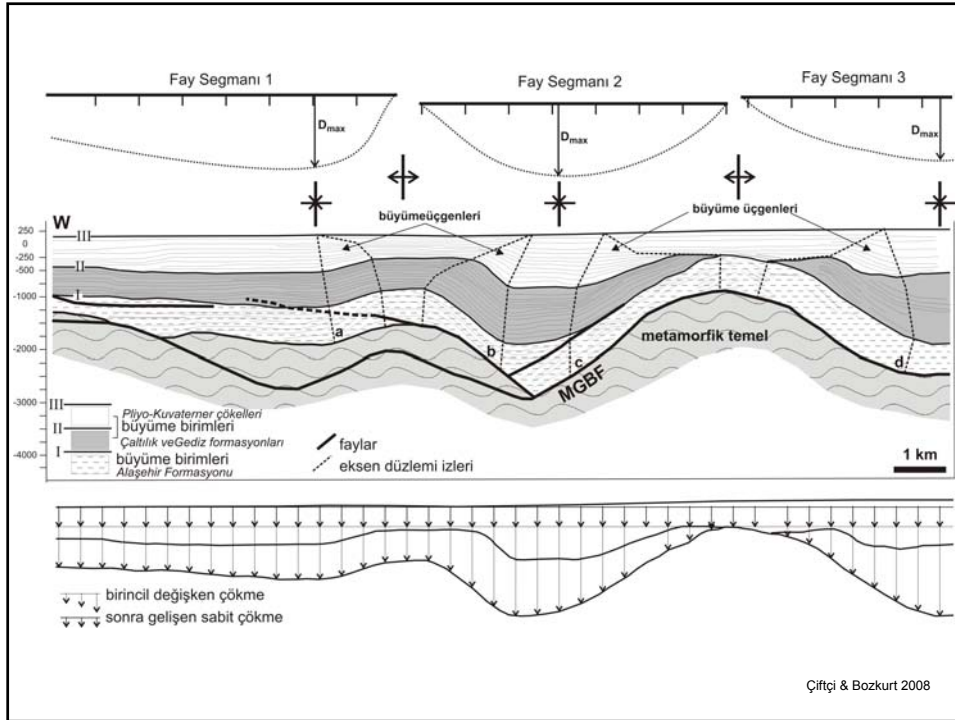
Janecke & Vandenburg 1998

Normal faylar orijinal olarak izole segmanlardan oluşur, fakat zamanla bu faylar birleşerek bölgesel ölçekli çok büyük bir yapı oluştururlar. Bu durumda çok sayıda atım maksiması ve miniması oluşur ve bu yapı tavan blokta fayın genel konumuna dik veya oblik bir seri antiklinal ve senklinal oluşumuna yol açar.

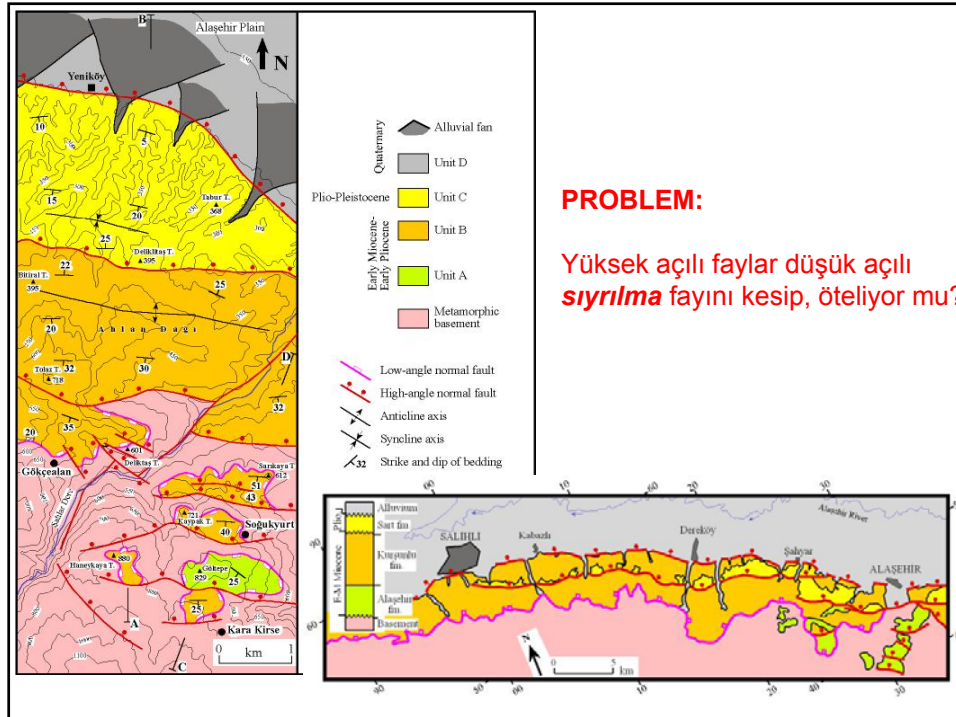
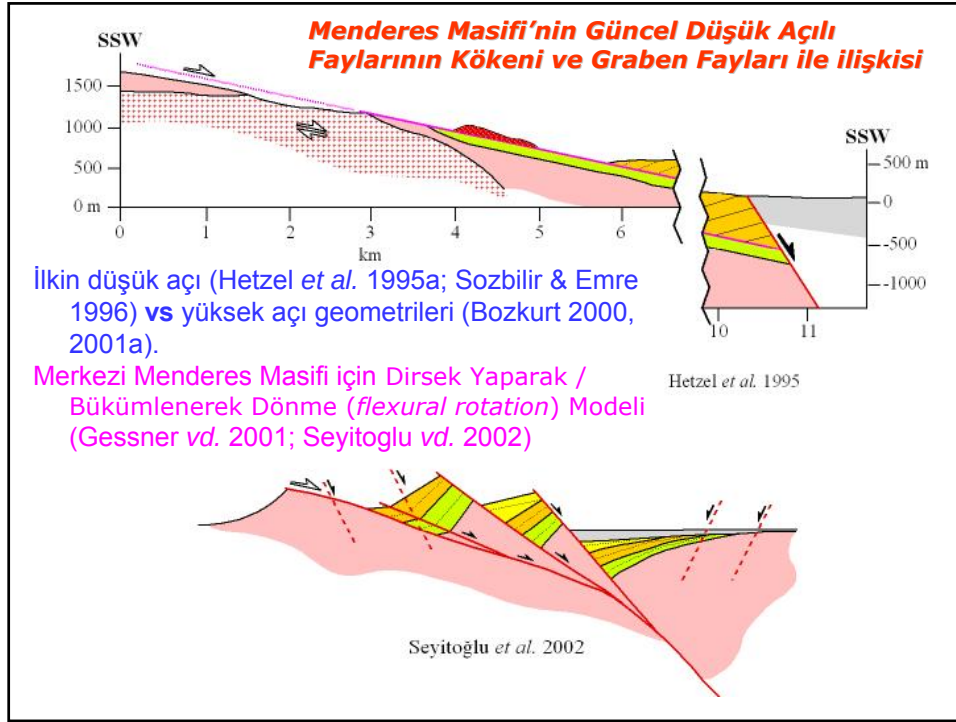
Çiftçi & Bozkurt 2008

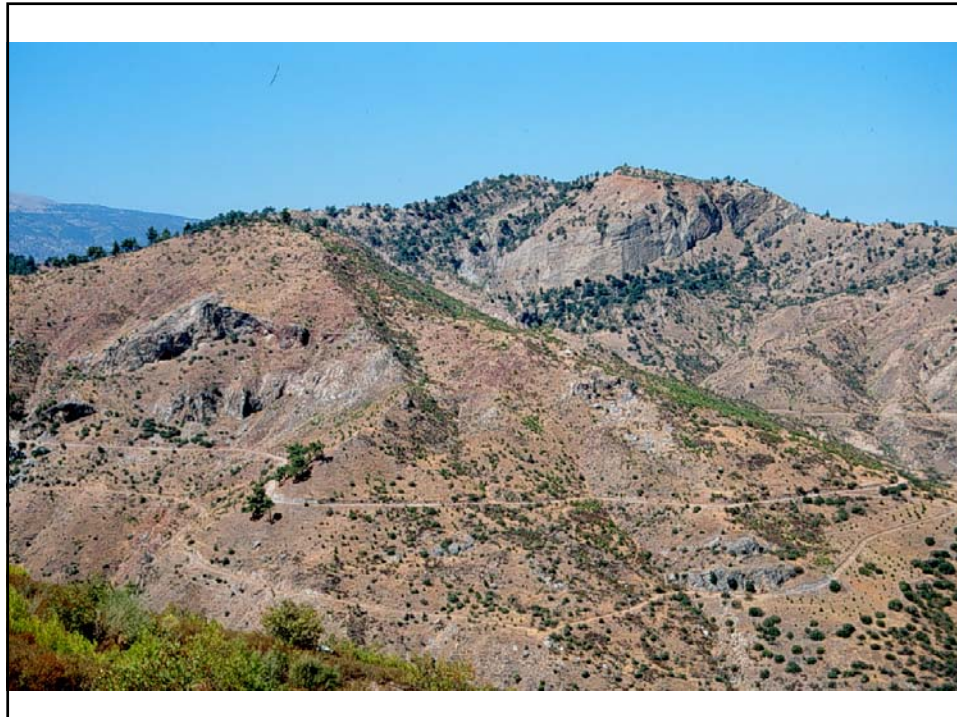
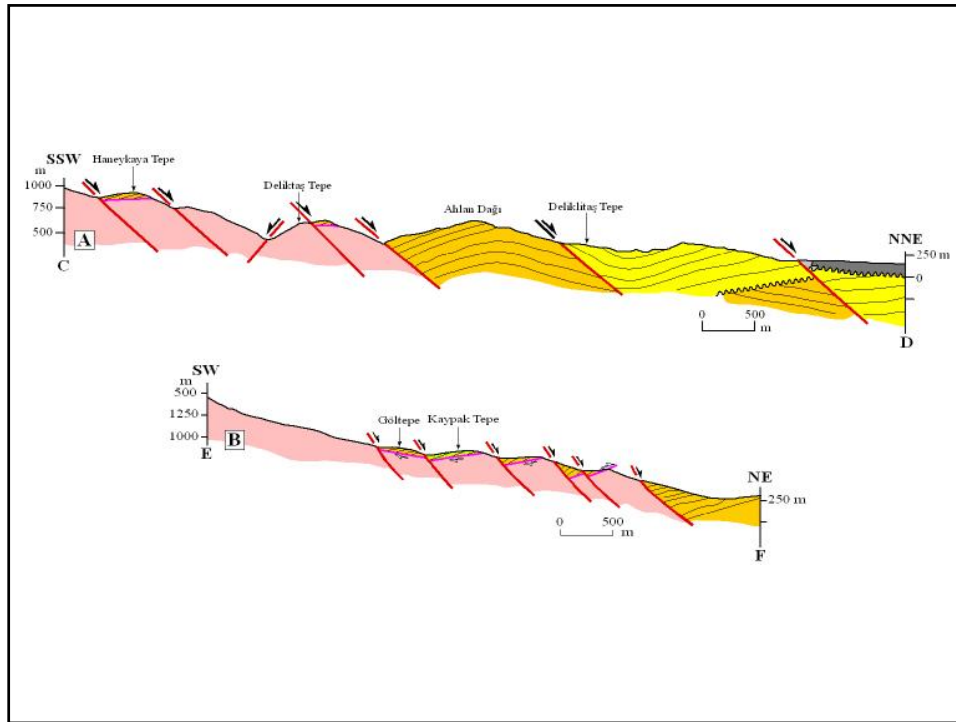


