

# PALEODEPREMLERİ TANIMA KRİTERLERİ



Stratigrafi



Sedimentoloji

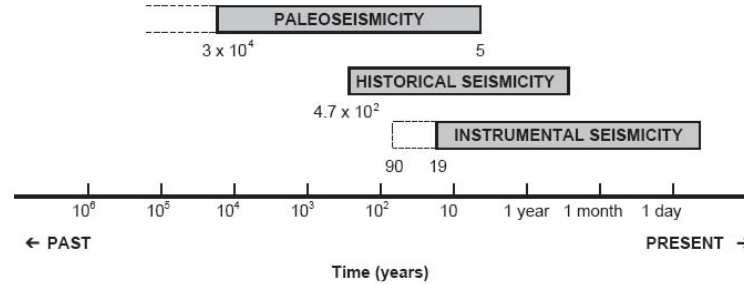


Yapısal Jeoloji

**Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Jeoloji Mühendisliği Bölümü**  
**DEPREM JEOLJİSİ**

# 1. Terminoloji

## PALEOSİSMOLOJİ



Audemard, F.A., 2005

Paleosismoloji; **eski depremlerin yerleri, zamanları ve oluşum mekanizmalarını araştıran** bir bilim dalıdır. Bu bilim dalının amacı, aletsel dönem öncesinde deprem üretmiş olan fayların **sismik geçmişlerini ve sismik potansiyellerini** belirlemektir. Bu amaç kapsamında yürütülen hendek açma çalışmaları ile eski depremlerin yeri, yolaçtığı tahribatların büyüklüğü, tekrarlanma aralıkları ve incelenen fayın gelecekte üretebileceği deprem zamanı ve büyüklüğü konusunda **tahminde bulunulabilir.**

(Sözbilir, FBE sayfası)

Paleosismoloji; jeolojik birimlerde iz bırakan tarih öncesi depremleri yer, zaman ve büyüklük olarak inceleyen bir yöntemdir.

(McChaplin, 1996)

Paleosismoloji uygulamaları; **tarihteki** büyük depremlerin analiz edilerek elde edilen verilerle **gelecekteki** sismik aktivitelerin yorumlanması ilkesine dayanır.

(Wallace, 1981; Sieh, 1981; McChaplin, 1996)

## 2. Paleosismolojik Araştırmalarda Kullanılan Veriler

**BİRİNCİL VERİLER**  
**SİSMOTEKTONİK**

**PALEOSİSMOLOJİK**  
**ÇALIŞMALAR**

**İKİNCİL VERİLER**  
**SİSMO-**  
**GRAVİTASYONEL**

Depremlerle ilişkili faylar boyunca yerdeğiştirme sonucu oluşan deformasyonlar

Depremlerin etkisi ile oluşan yer sarsıntısı sonucu meydana gelen deformasyonlar

**Jeomorfolojik - Yüzey Şekilleri**

Fay Dikliği  
Çatlak  
Kıvrım  
Basınç Sırtı  
Eđimlenme

Heyelan  
Sıvılaşma Yapıları (Kum Volkanı)  
Devrilmiř Ađađlar

**Stratigrafik - Çökel Şekilleri**

Faylanmıř Tabaka  
Kıvrımlanmış Tabaka  
Tsunami izi

Kum Daykları  
Sinsedimanter Yapılar

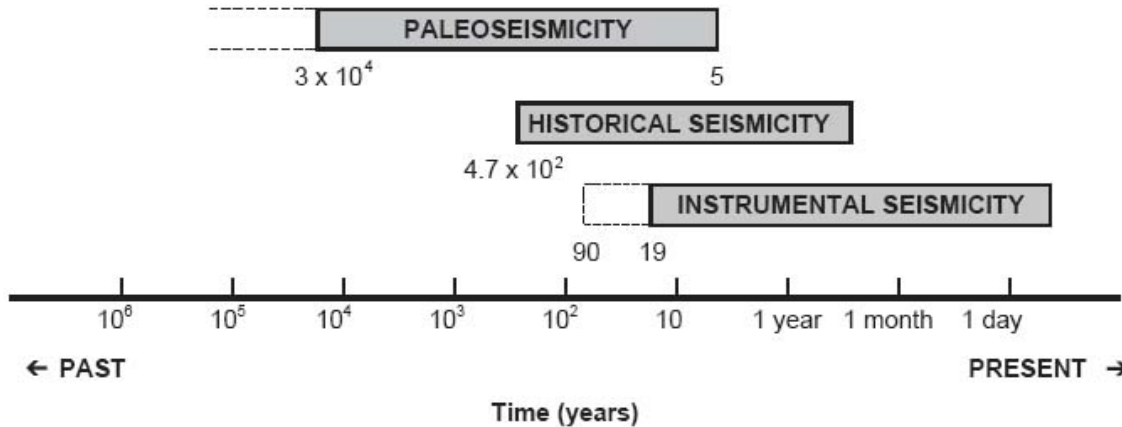
# Paleosismoloji jeolojik zaman aralığı

0-10 <sup>1</sup>	microearthquake networks
0-10 <sup>2</sup>	instrumental seismology
0-10 <sup>3</sup>	historical seismology
0-10 <sup>4</sup>	paleoseismology including archeoseismology
0-10 <sup>5</sup>	paleoseismology and neotectonics
0-10 <sup>6</sup>	neotectonics

Michetti, A.M. & Hancock, P.L., 1997

## 10.000 yıl - Günümüze Paleosismoloji

Demirtaş, R,2000



Audemard, F.A.,2005

## 1. AŞAMA – KAYNAKÇANIN DERLENMESİ VE KRİTİK SENTEZLER

Konu: Son deformasyonların varlığının tanımlanması ve bunların zamansal ve yersel açısından karakterize edilmesi

Metod: Mevcut olan bütün veri kaynaklarından konu ile ilgili bilgi toplama  
1. Jeolojik haritalar ve bildiriler 2. Aşağıdaki bilim dallarından yayınlanmış bilgiler

**\*Tektonik**

- Herhangi bir ölçüde tektonik veriler, kıta içi yada kıtalararası
- Mikrotektonik ve neotektonik

**\*İklim Durmu ve Jeomorfoloji**

- Aktif faylanmanın oluşturduğu yüzey şekilleri (Tektonik jeomorfoloji)
- Erozyonel/çökeltme yüzeyleri
- Antecedencia/superimposition (önce gelen malzemenin altta olması)
- Diversion/capture (yerdeğiştirme/İkisel özelliğinin korunması)
- Yüzeyşekilleri arasındaki zaman/yer ilişkisi

**\*Stratigrafi**

- Tektonik-Sedimentasyon etkileşmesi
- Sedimanter birimler arasındaki zaman/yer ilişkisi

**\*Sedimentoloji**

- Sedimanların jeodinamik yerleşmeleri ve kaynağı

**\*Paleontoloji**

- Kronolojik dizilim

**\*Jeokronoloji**

- Mutlak kronoloji
- Paleomagnetizma

**\*Jeofizik-yeraltı verisi**

- Sismik yansıma: sığ ve orta derinlik yapıları
- Geniş-açılı veriler: daha derindeki yapılar
- Magnetik: Temel geometrisi
- Gravite: Temel geometrisi
- Isı akışı verileri (Kabuksal rheology)
- Hidrojeoloji: akiferin sıcaklık anomalileri ve geometrisi
- Kuyu logu: yapısal ve sedimanter loglamalar
- Çekirdek analizi: sedimanter loglama ve jeolojik ortam, göreceli ve mutlak yaş
- Sondaj ve diğer "in situ" ölçümler

**\*Hidrotermalizm**

- Kaynak suyu dağılımı ve faylanma ile ilişkisi
- Sıcaklıklar ve mineralizasyon

## 2. AŞAMA – UYDU GÖRÜNTÜLERİ &amp; HAVA FOTOĞRAFLARINI YORUMLANMASI

Konu:

- Yüzeysel faylanma ve ilgili yeryüzü şekilleri
  - Faylanma ile ilişkili Neojen ve Kuvaterner çökeller
  - Erozyonel yüzeyler (Peniplanations ve diğerleri)
  - Çökeltme yüzeyleri (alüvyal veya denizel taraçalar, ve diğerleri)
  - Kütle kaybı
  - Fay sınıflaması için kullanılabilecek diğer çizgisel yada düzlemsel işaretler
  - Paleosismik verilerin (Yüzeysel faylanma, sıvılaşma, kıyı çizgisi yükselimi, tsunami vs.) saklanabileceği uygun alanlar
- Son (Kuvaterner) tektonik deformasyonların, deprem yüzey etkilerinin ve fayları karakterize etmek ve tanımlamak için gerekli.

## 3. AŞAMA - ARAZİ KEŞFİ

Konu:

- İlk iki aşama evresinde toplanan verilerin arazide kontrol edilmesi
  - Kuvaterner faylanması, kıvrımlanması, ve depremlerin yüzey etkileri hakkında elde edilen yeni verilerin eklenmesi
- Metod: Çalışma alanında detaylı jeomorfolojik analizler ve jeolojik araştırmalar yapmak
- Son (Kuvaterner) tektonik deformasyonların, deprem yüzey etkilerinin ve fayları karakterize etmek ve tanımlamak için gerekli

NEOTEKTONİK SENTEZ  
segmentlenme ve fayların  
haritalanması

**SİSMİK LANDSCAPE MODEL**

Yorumlanmış olan potential ve kaynak parametrelerini  
Paleosismolojik veriler ile karşılaştır

SİSMOTEKTONİK SENTEZ  
Maksimum potential e.g., kaynak  
parametreleri

Olası paleosismik verilerin tanımlanması  
Olası hendek yerlerinin belirlenmesi

Hendek Yer(ler)i seçimi

Hendek çalışmaları

PALEOSİSMOLOJİK YORUM

## EQ VERİ ANALİZİ VE KORELASYON

- Tarihsel dönem sismolojisi
- Aletsel dönem sismolojisi
- Deprem yüzey etkileri üzerine raporlar
- Aynı döneme ait deprem analogları
- Odak mekanizmaları çözümleri

Deprem Sayısı

Kayma Hızı

Yineleme Süresi

Son Büyük  
Depremden  
Sonra Geçen  
Zaman Miktarı

Kayma Miktarı

Deprem  
Büyüklüğü

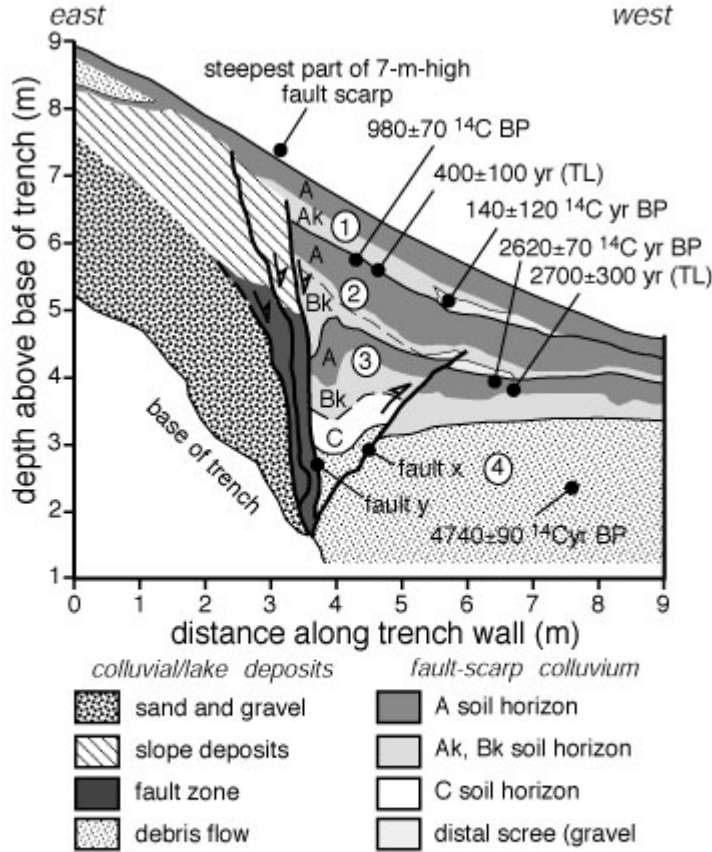


Figure 6.4: Record of normal faulting along the Wasatch fault bounding the Wasatch Range near American Fork Canyon, Utah

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.