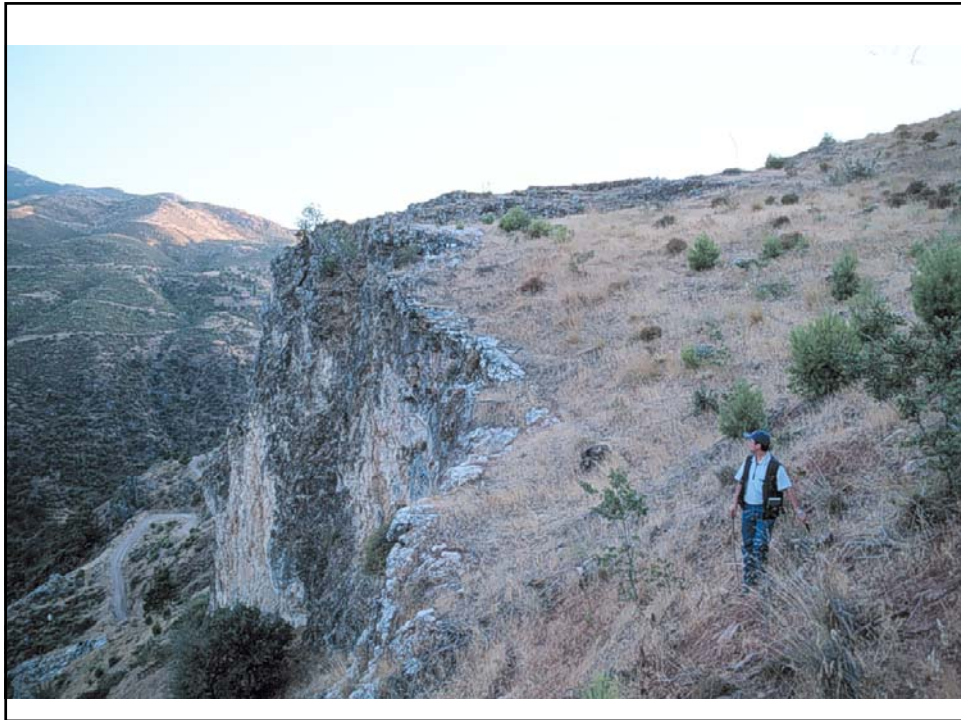
Çiftçi & Bozkurt 2008



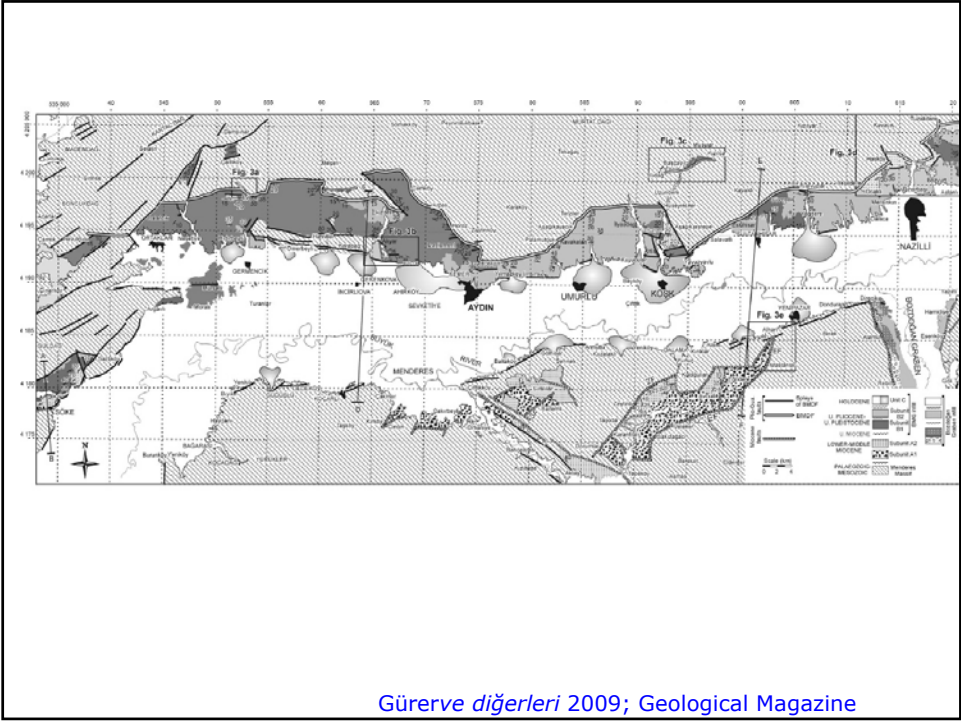
Çiftçi & Bozkurt 2008



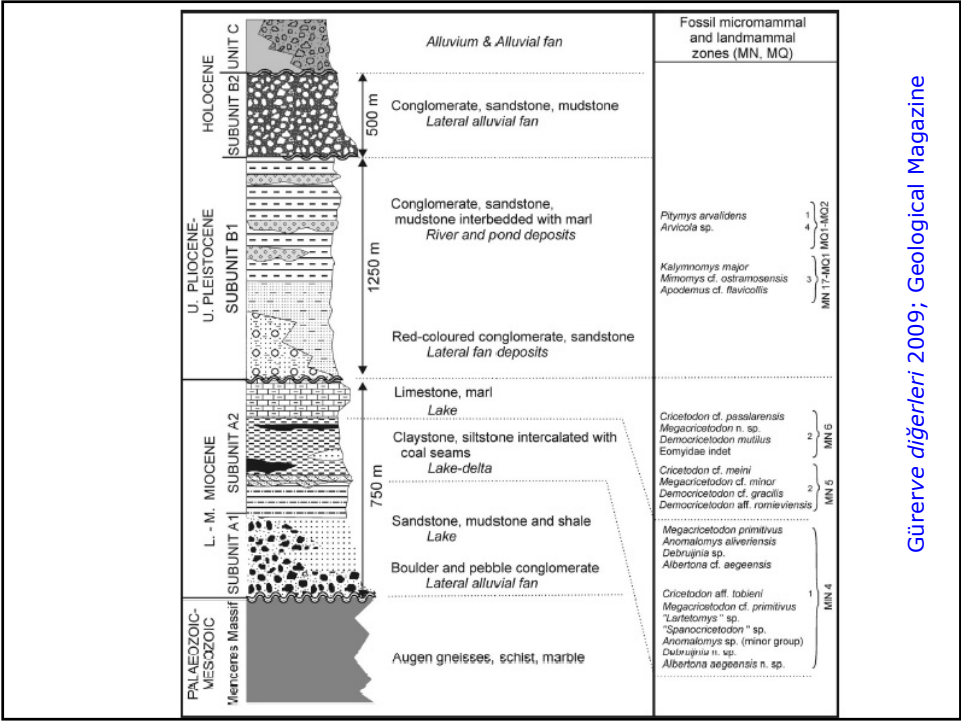




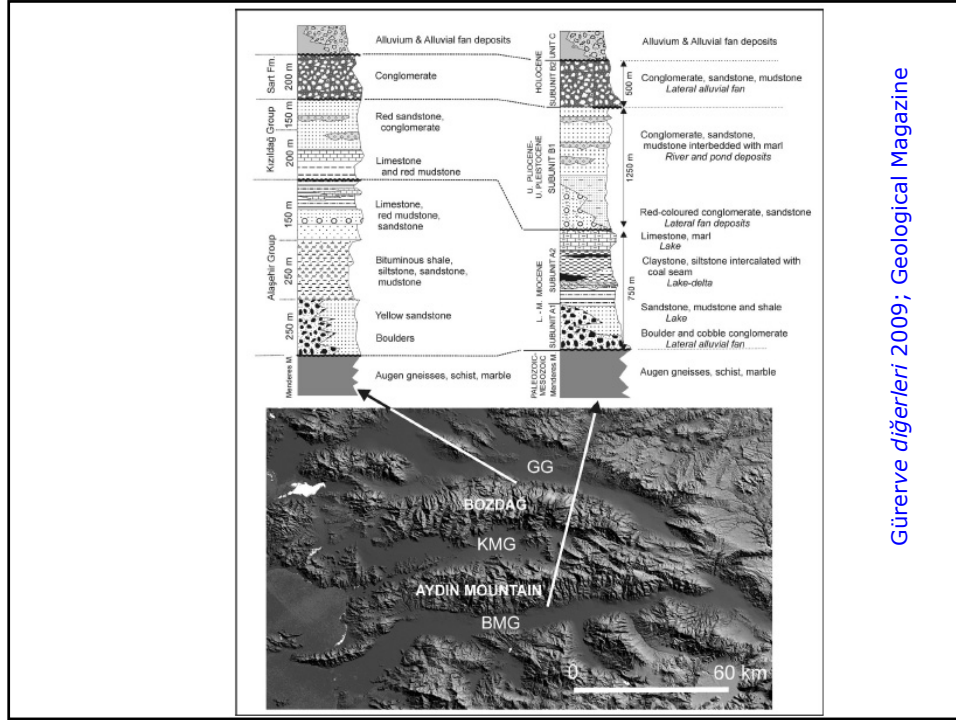




Gürerve *diğerleri* 2009; Geological Magazine

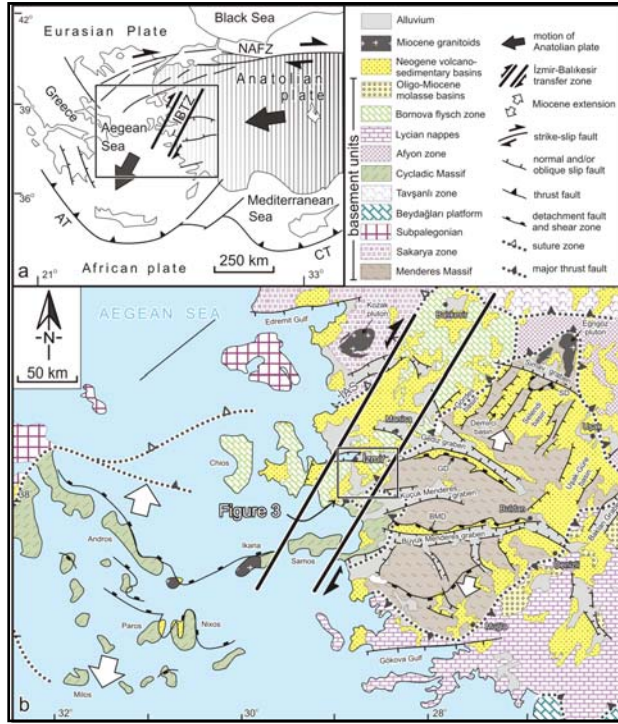


Gürerve *diğerleri* 2009; Geological Magazine



Günerve diğerleri 2009; Geological Magazine

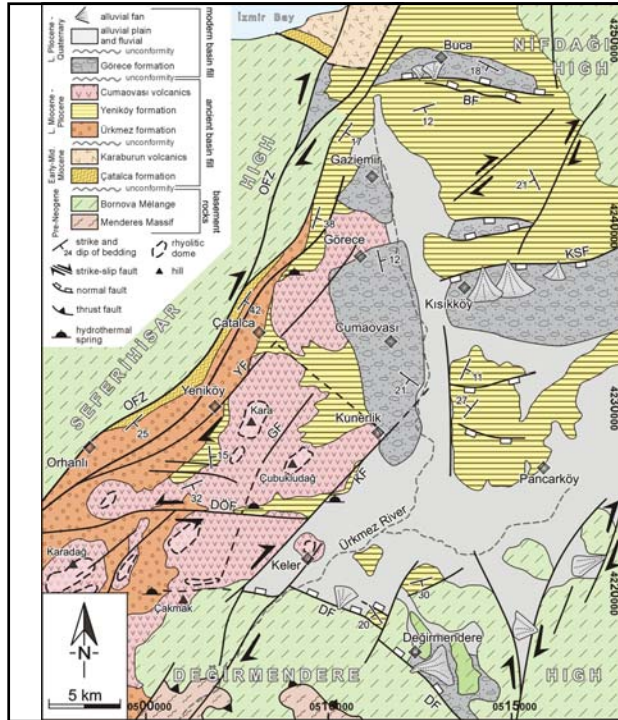
BATI ANADOLU'DA DOĞRULTU ATIMLI FAYLAR?



Izmir-Balikesir Transfer Zonu

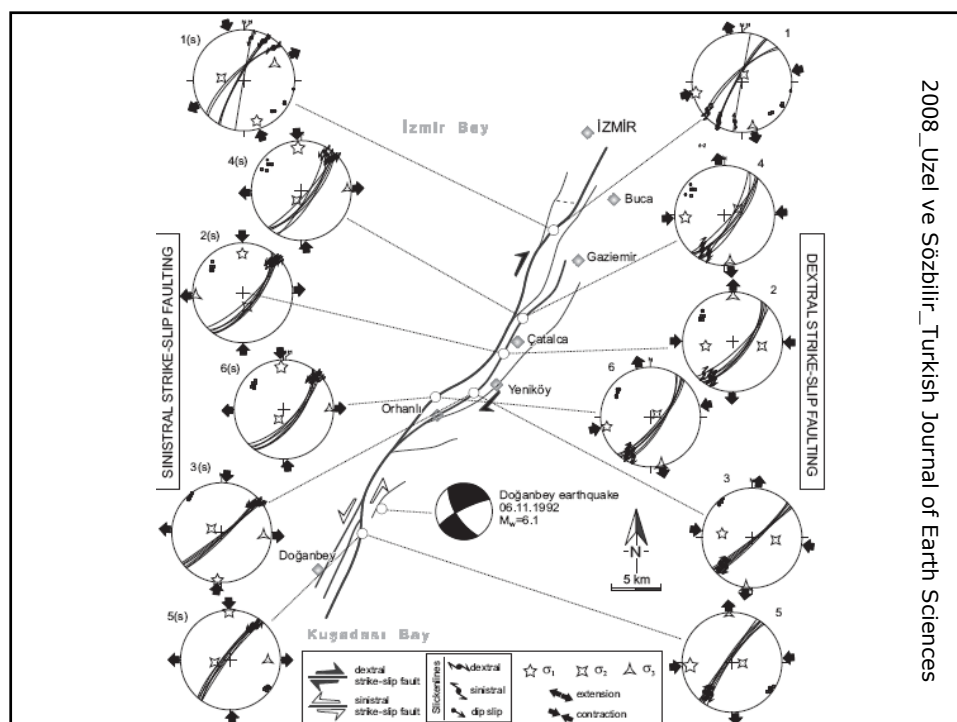
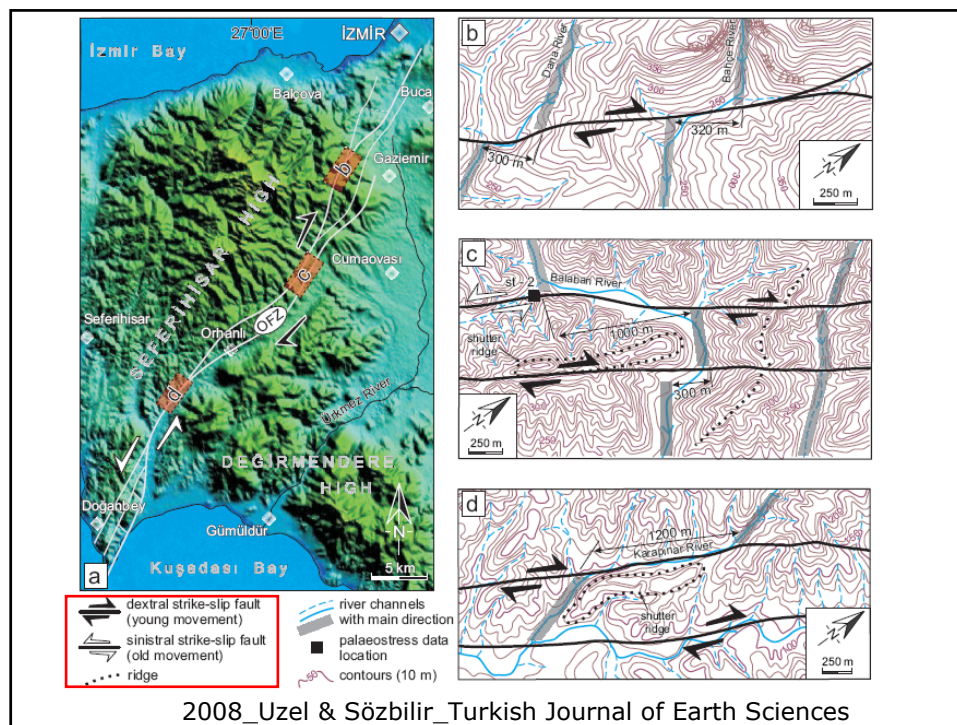
- D-B uzanımlı Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes grabenleri ile K-G genişlemeli tektonik rejimin etkin olduğu alanı batıdan sınırlar
- Bornova filizi'nin Geç Kretas döneminde çökeldiği tektonik ortam Okay ve Siyako (1991)
- Miyosen havzalar da bu zon içinde gelişmişlerdir: Akhisar çöküntüsü (Kaya 1979, 1981; Kaya ve diğerleri 2007).
- Ege ve Menderes Masiflerindeki farklı genişleme miktarları paleomagnetik veriler ile ortaya konur: Orta Miyosen'de Ege de saat yönünde, Anadolu da saatın tersi yönde (Kissel ve Laj 1988)