Deprem Horizonu: Bir paleodeprem zamanında zemin yüzeyini teşkil eden stratigrafik seviye, genellikle bir depremin horizonu olarak kabul edilir. Deprem horizonlarının belirlenmesi ve yaşlandırılması paleosismoloji çalışmalarının en kritik safhasıdır.

Kolüvyal kama: deprem sonrası tortulları temsil eder, deprem horizonu kamanın tabanında yer alır. Kolüvyal kamayı oluşturan birimler, depremden sonraki bir yaşa sahiptir ve örttüğü tortul deprem öncesi bir yaşa sahiptir.

Deprem Sayısı

Kayma Hızı

Yineleme Süresi

Son Büyük  
Depremden  
Sonra Geçen  
Zaman Miktarı

Kayma Miktarı

Deprem  
Büyüklüğü

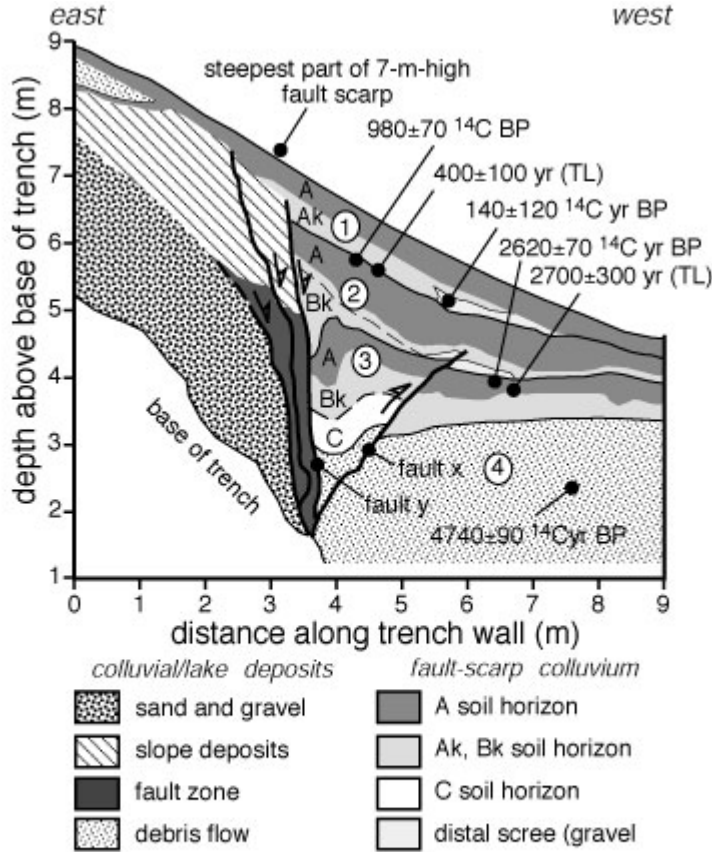


Figure 6.4: Record of normal faulting along the Wasatch fault bounding the Wasatch Range near American Fork Canyon, Utah

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.

Yineleme süresi, aynı fay segmenti üzerinde oluşmuş en az iki deprem arasındaki ortalama zaman aralığını temsil eder. Fayda her bir depremi tanımlamak yada yaşlandırmak mümkün olmadığında, bu parametre, kayma hızından ve her bir depremde oluşan kayma miktarından hesaplanabilir. Bu durumda ortalama yinelenme süresi, beklenen kayma miktarını meydana getiren bir deprem esnasında açığa çıkacak yeterince deformasyonun birikmesi için gerekli zaman olarak kabul edilir. Sonra her bir depremde oluşan kayma miktarı kayma hızına bölünerek ortalama tekrarlanma zamanı elde edilir.

Deprem Sayısı

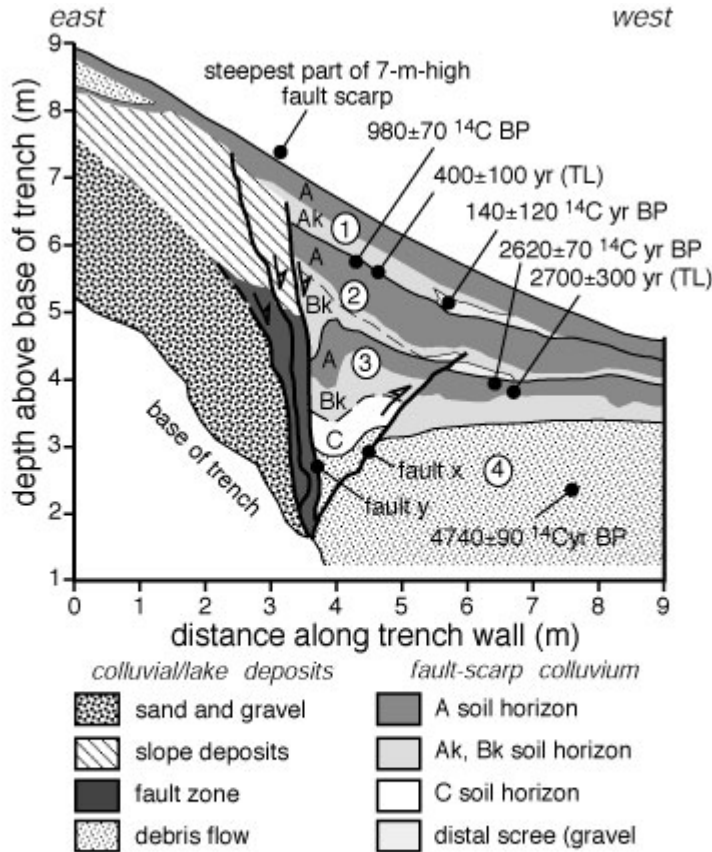
Kayma Hızı

Yineleme Süresi

Son Büyük Depremden  
Sonra Geçen  
Zaman Miktarı

Kayma Miktarı

Deprem  
Büyüklüğü



Son büyük depremden sonra geçen zaman miktarı belirli bir fay boyunca son büyük depremden sonra geçmiş zaman miktarını ifade eder. Bu zaman miktarı ortalama yinelenme zamanına yakın yada daha büyük ise tehlike açısından kritik bir anlam taşır.

Figure 6.4: Record of normal faulting along the Wasatch fault bounding the Wasatch Range near American Fork Canyon, Utah

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.



Deprem Sayısı

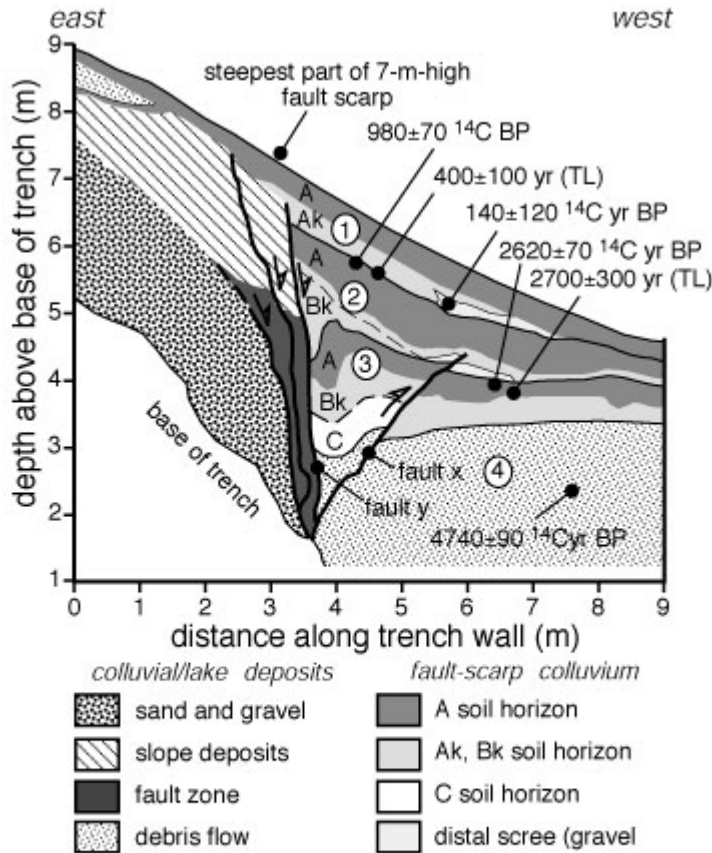
Kayma Hızı

Yineleme Süresi

Son Büyük  
Depremden  
Sonra Geçen  
Zaman Miktarı

Kayma Miktarı

Deprem  
Büyüklüğü



Bu parametre, tek bir deprem tarafından meydana getirilen eş-sismik kayma miktarını ifade eder ve deprem sırasında açığa çıkan enerjiyi temsil eder. Bu kayma miktarı, sadece bir deprem tarafından meydana getirilmiş yatay ve düşey bileşenleri ifade edildiği zaman değerlendirilebilir.

Figure 6.4: Record of normal faulting along the Wasatch fault bounding the Wasatch Range near American Fork Canyon, Utah

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.

Doğrultu atımlı faylarda hendek tipi



Fay sarpıklıklarına dik ve paralel olarak

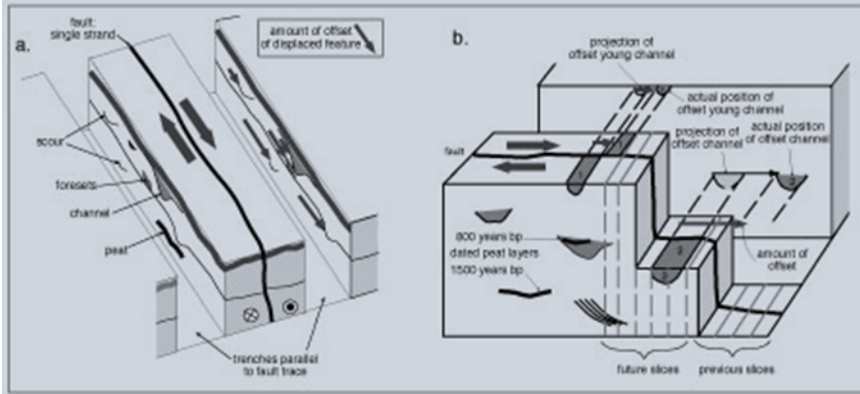
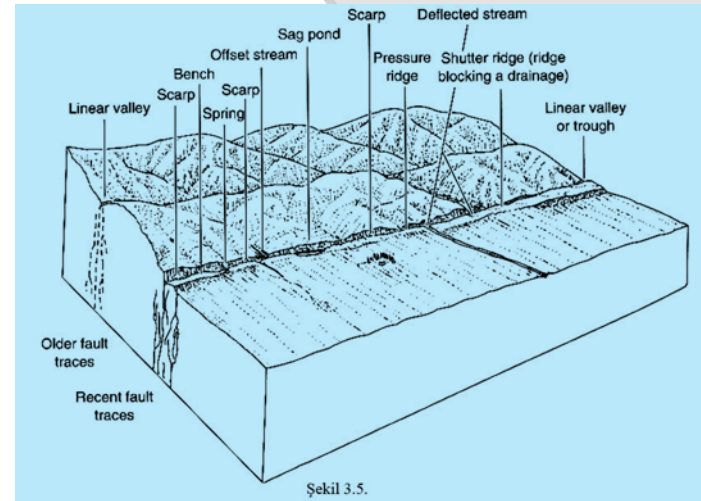
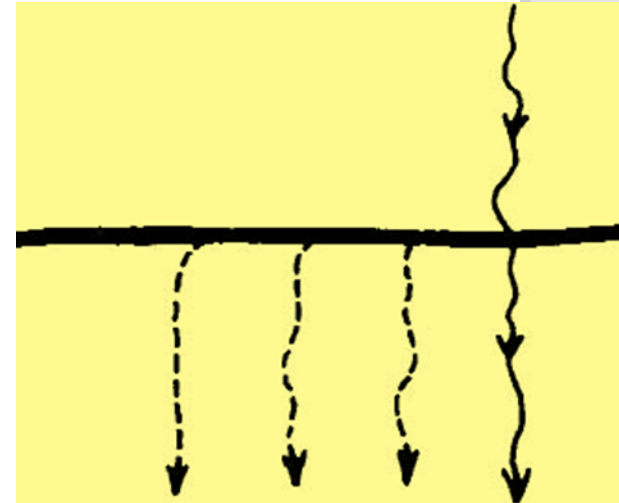
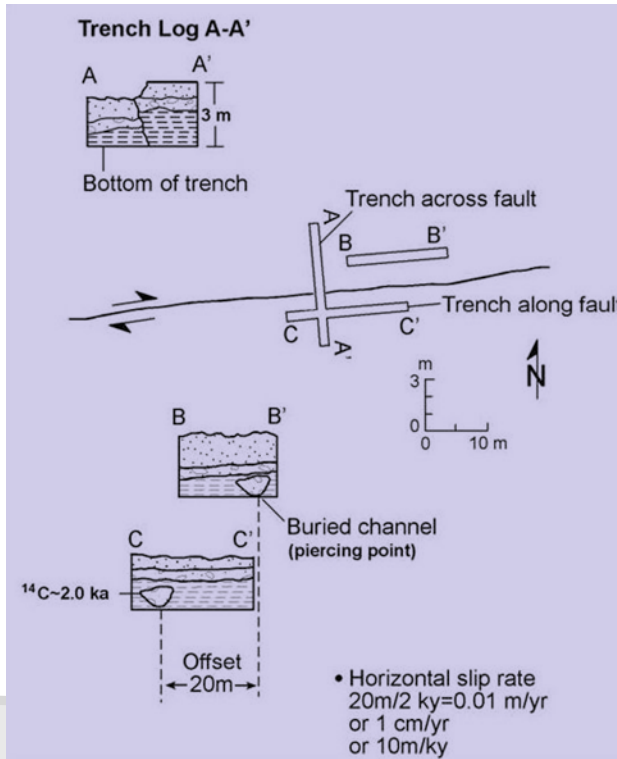