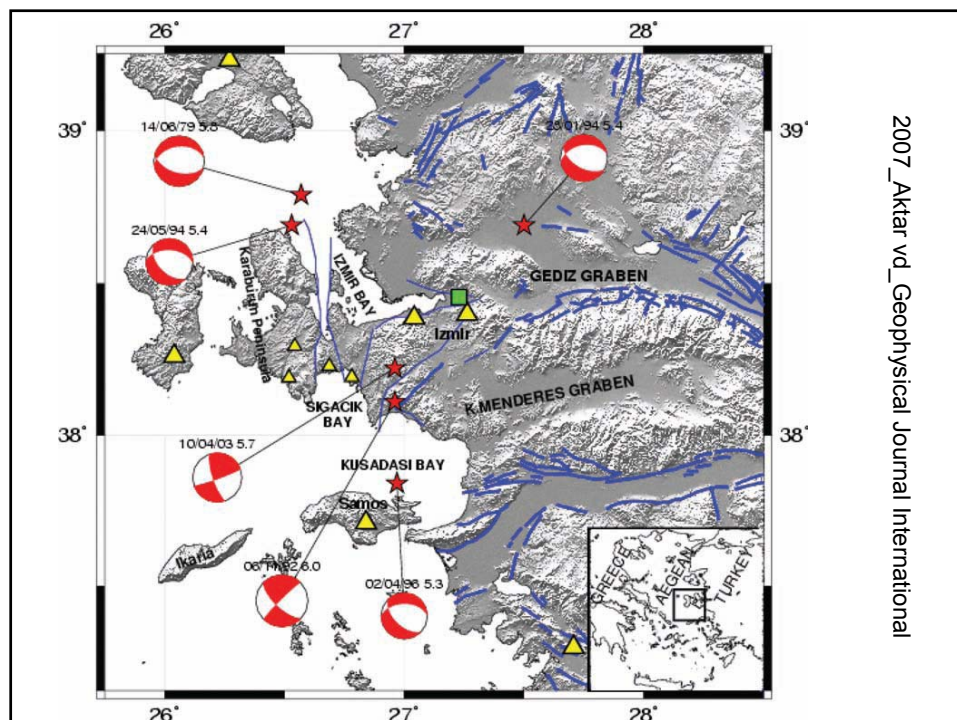
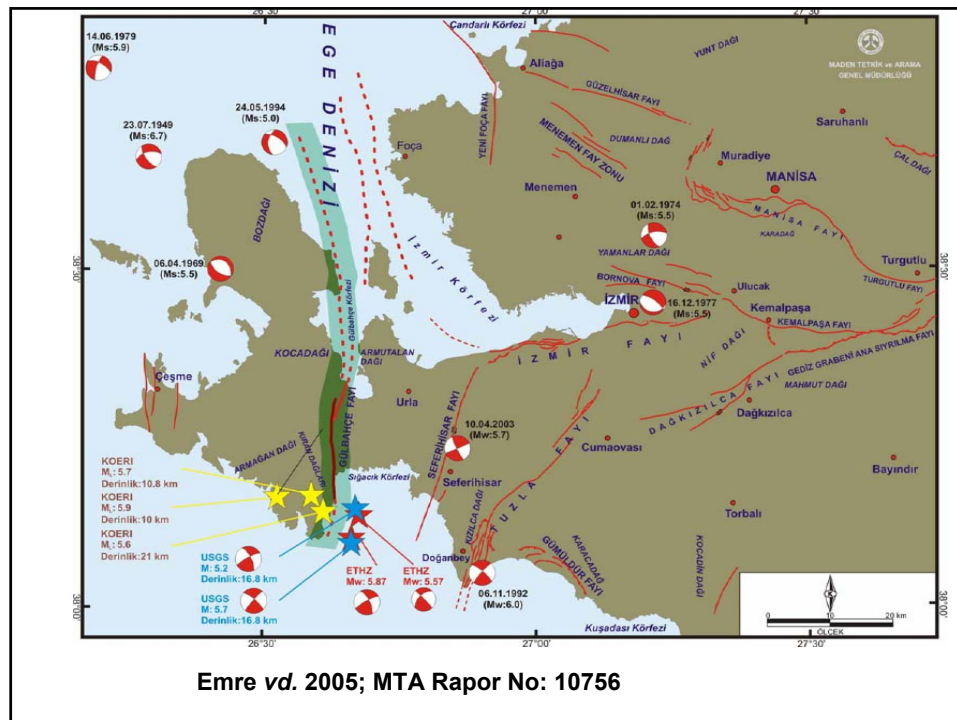
Sözbilir ve diğerleri 2011;

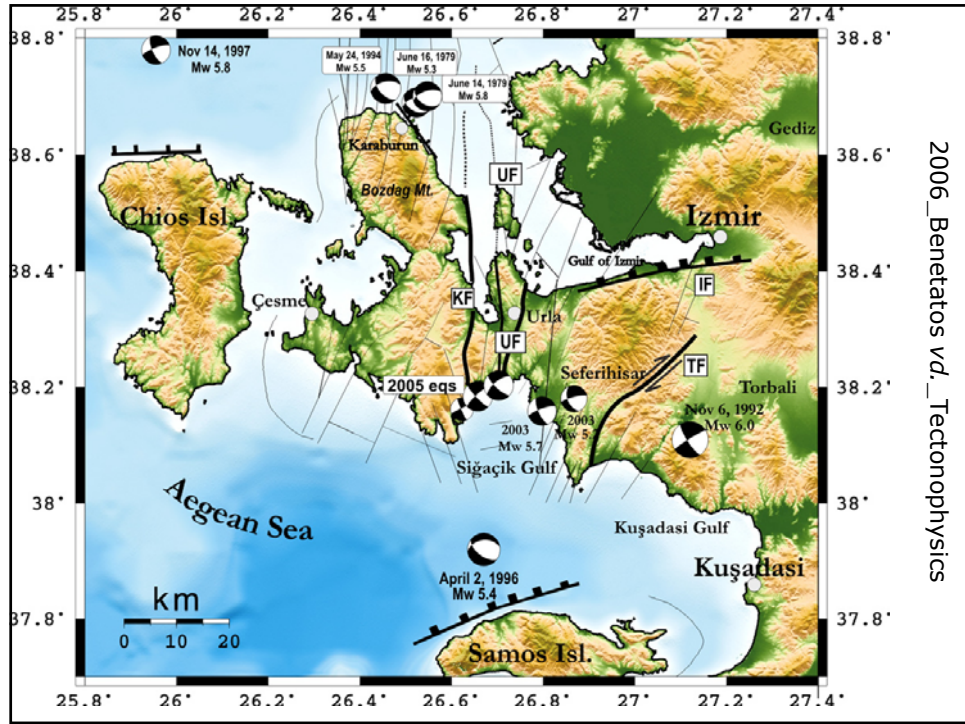


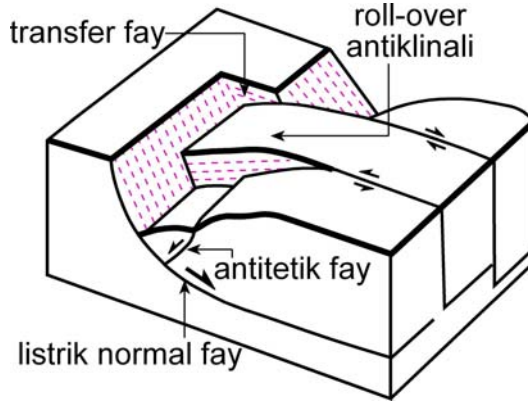
- Sol yanal bir doğrultu atımlı koridor ve Miyosen'den günümüze aktif (Ring ve diğerleri 1999)
- İzmir-Ankara kenedi bükülür ve ~150 km ötelenir
- Kuvaterner havzalar KD-GB uzanımlı doğrultu atımlı faylar ve bunlarla ilişkili D-B uzanımlı normal faylarla denetlenirler ve tipik doğrultu-atımlı fay (*rhombed*) havzalarıdır (Uzel ve Sözbilir 2005a, 2006b, Sözbilir ve diğerleri 2010)
- Sözbilir ve diğerleri (2003a, b): temeli etkileyen doğrultu atımlı ve normal fayların yeniden hareket etmesi

Uzel ve Sözbilir 2011;
Turkish Journal of Earth Scienc







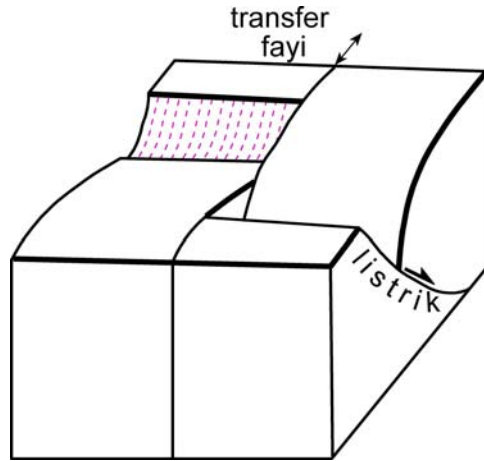


Transfer Faylar

Çoğunlukla doğrultu-atımlı fay karakterinde, dik veya dike yakın fay: farklı fay segment/zonlarının birbirine bağlar, hareketi transfer eder

Listrik fayların tavan bloğunda sentetik ve antitetik yapıların gelişmesi dışında **transfer faylar** adı verilen yapılar da gelişebilir:

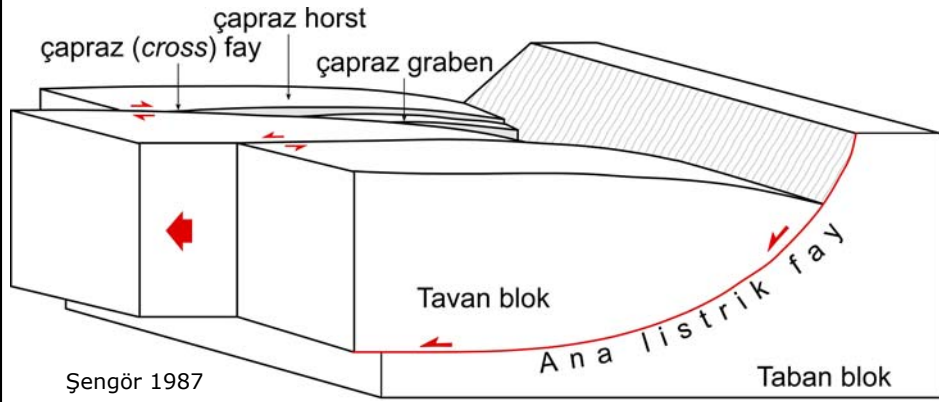
- Transfer faylar genişleme yönüne dik yapılar olarak gelişirler ve bağımsız davranan ayrı blokların oluşmasına yolaçarlar;
- Taban bloğu da keserler;
- Çoğunlukla doğrultu-atımlı yapılardır;
- ancak 'rollover' kıvrım zonunda, bu yapılar oblik niteliktedir.



Transfer faylar boyunca listrik fay kavisliğinin (içbükeyliği) yönü değişebilir!

Wernicke & Burchfield 1982

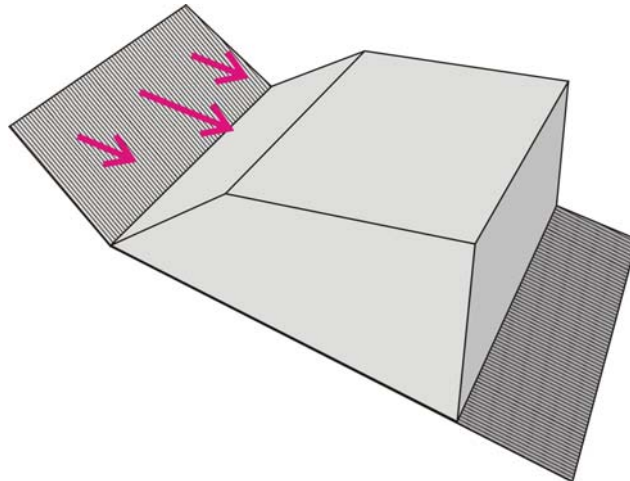
Çapraz Faylar



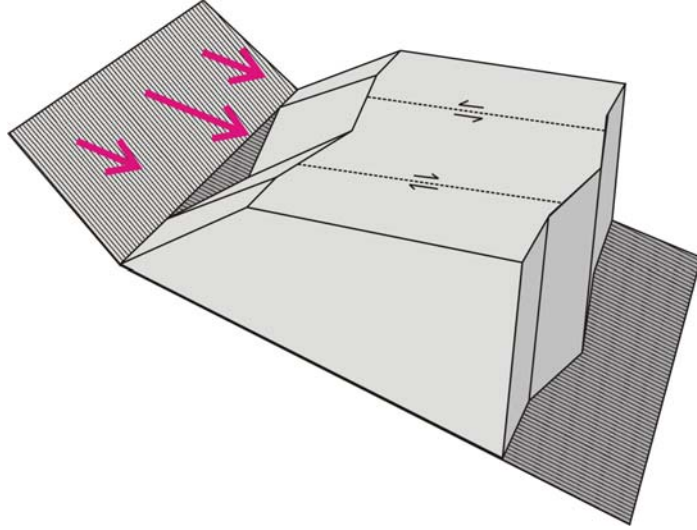
NEDEN ?

- stres değişimi sonucu, havzayı sınırlayan büyük listrik normal fay boyunca gerçekleşen hareketinde etkisiyle eski fayların yeniden hareket kazanması
- Tavan bloğunda farklı gerilme oranları

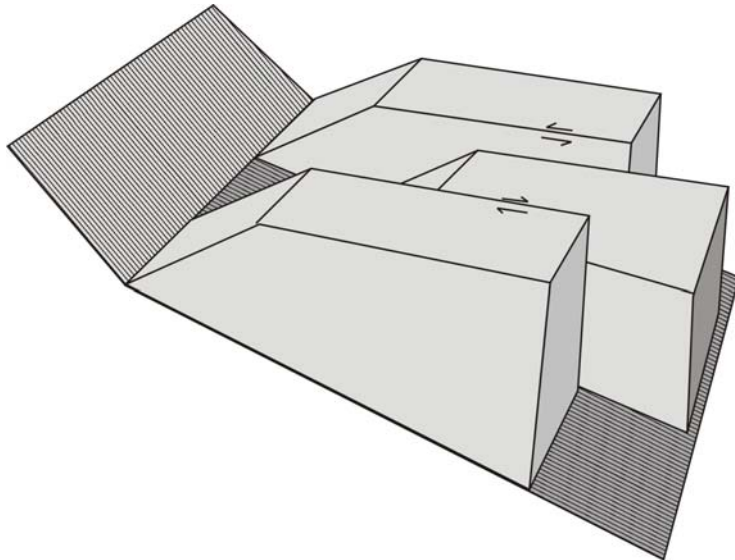
Çapraz Faylar / Grabenler



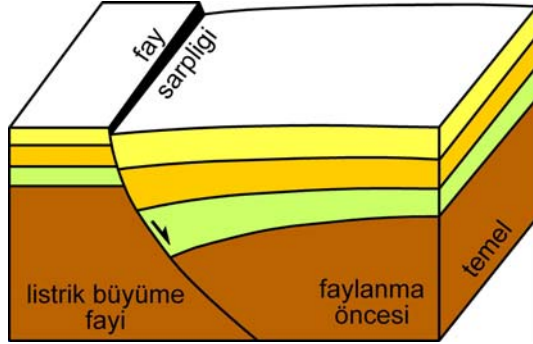
Çapraz Faylar / Grabenler



Çapraz Faylar / Grabenler



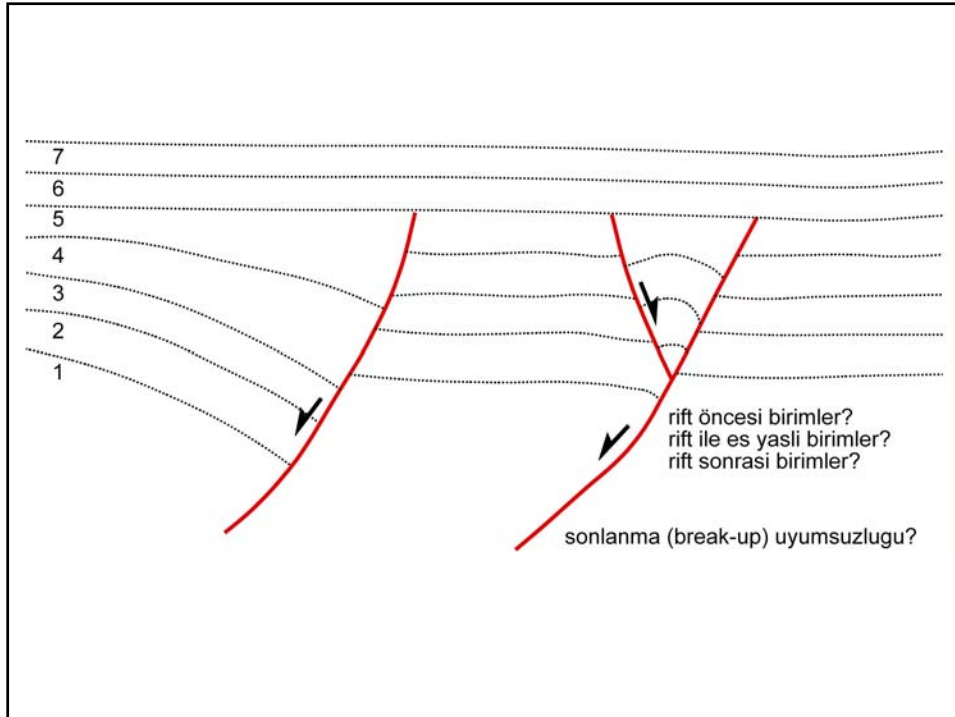
Yüzeye Ulaşan Listrik Büyüme Fayı ve Sedimentasyon

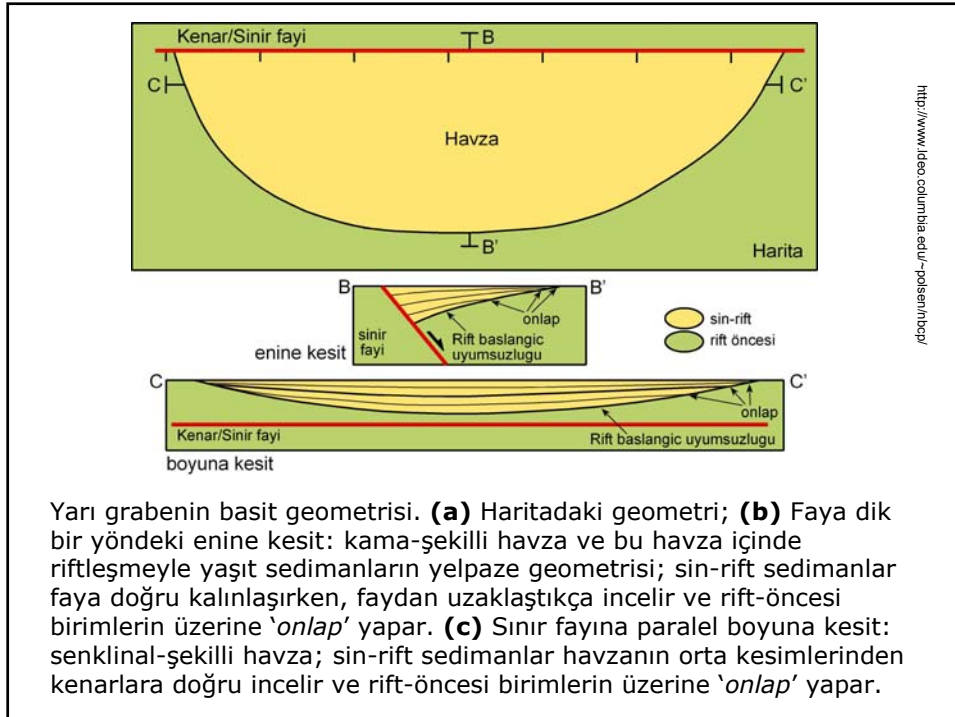
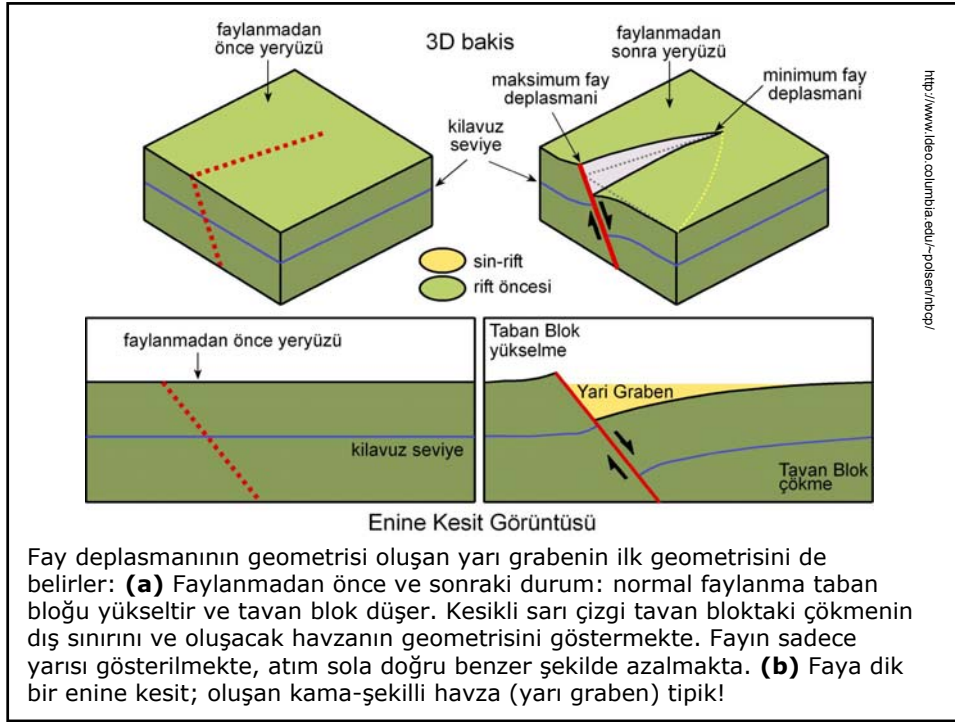


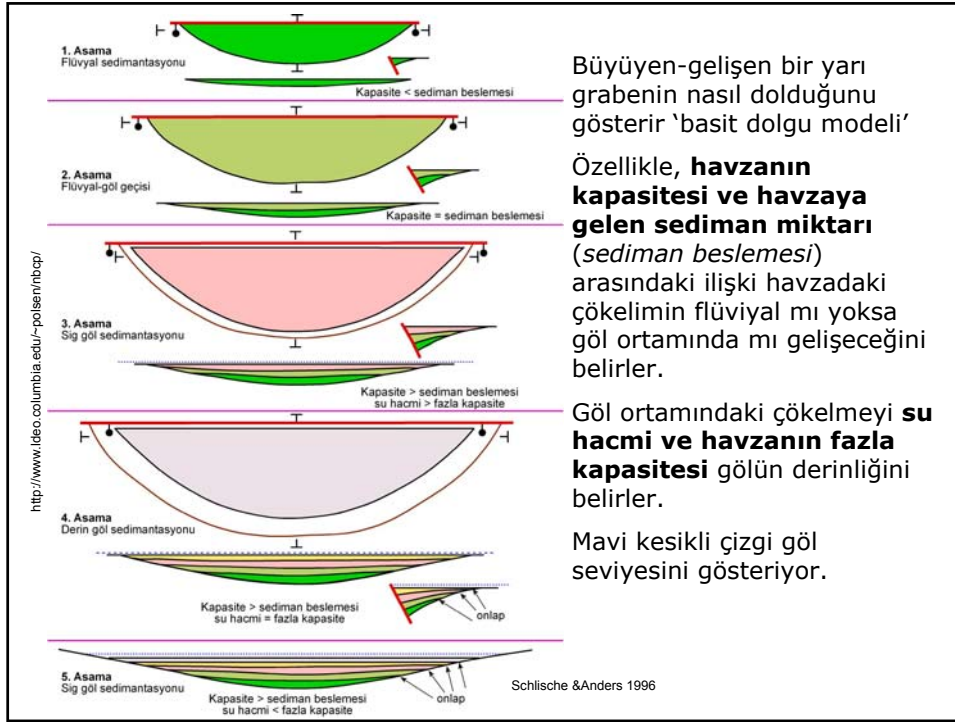
- Eşdeğer birimler, taban blokta ince fakat tavan blokta kalın;
- Tavan bloktaki birimler faydan (rollover antiklinalden) uzaklaştıkça inceler;

- Rollover yapısı içinde en yaşlı birimler en yüksek eğime sahipken, birimler gençleştikçe eğim açısı da azalır → tabaka fanı oluşur;
- Taban vs tavan blok: geniş zamana yayılmış fay hareketleri çökel dağılımını etkilemez, ancak aktif faylanma her iki blokta büyük stratigrafik farklılıklar yaratabilir!

Wernicke & Burchfiel 1982





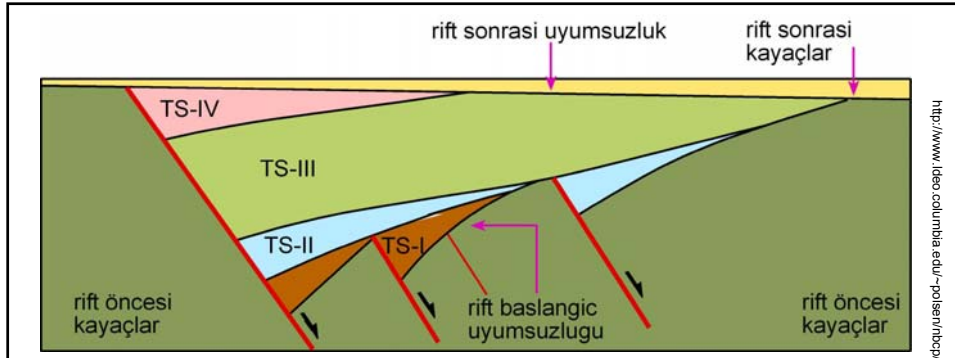


Büyüyen-gelişen bir yarı grabenin nasıl dolduğunu gösterir 'basit dolgu modeli'

Özellikle, **havzanın kapasitesi ve havzaya gelen sediman miktarı** (*sediman beslemesi*) arasındaki ilişki havzadaki çökelimin flüviyal mı yoksa göl ortamında mı gelişeceğini belirler.

Göl ortamındaki çökelmeyi **su hacmi ve havzanın fazla kapasitesi** gölün derinliğini belirler.

Mavi kesikli çizgi göl seviyesini gösteriyor.



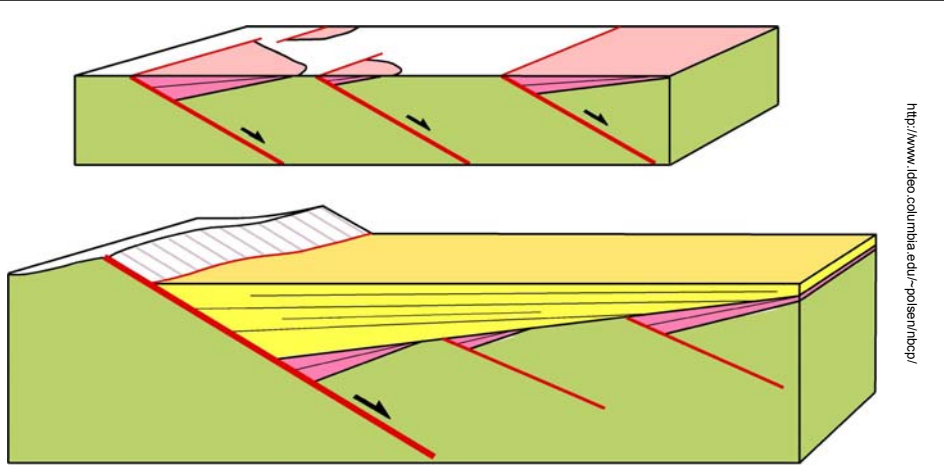
İdeal rift havzası ve uyumsuzluklarla sınırlı tektonostratigrafik paketler:

TS-I: belki *sinrift* çökeli? dolayısıyla bu şekildeki geometri yanlış olabilir;

TS-II: kama-şekilli ve daha çok izole birim

TS-III ve TS-IV: genişleme oranındaki artışa bağlı olarak oluşan birimler

Olsen (1997)



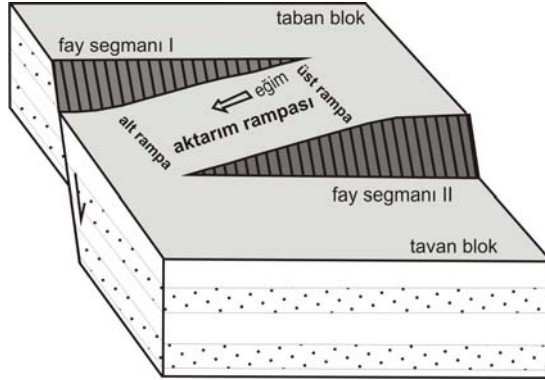
Rift havzasının evrimindeki aşamalar: Riftleşmenin ilk aşamaları genelde bir çok küçük ve izole normal faylar ile karakterize olur. Early rifting associated with several minor, relatively isolated normal faults. Rift havzasının olgunlaştığı aşamalarda deformasyon genelde küçük yapıların birleşerek oluşturdukları büyük ölçekli fay boyunca gelişir: taban blok yükselir ve aşınmanın merkezini oluştururken, tavan bloğunda yaygın-etkin sedimantasyon eş zamanlı olarak devam eder.