Figure 6.1: Trenches on a strike-slip fault.

Copyright © 2001 Douglas Burbank and Robert Anderson. This figure may be downloaded and used for teaching purposes only. It may not be reproduced in any publication, commercial or scientific, without permission from the publishers, Blackwell Publishing, 108 Cowley Road, Oxford OX4 1JF, UK.



Şekil 3.5.



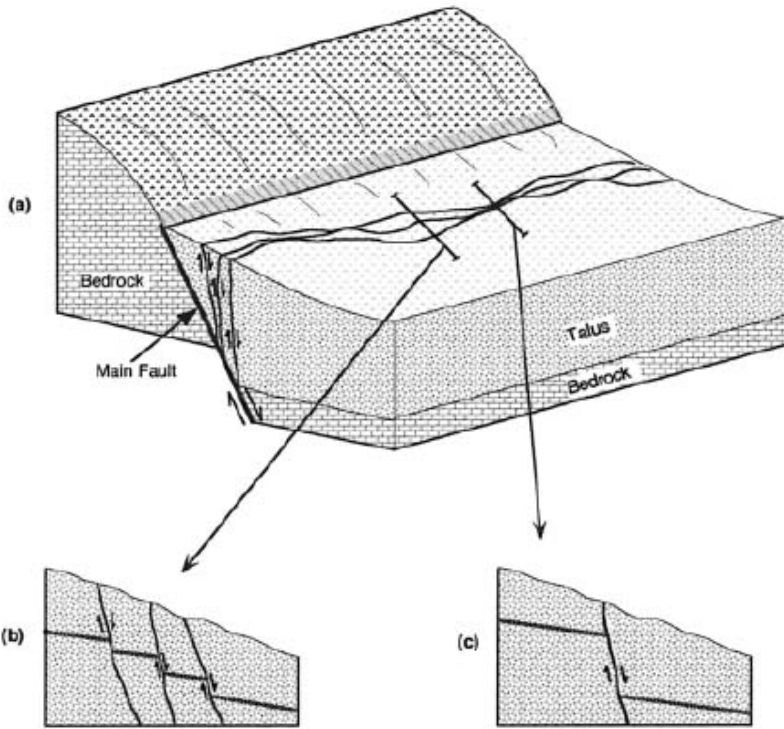
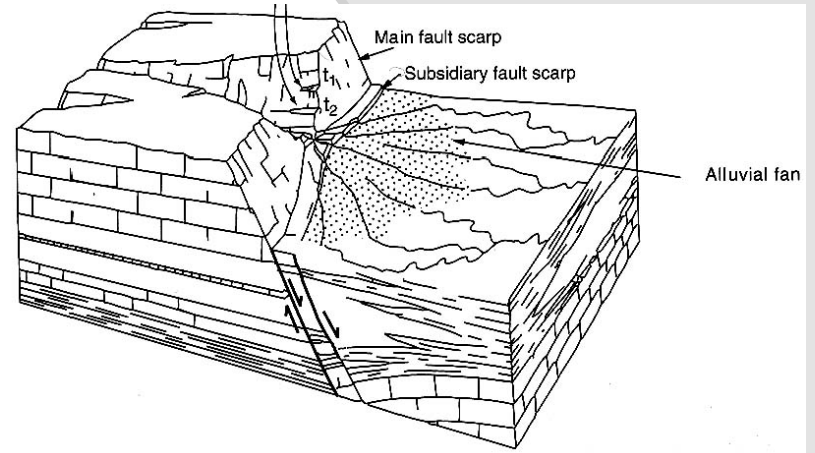
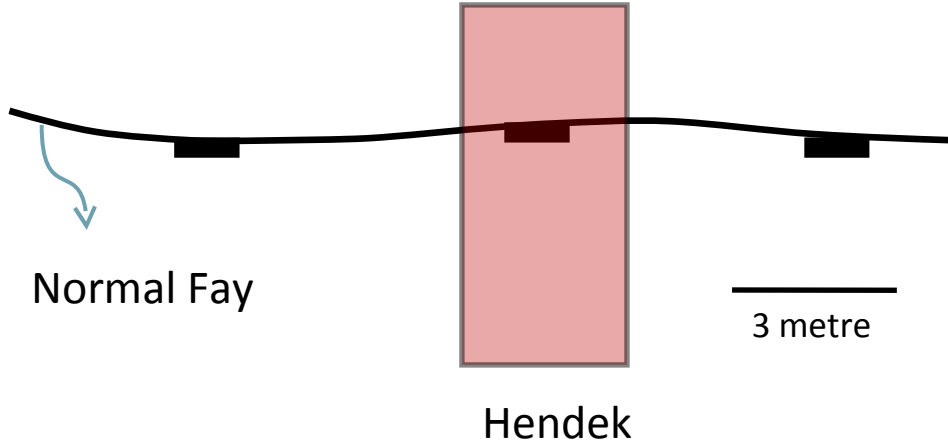
Herbir Paleokanal bir paleodepreme karşılık gelebilir ve aralarındaki mesafe ve zaman aralığı tespit edilebilir. Bu özellikler faya paralel hendekler ile ortaya çıkarılır (Allen C.R.,1986)



Eğim atımlı faylarda hendek tipi

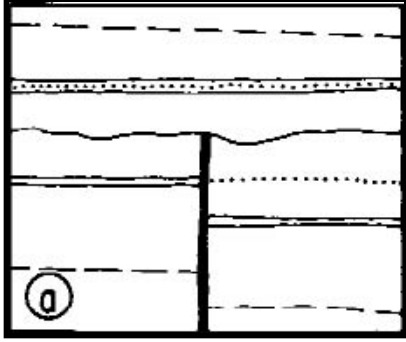


Fay sarplıklarına dik olarak

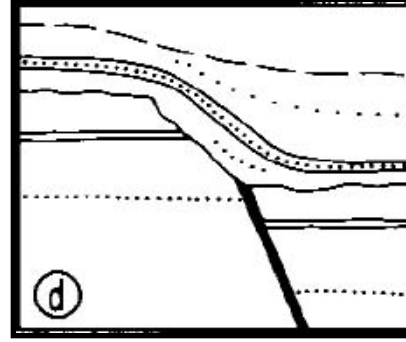


Audemard vd., 2005, Bocono Fayı Venezuela

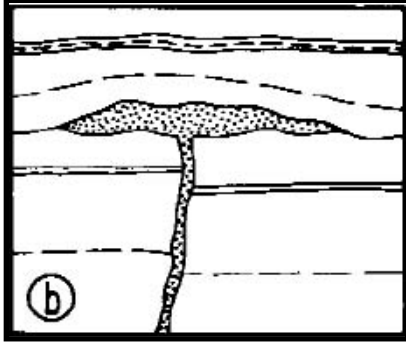
# Bir Paleodepremin geride bıraktığı izler



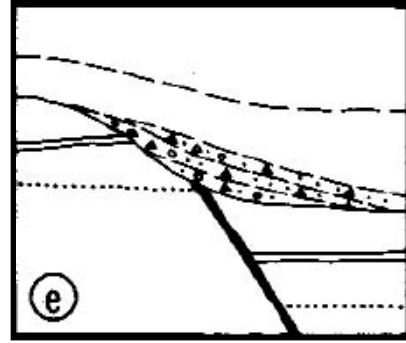
Fay tanımlaması



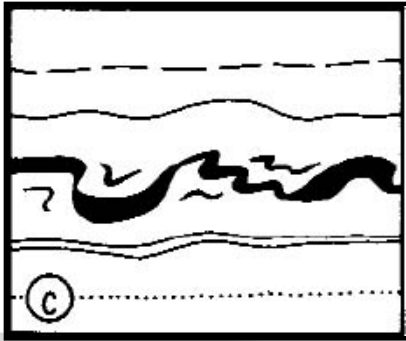
Fay dikliğinin tanımlaması



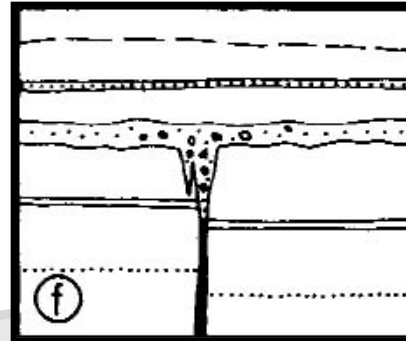
Kum daykları ve volkanlarının tanımlanması



Kolüvyal örtünün tanımlanması

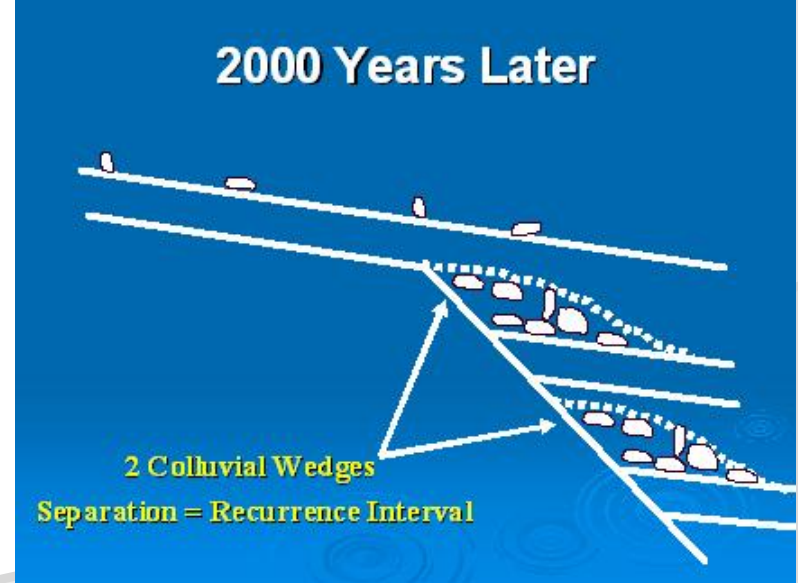
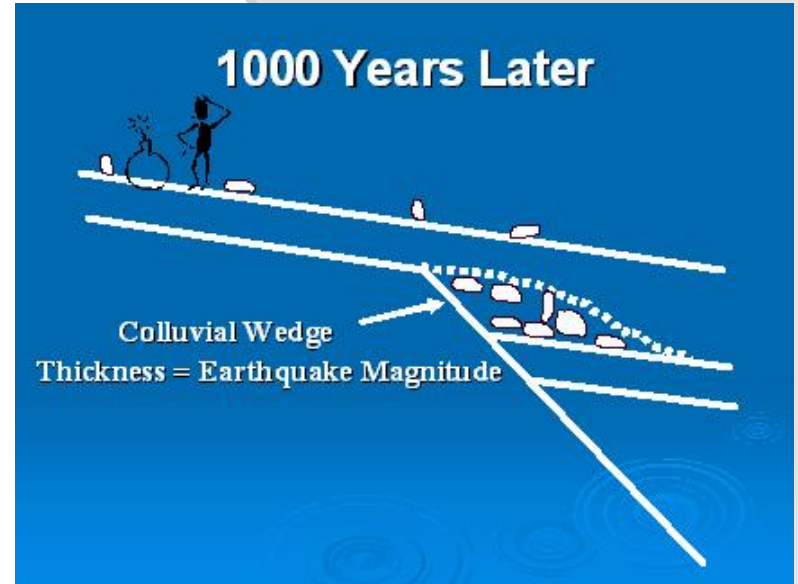
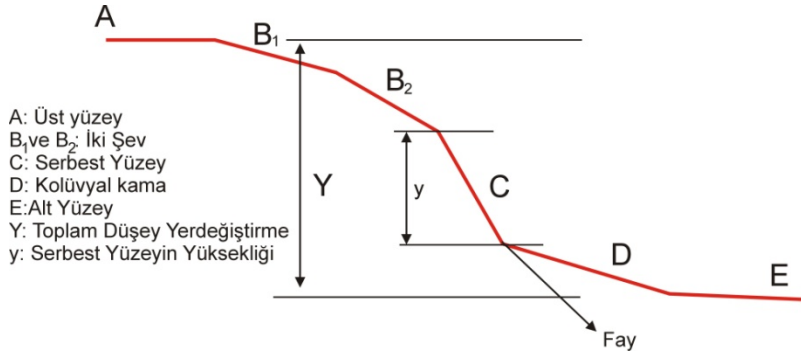