AKTARIM RAMPALARI (RELAY RAMPS)

Normal Faylar genişlemeli tektonizmanın en önemli yapısal unsurlarıdır.

NF'lar 100 km den daha uzun alanlarda gelişeler de, aslında üst üste gelmiş (*overstepping*) ve bağlanmış (*linked*) faylardan oluşur.

Harita görüntüsünde üst üste gelmiş iki normal fay segmanının arasında kalarak deforme olmuş ve eğimlenmiş kaya kütlelerine '**aktarım rampası**' denir (*transfer zone*).



relay ramp

Eğer iki fay segmanı da aynı yöne eğimli ise '**sintetik transfer zonu**'

Aktarım rampalarının genişliği mm ölçeğinden onlarca-yüzlerce kilometre arasında değişir.

Normal faylar genelde çok sayıda kısa fakat üst üste bindirmiş (*en echelon*) fay segmanlarından oluşurlar:

Üst üste gelmiş bindirimli faylar arasında çok farklı geometriler oluşabilir:

(1) Yumuşak bağlanan '**soft-linked**' faylar: segmanları birbirlerine bağlayan yeni bir fayın (*breaching fault*) **gelişmediği** durumlar için kullanılan terim ve 'aktarım rampası'nda dağılmış bir deformasyon gelişir.

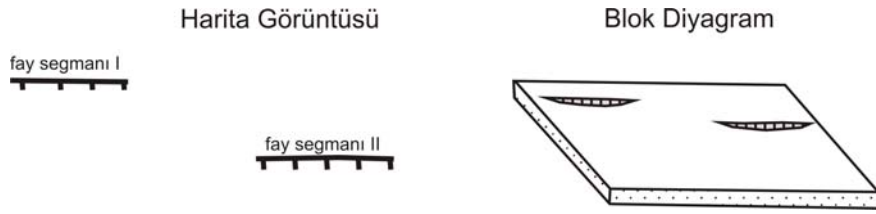
(2) birleşik/bağlanmış '**hard-linked**' faylar: segmanları birbirlerine bağlayan yeni bir fayın (*breaching fault*) **geliştiği** durumlar için kullanılan terim

'*soft-linked*' segmanlar zamanla fayların evrimi süresinde birleşerek bağlanmış fay konumunu alırlar.

Dört Farklı Aşama:

I. Aşama

Birinci aşamada, fay segmanları izole yapılar olup, aralarındaki etkileşim ya çok ya da gelişmemiş.



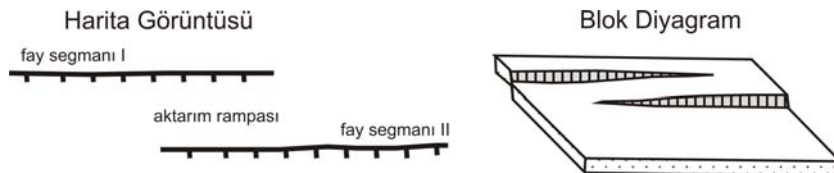
Çiftçi & Bozkurt 2007

II. Aşama

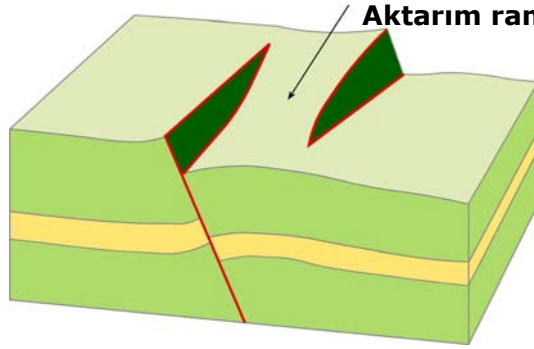
faylar birbirlerine doğru ilerledikçe üst üste gelmeye (örtüşmeye) başlar ve aralarında etkileşim gelişir;

'aktarım rampaları' bir fayın taban bloğunu diğer fayın tavan bloğunu birbirine bağlar

Dolayısıyla hareket aktarım rampalarında gelişen lokal deformasyon ile bir faydan diğerine transfer edilmiş olur (**transfer zonu**).



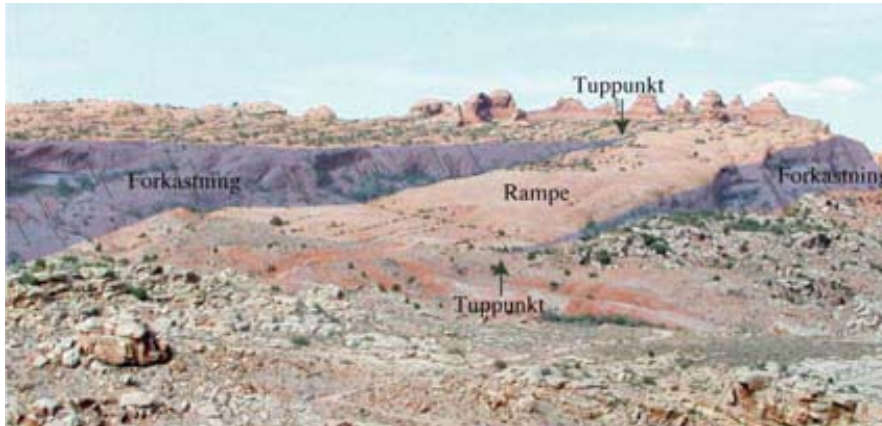
Çiftçi & Bozkurt 2007



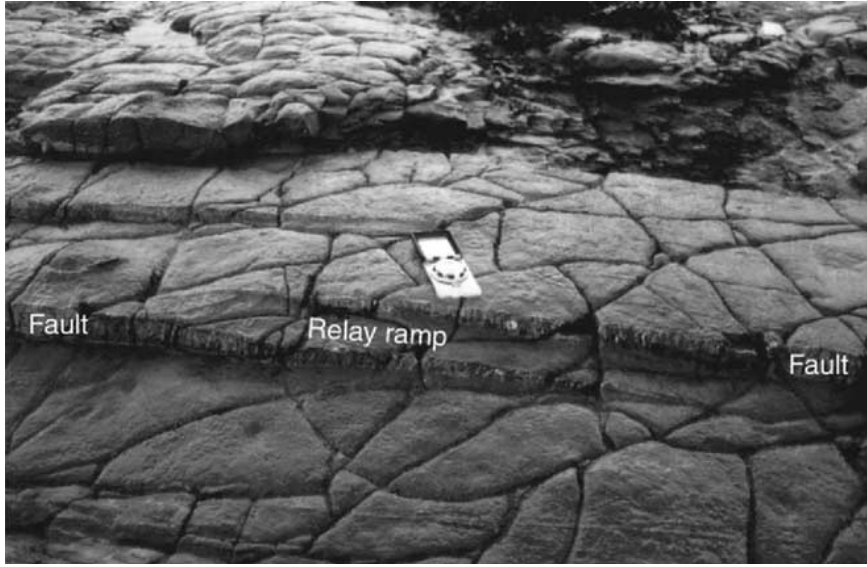
Aktarım rampası (relay ramp)

Harita görüntüsünde yumuşak bağlanan (soft-linked) faylar

Fayın biri kaybolduğunda diğeri başlıyor!