Sismit tanımlanması



Yüzey faylanması ile oluşan ve daha sonra yüzey malzemesi ile dolan çatlak tanımlanması

# Fay-Fay Dikliği-Fay Sarplığı



Kum Daykları-Kum Volkanları-Sıvılaştırma

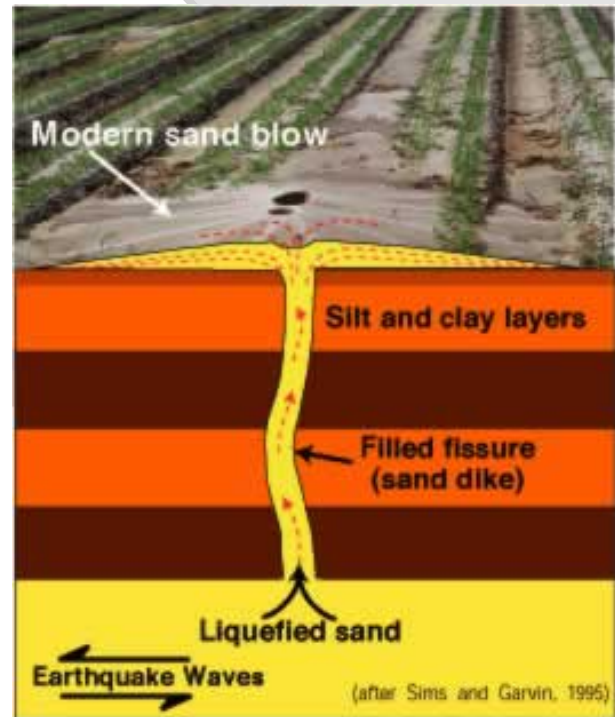
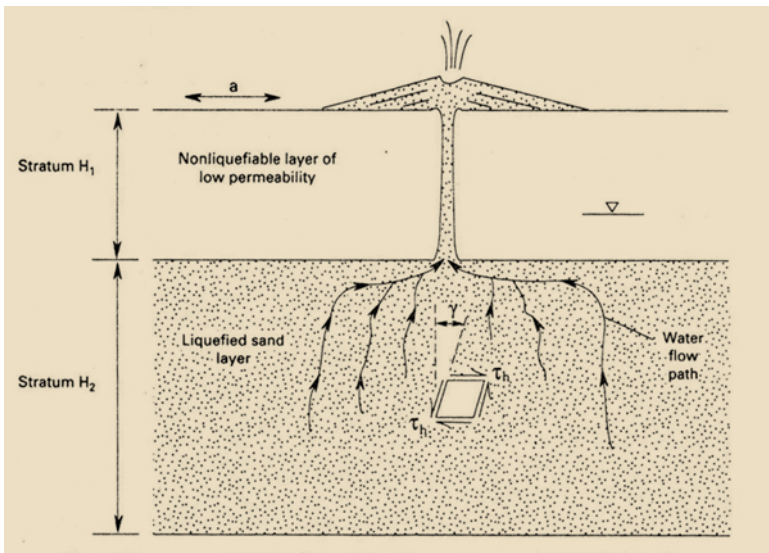
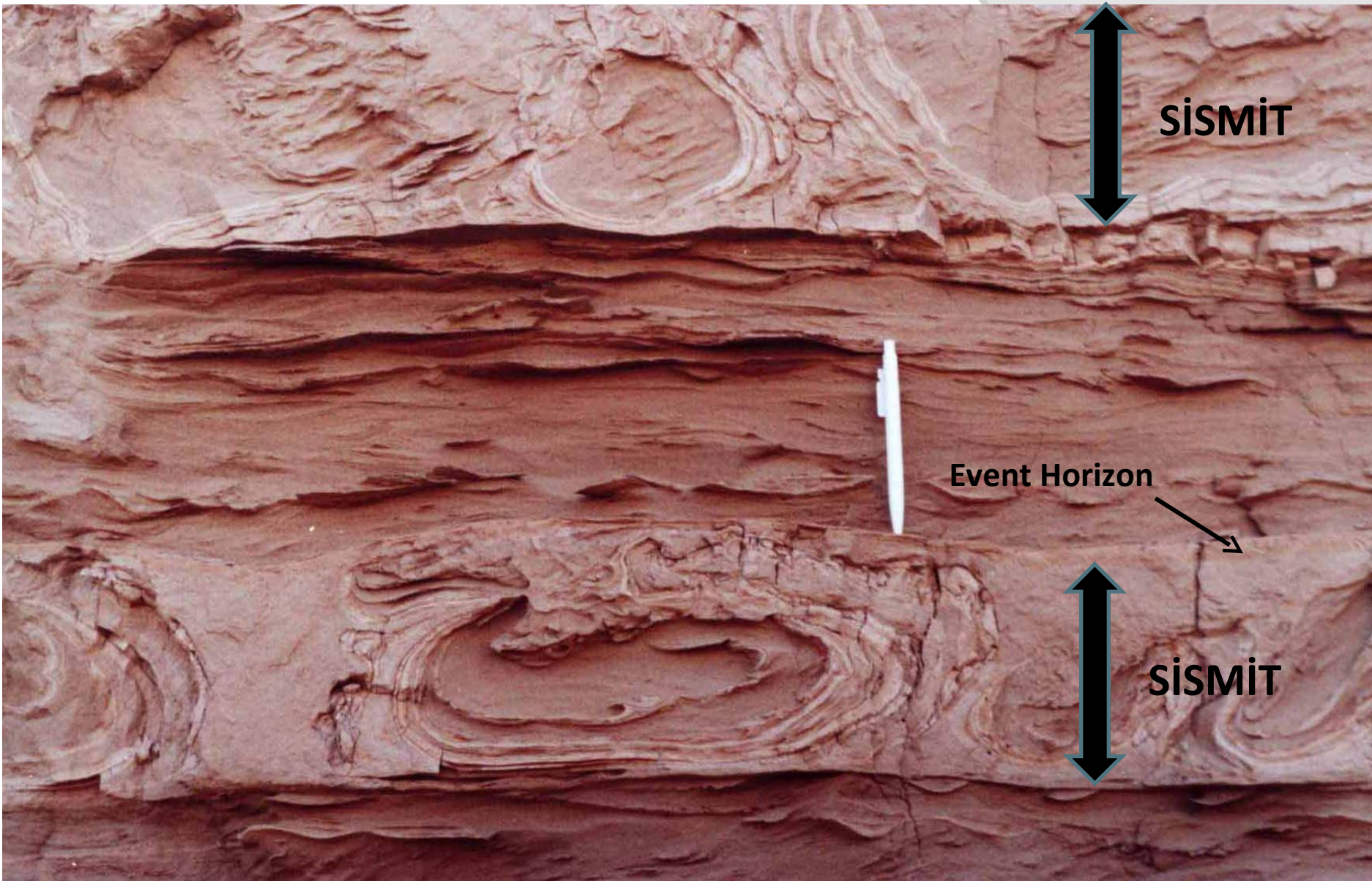


Diagram of sand blow. Source: [http://www.msstate.edu/dept/geosciences/CT/TIG/W EBSITES/LOCAL/Summer2003/Thomas\\_Donna/ne wmadridmuseum.html](http://www.msstate.edu/dept/geosciences/CT/TIG/W EBSITES/LOCAL/Summer2003/Thomas_Donna/ne wmadridmuseum.html); accessed February 18, 2006.



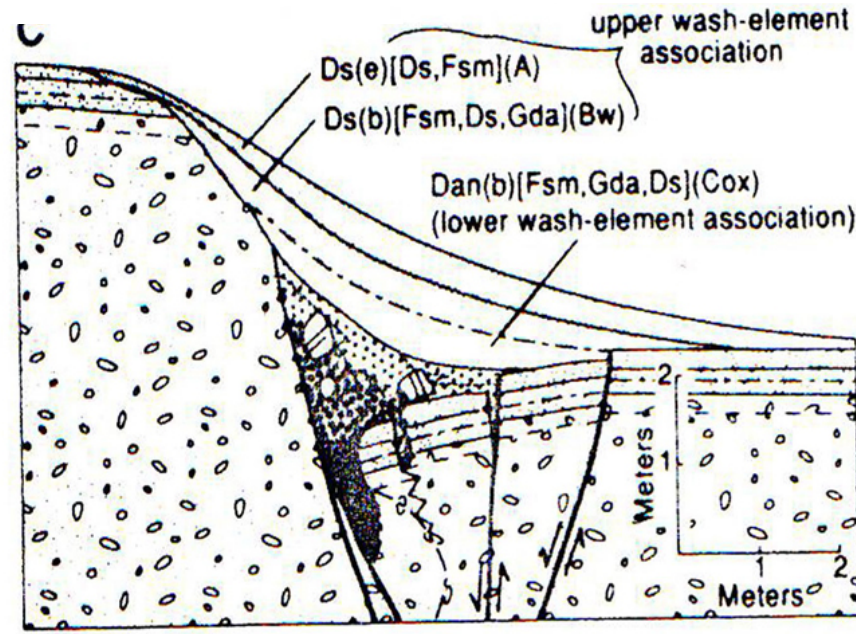
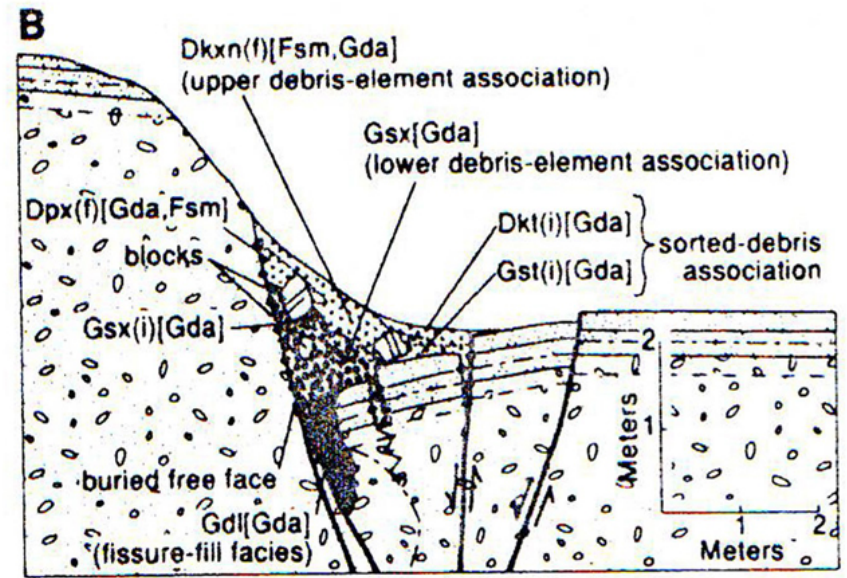
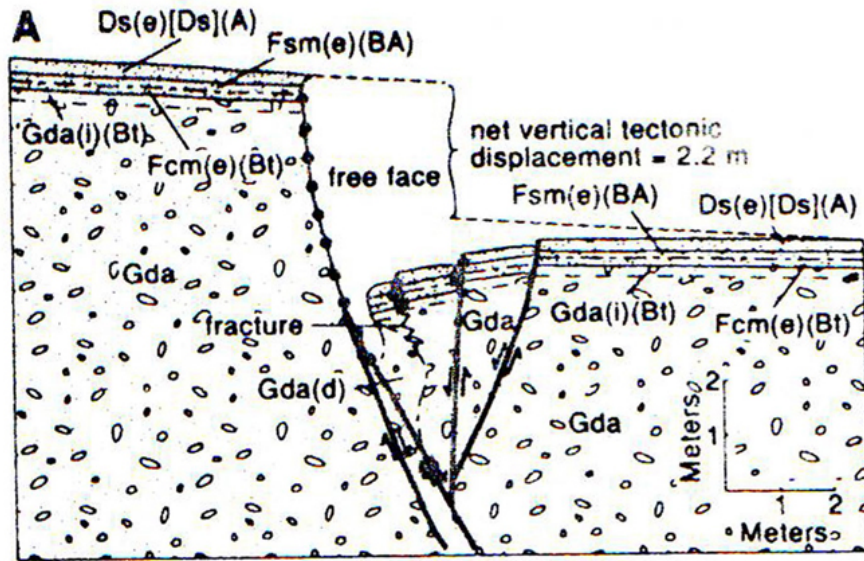


**SİSMİT**

Event Horizon

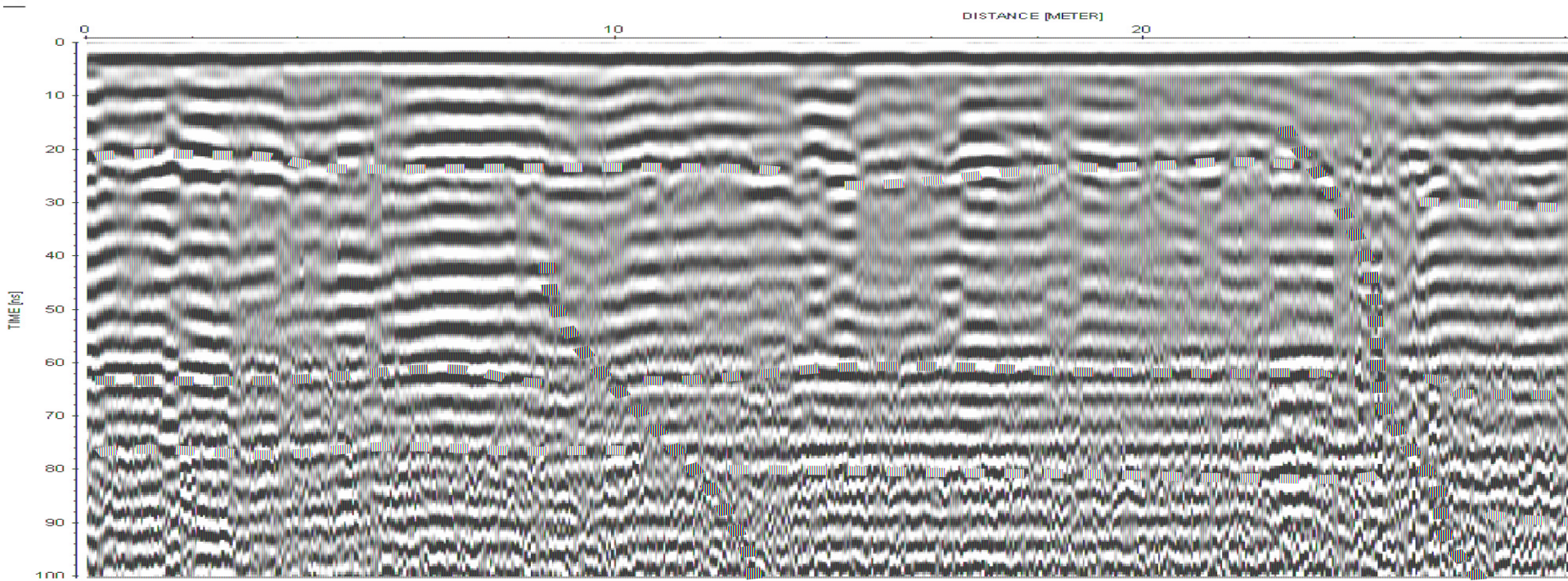
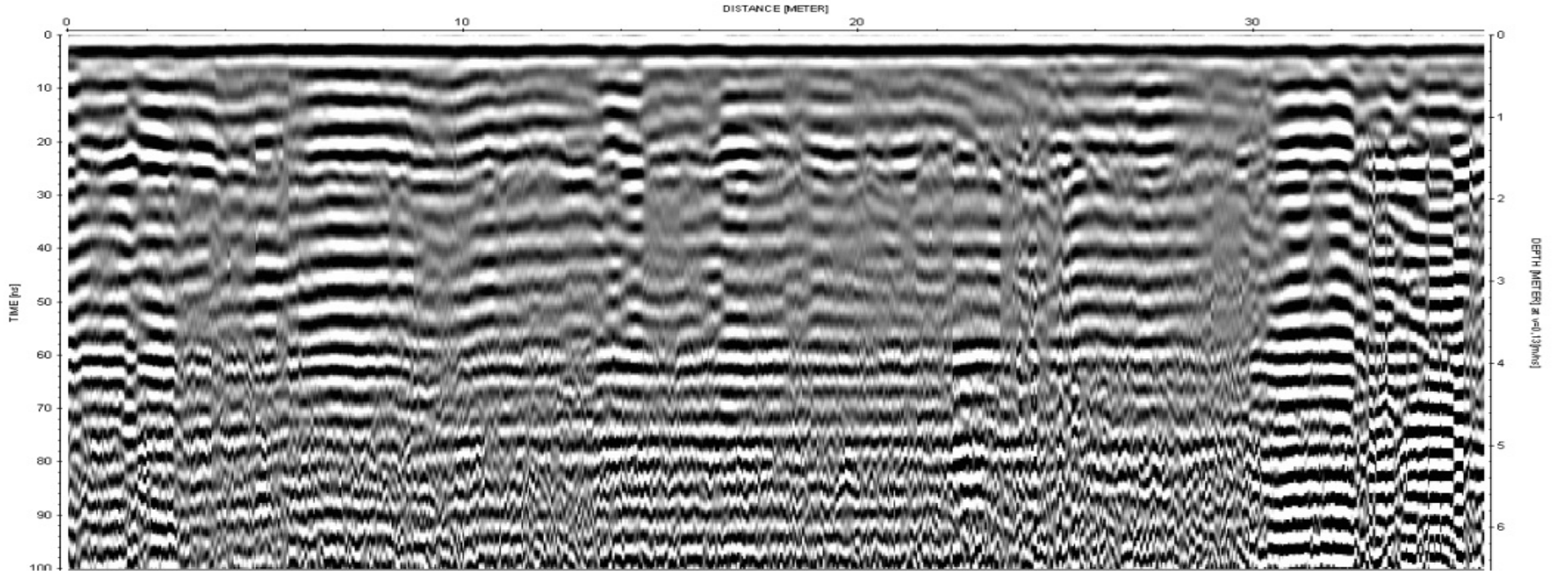
**SİSMİT**











# PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMALARI



Hendek açma çalışmaları

## PALEOSİSMOLOJİ ÇALIŞMALARI

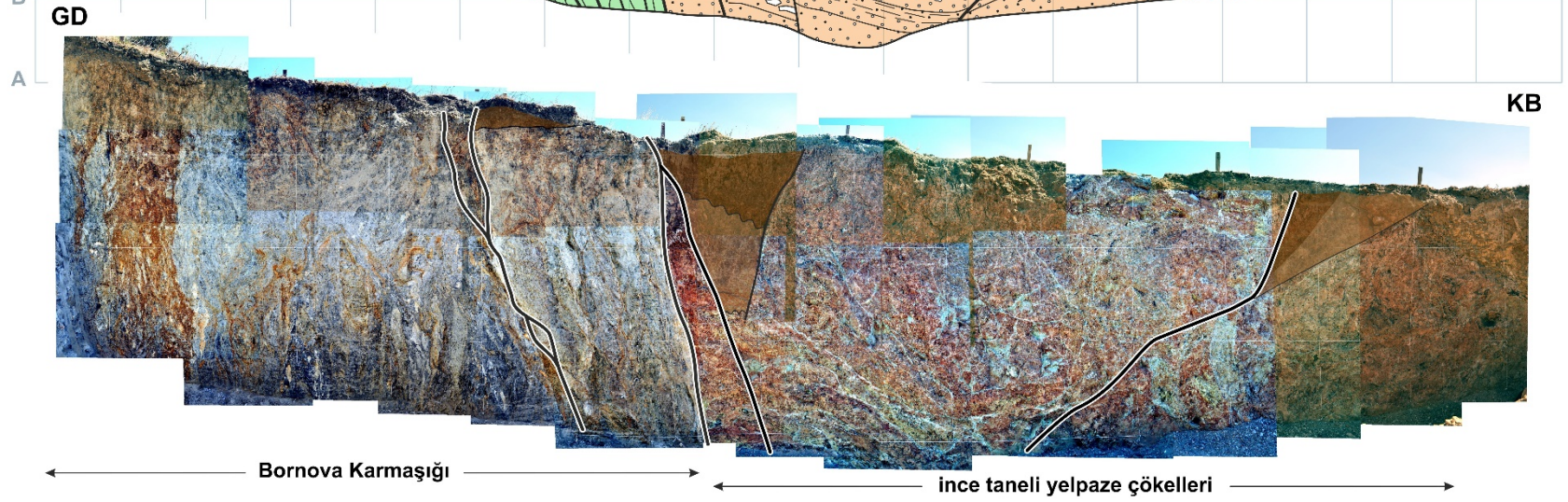
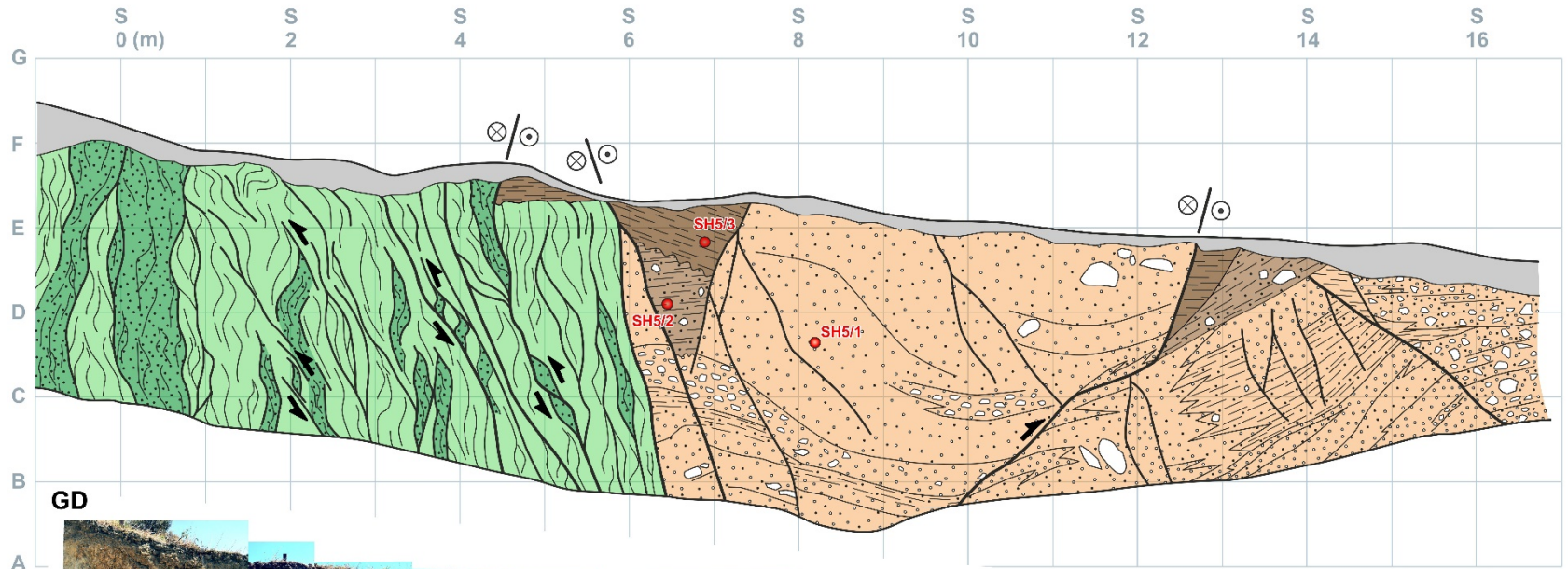