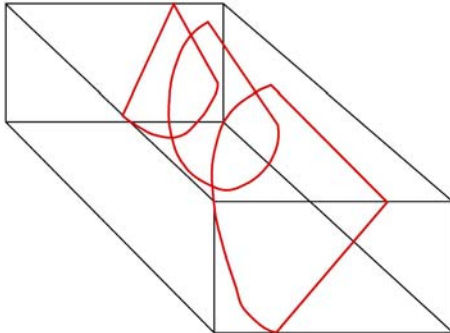
cavern.uark.edu/~pjansma/structure_pdf/geol3514_07_normal_strikeslip_07.pdf



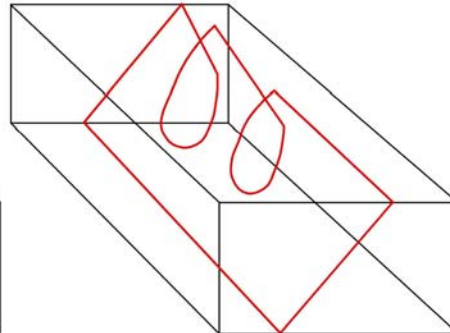
Hus vd 2005

harita görüntüsü

kademeli (*en echelon*) faylar

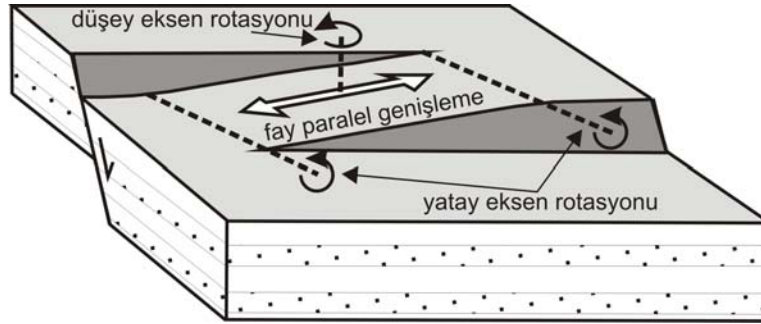


kademeli (*en echelon*)
ayrılan (*branching*) faylar



Aktarım rampalarında hareketin transfer edilmesi üç farklı şekilde gelişir:

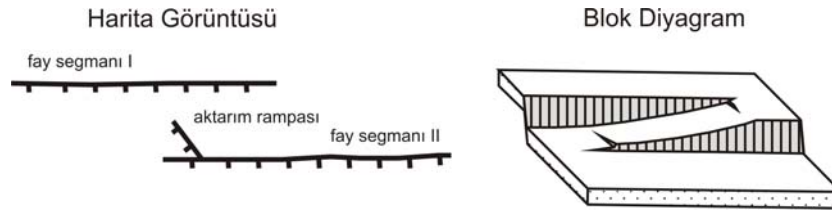
- (1) **Düşey eksen etrafında rotasyon**: aktarım rampasını sınırlandıran faylar boyunca gelişen açılma (*heave*) gradyanının dengelemek için;
- (2) **Yatay eksen etrafında** (bir veya iki eksen) **rotasyon**: aktarım rampasını sınırlandıran faylar boyunca gelişen düşme (*throw*) gradyanlarını dengelemek için $\rightarrow$ eğimlenme (*tilting*)
- (3) enine (transverse) faylanma ve kırılmalar: faya paralel genişlemeyi dengelemek için.



Çiftçi & Bozkurt 2007

III. Aşama

Biriken eğimlenme, düşey eksen rotasyonuna bağlı olarak aktarım rampasında kırılma başlar.

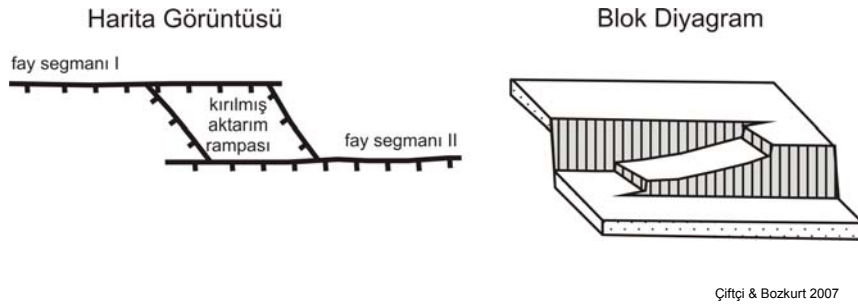


Çiftçi & Bozkurt 2007

IV. Aşama

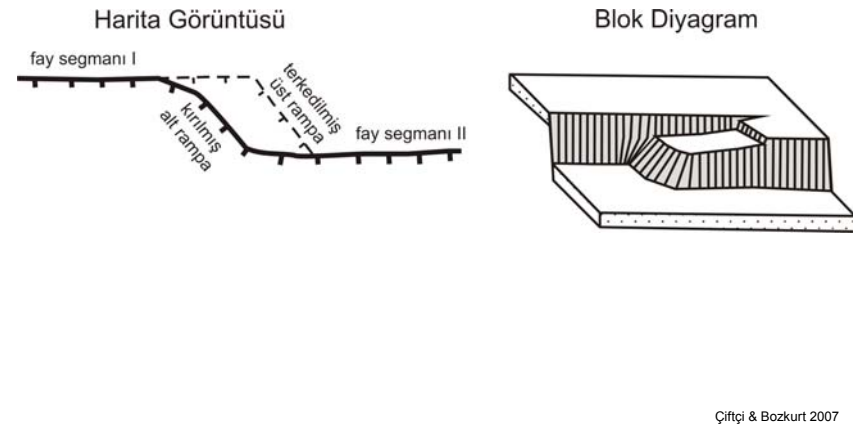
Sonunda 'aktarım rampası' bir fay tarafında kırılır (*breaching fault*) ve üst üste gelmiş iki fay segmanı birbirine bağlanır (*hard linking*): fay doğrultusu boyunca kısa, bir dirsek (büküm) gelişir.

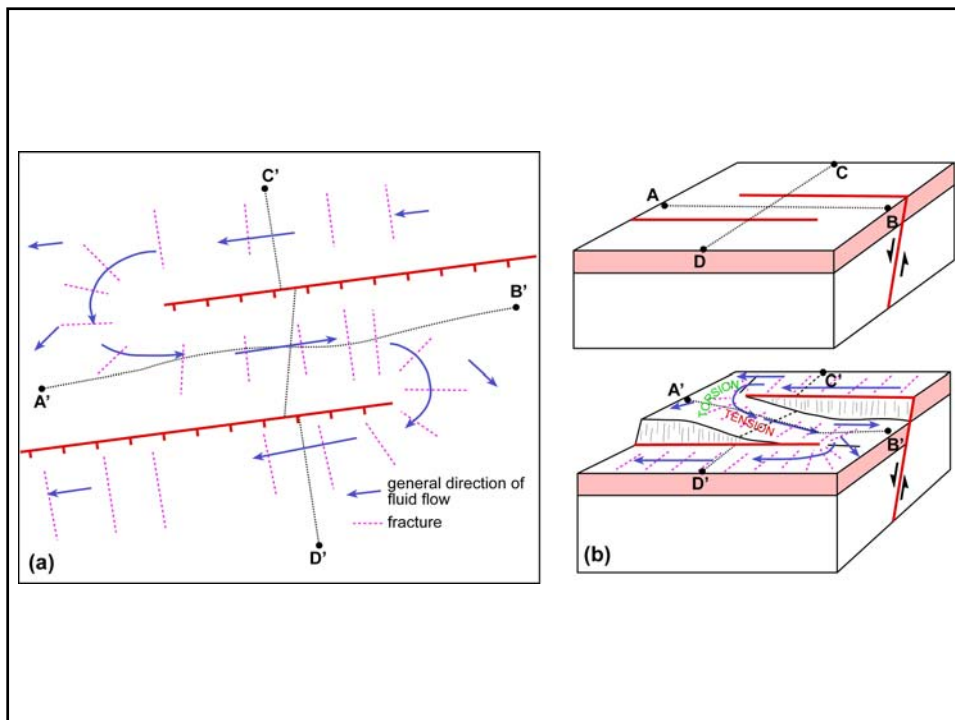
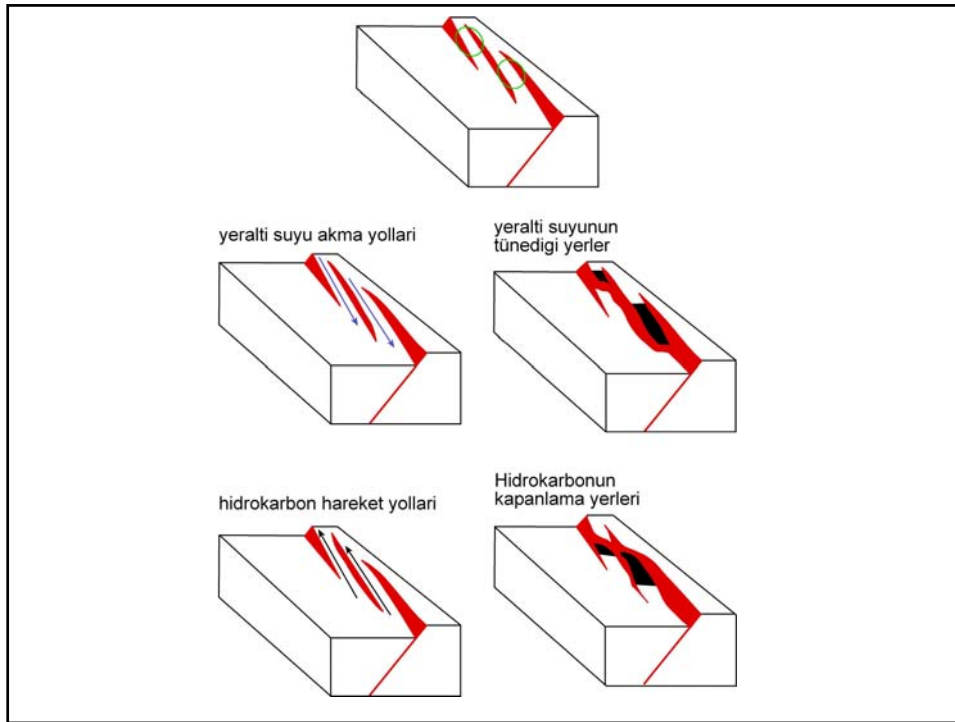
Aktarım rampasının kırılmasının en önemli nedenleri iki fay arasında kalan rampa bölgesindeki kayma vektörleri ve deplasman gradyanıdır.



IV. Aşama

Stres koşullarına bağlı olarak yeni fay oluşumu rampanın üst kesimlerinde olacağı gibi alt bölümde de gelişebilir; diğer kesim terk edilir.







70







Kuşadası Fayı



Kuşadası Fayı



Kuşadası Fayı





Efes Fayı



Efes Fayı