Hendek duvarı karelajlama ve loglama çalışmaları









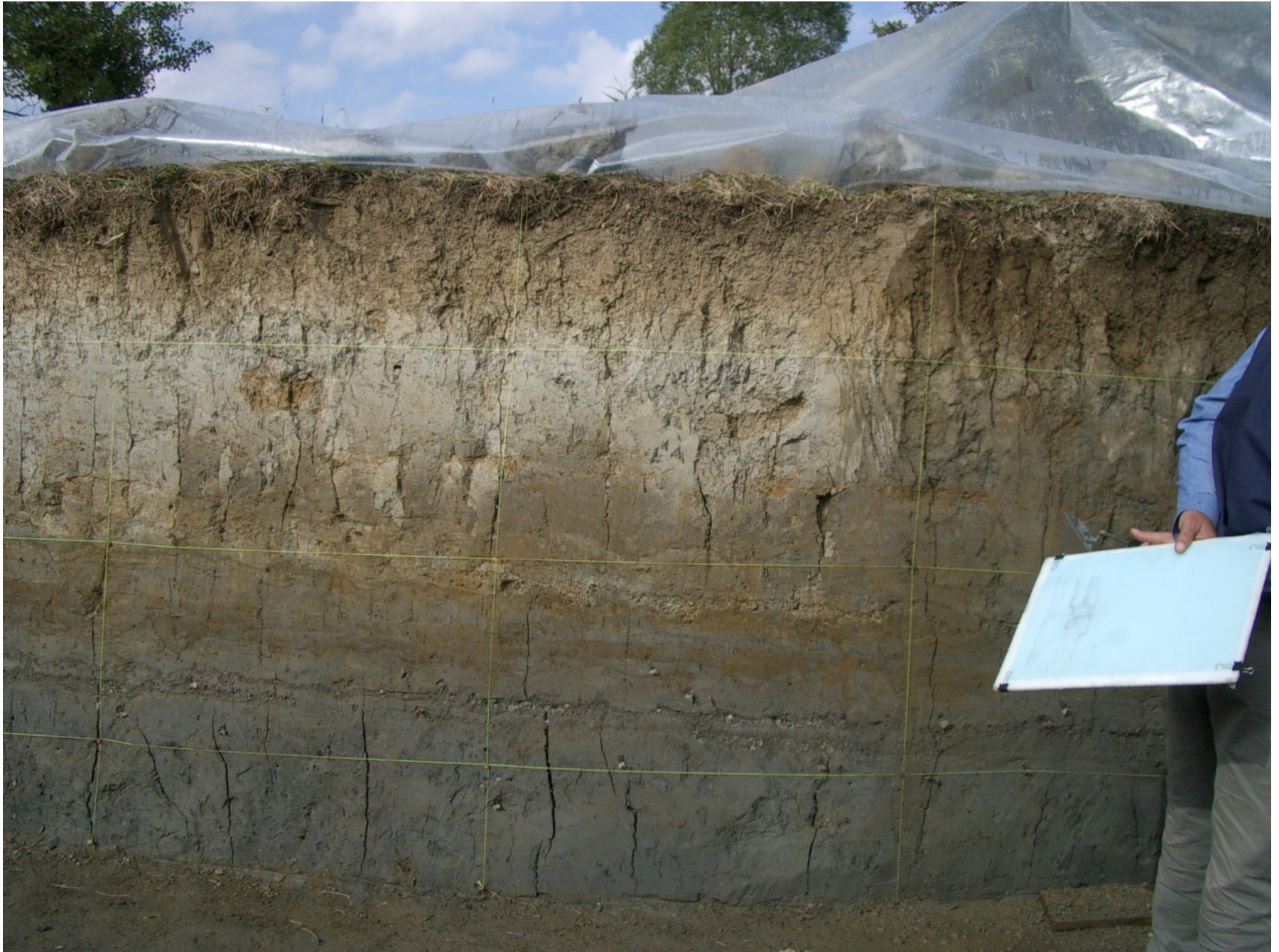
**EK 6: HENDEK-5 / DUVAR-G**











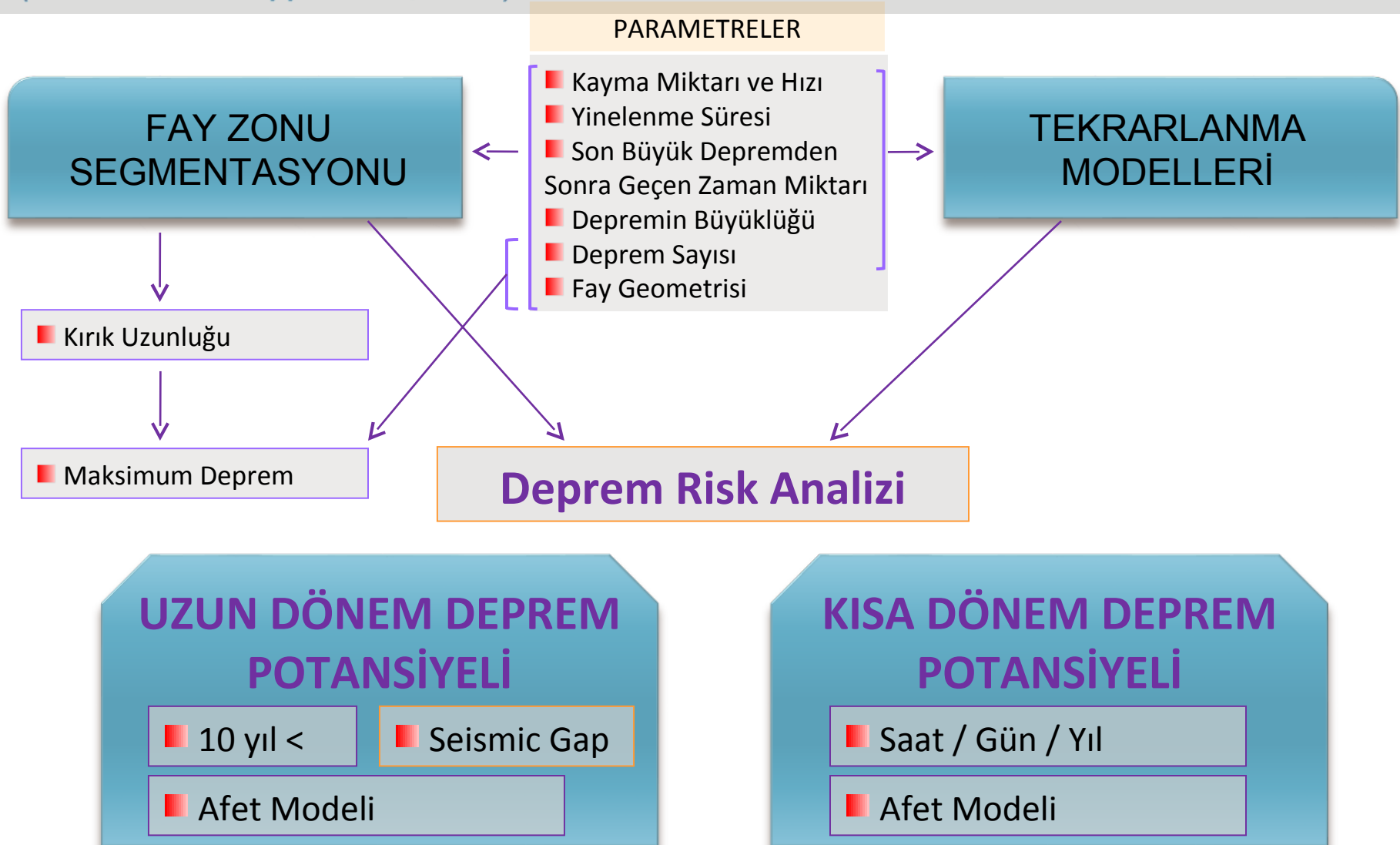


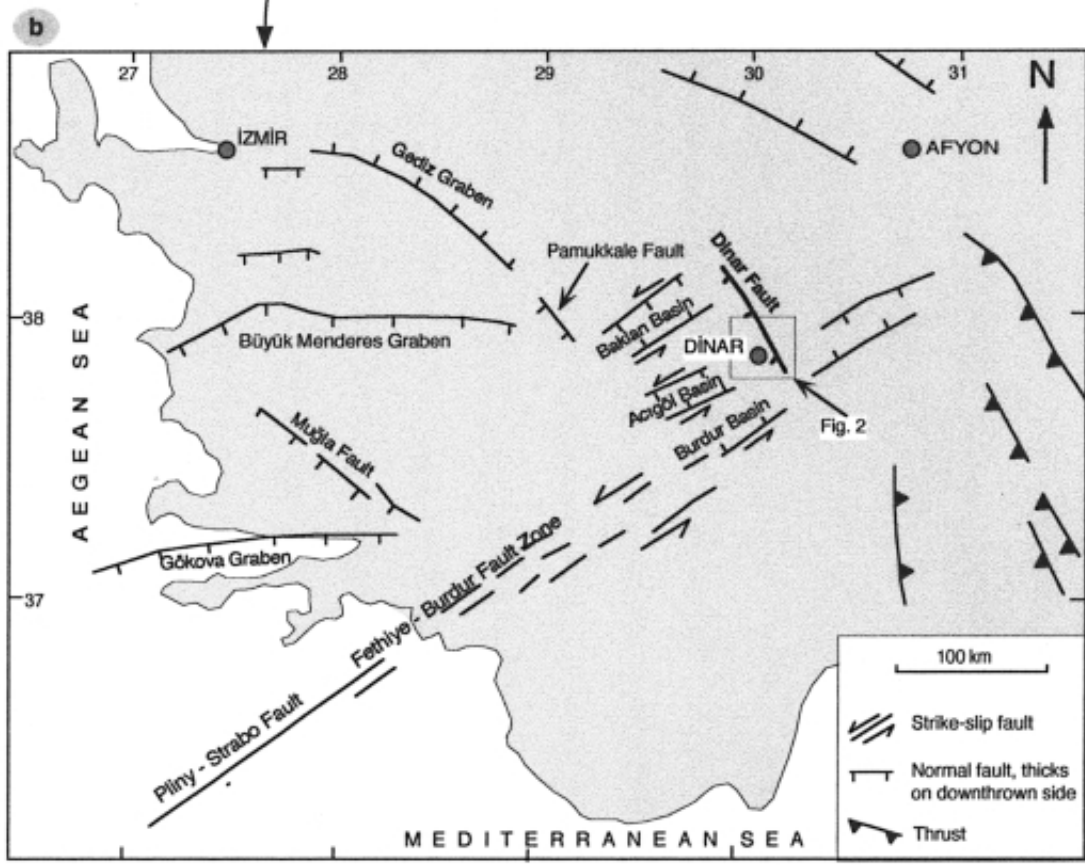
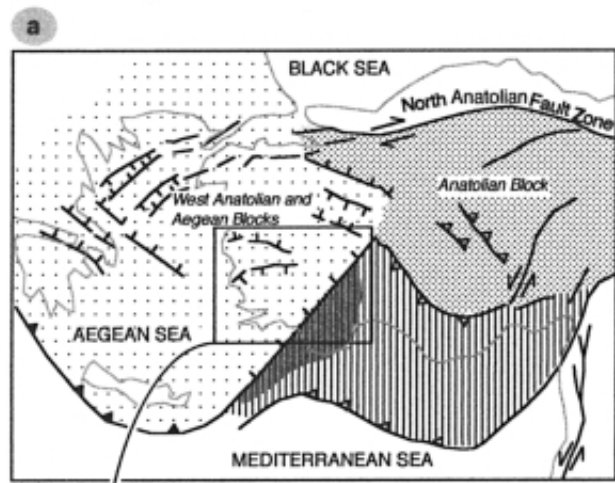


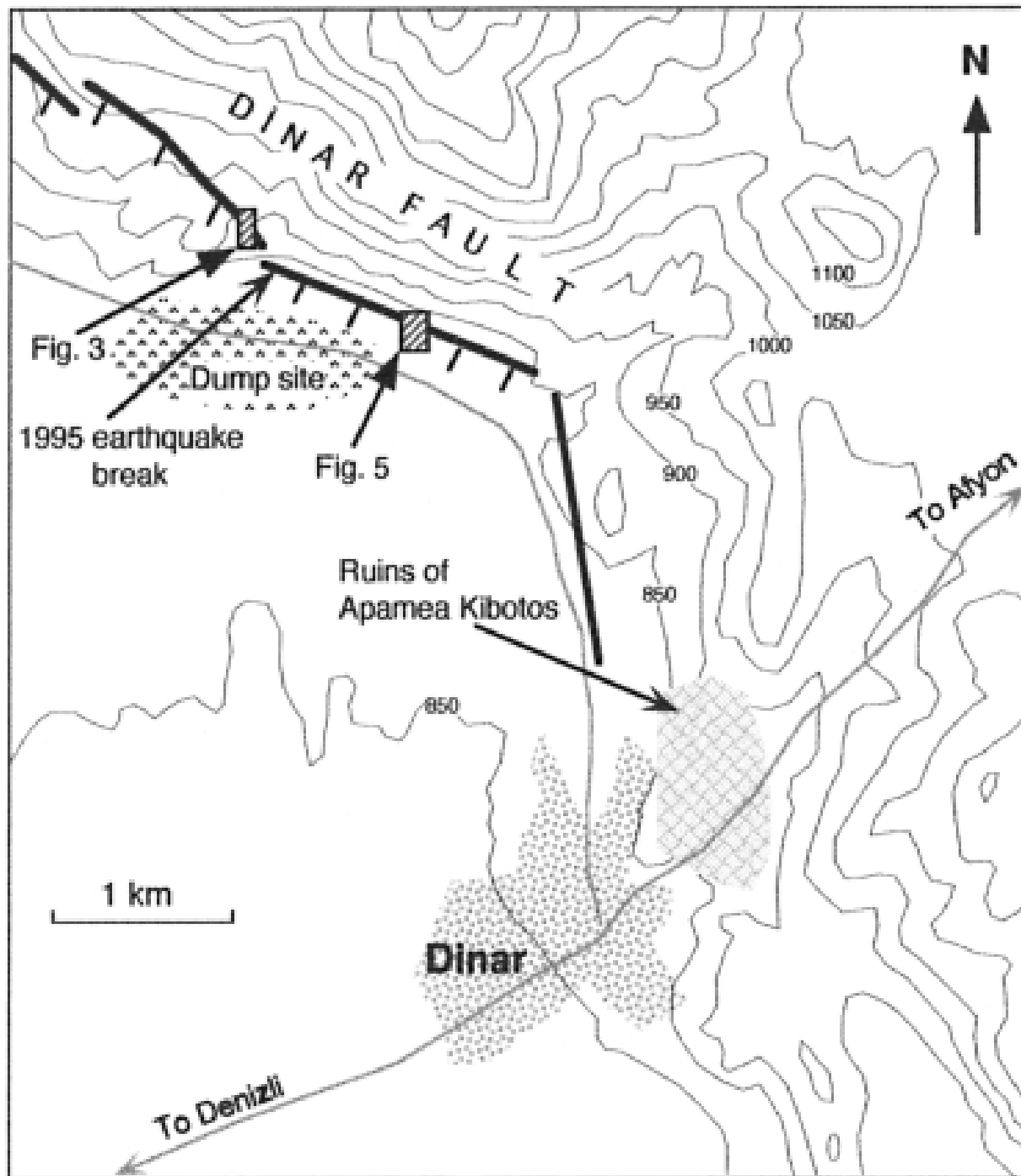


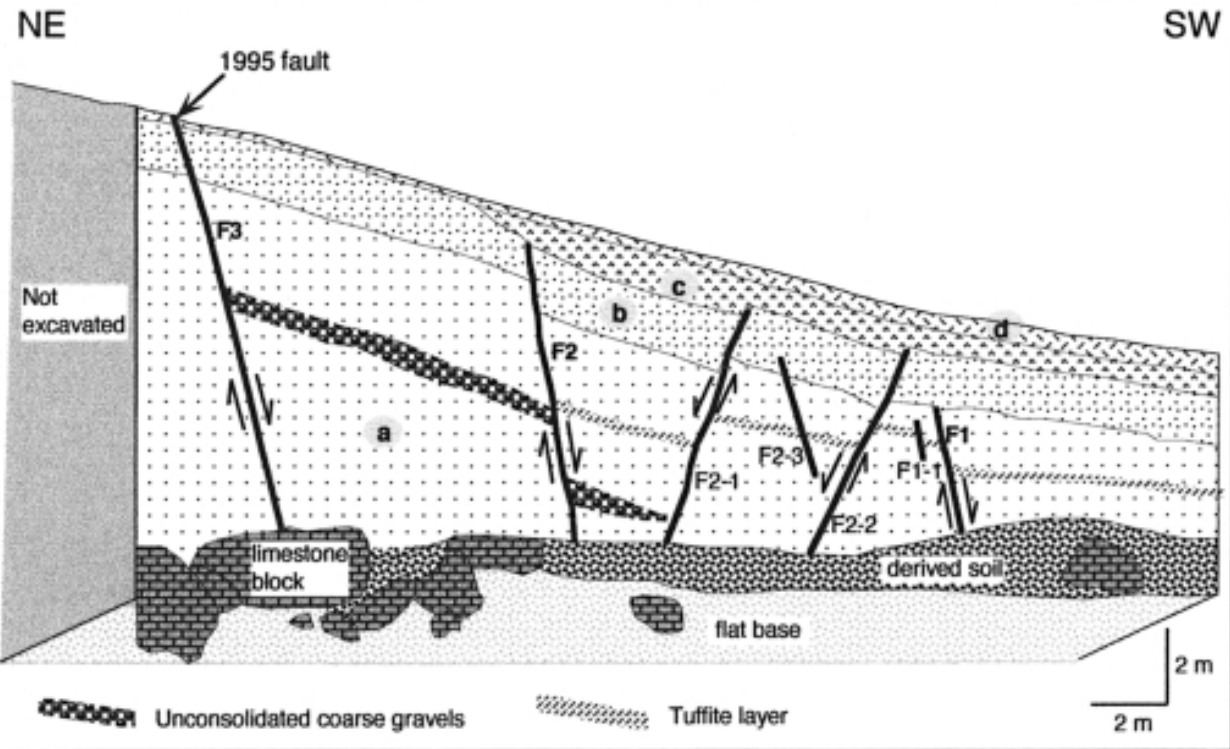
## 4. Deprem Risk Analizi

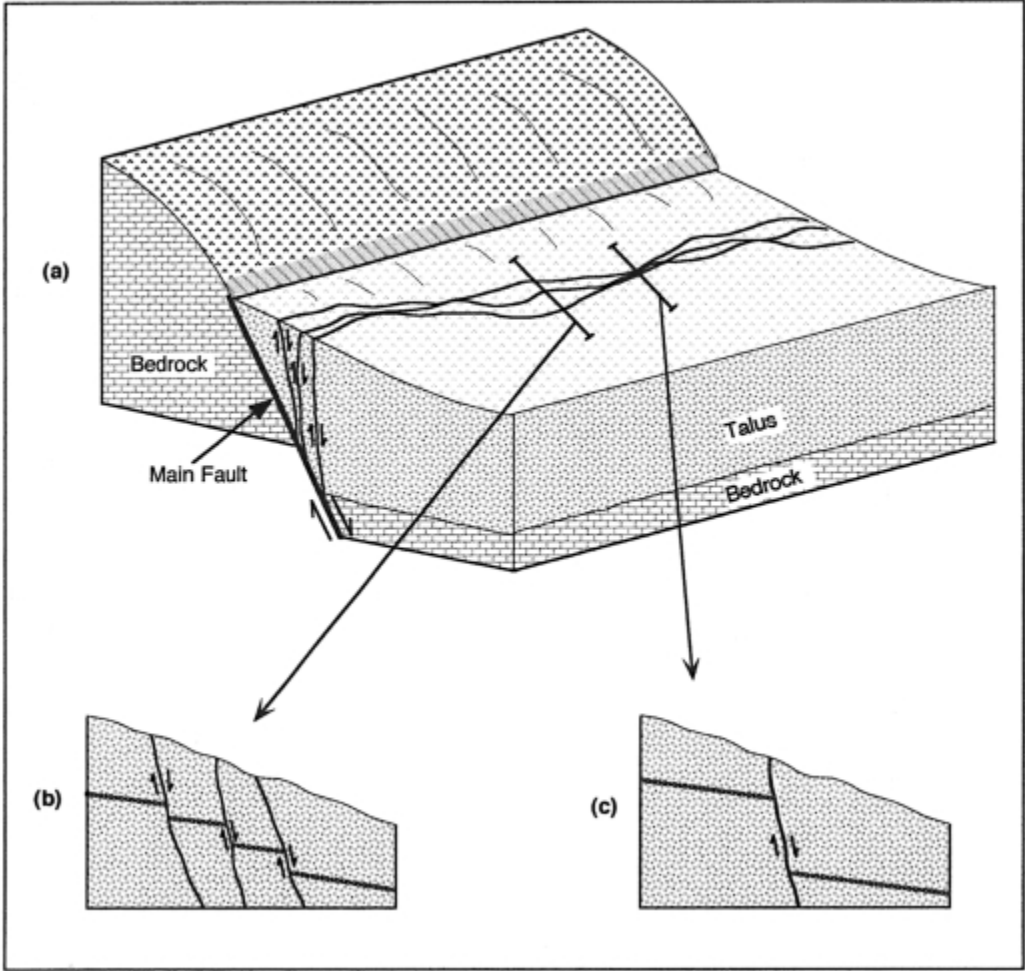
- Jeolojik (paleosismolojik) veriler ve sismik risk analizi arasındaki ilişki  
(Schwarz and Coppersmith, 1986)

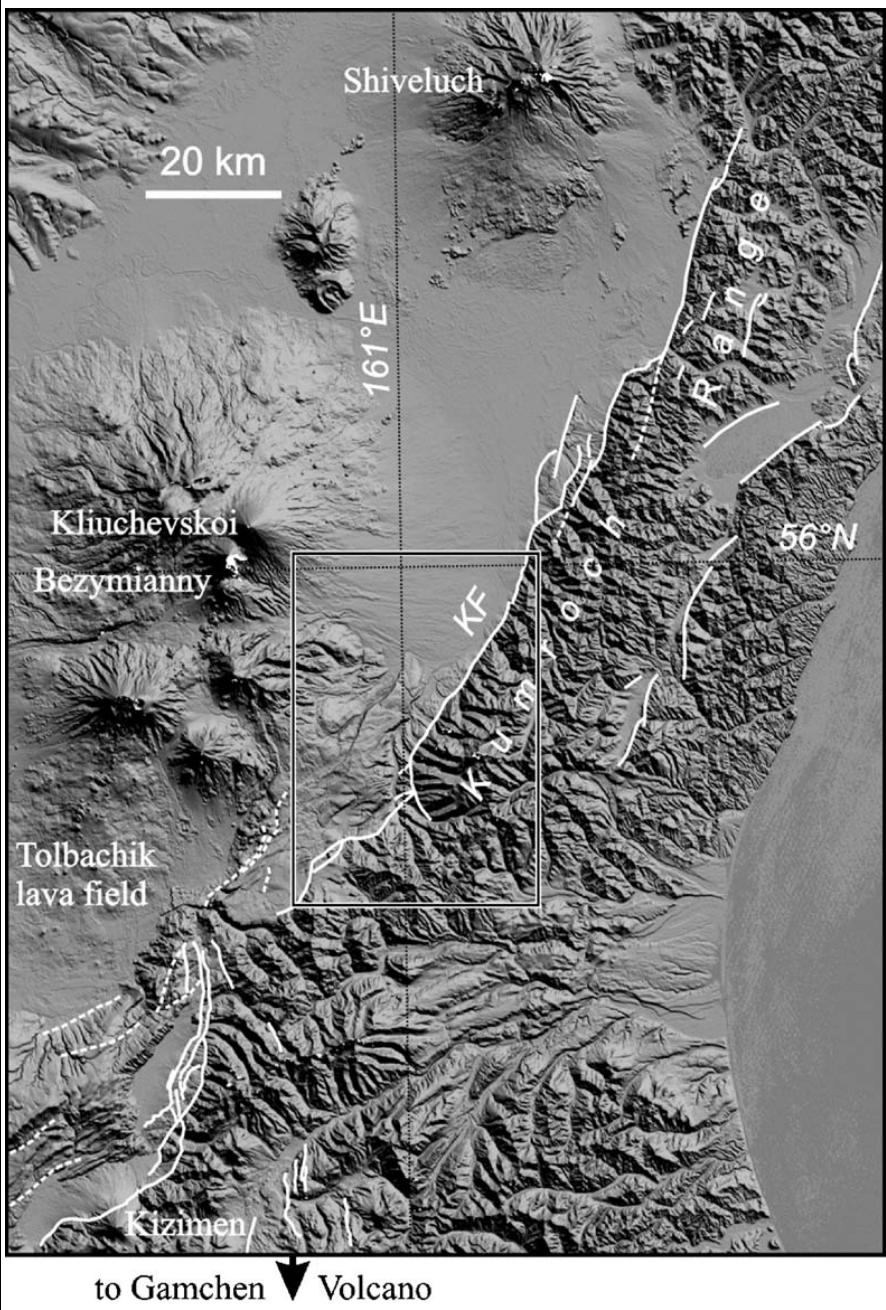
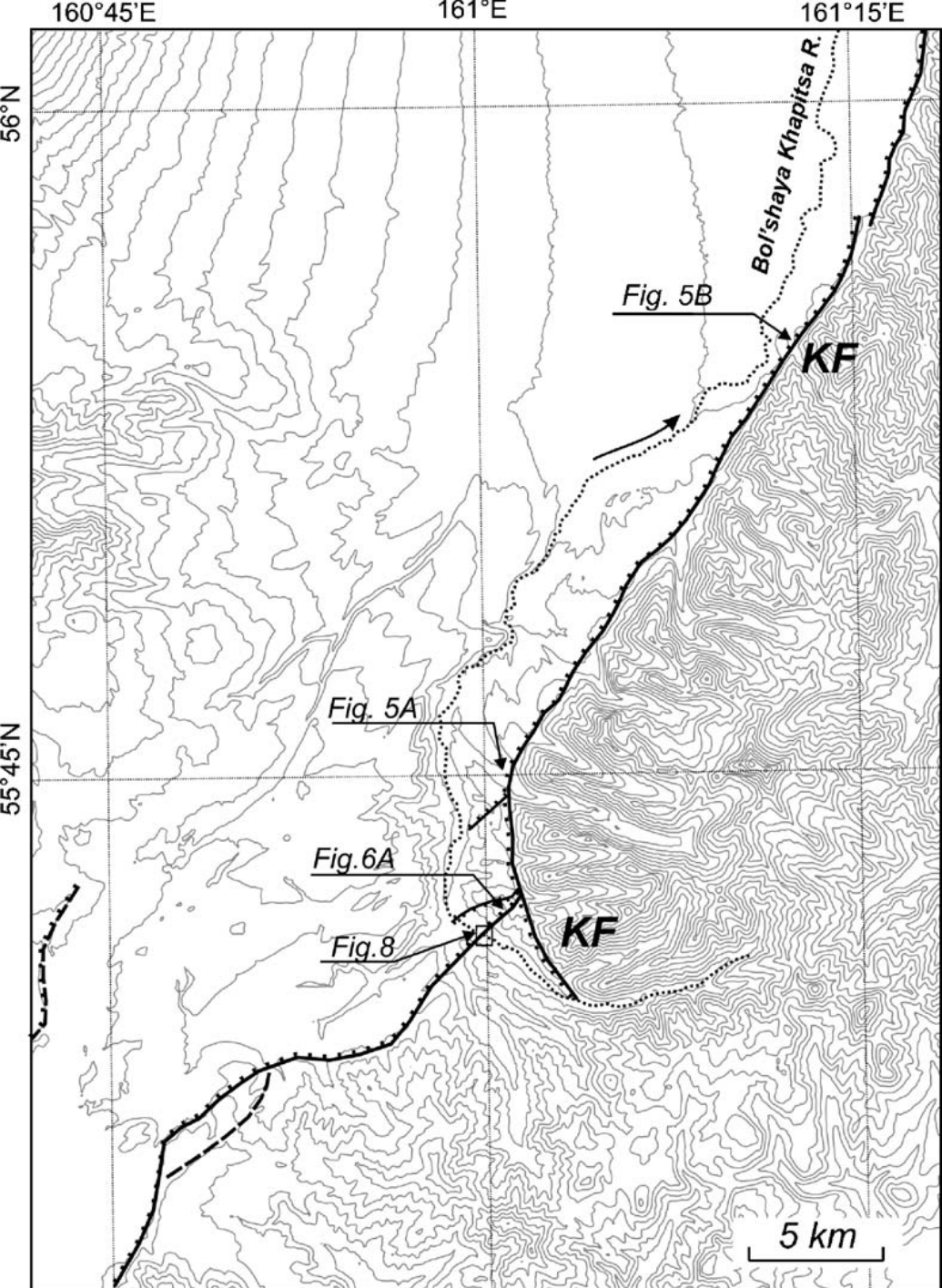




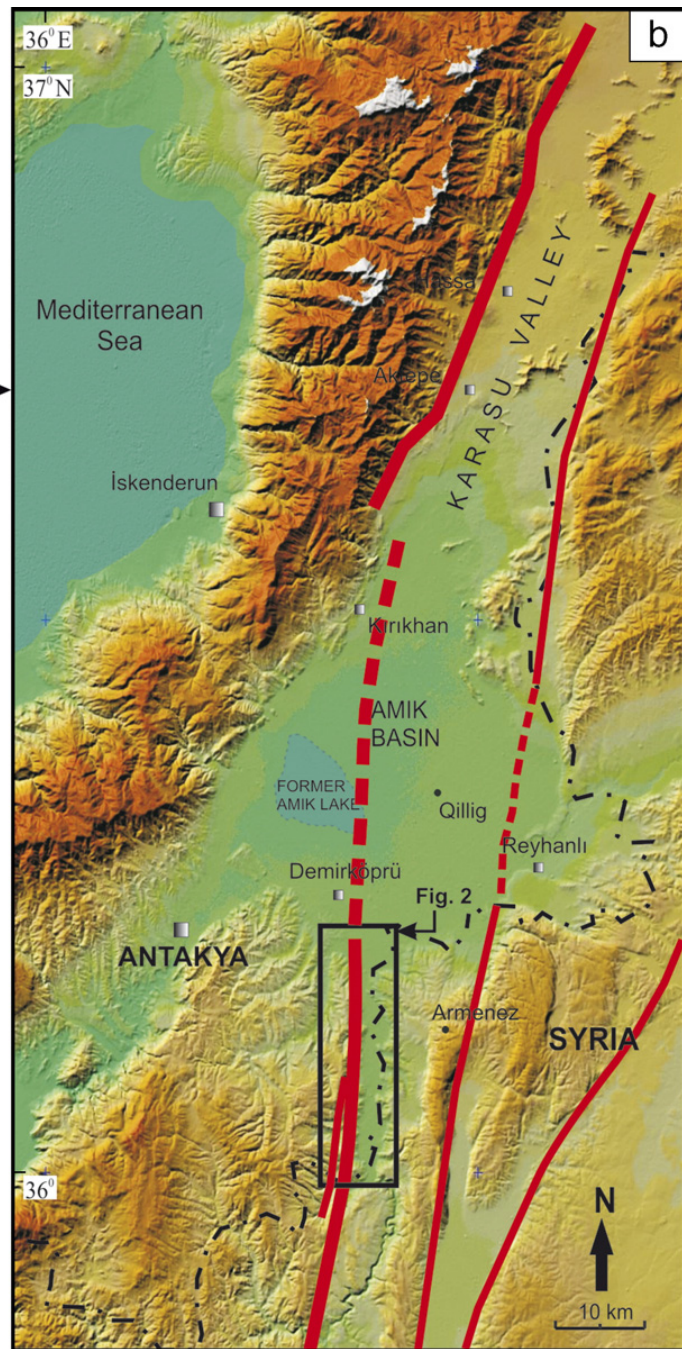
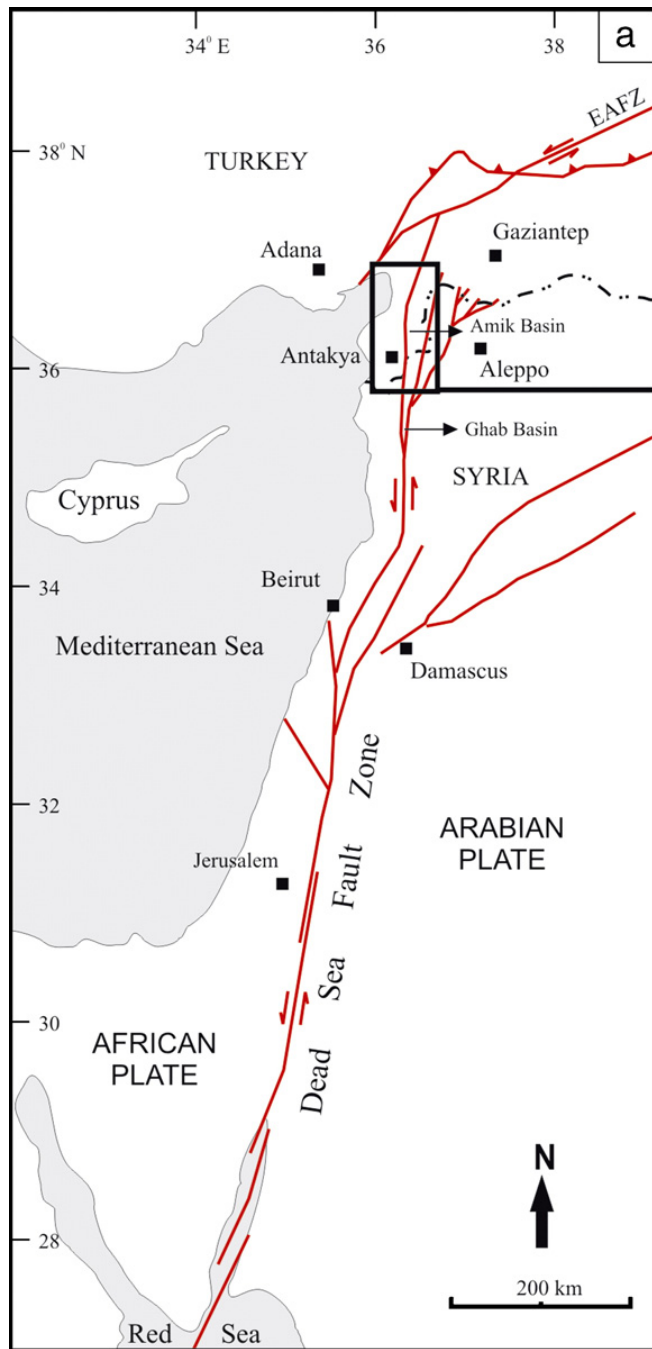




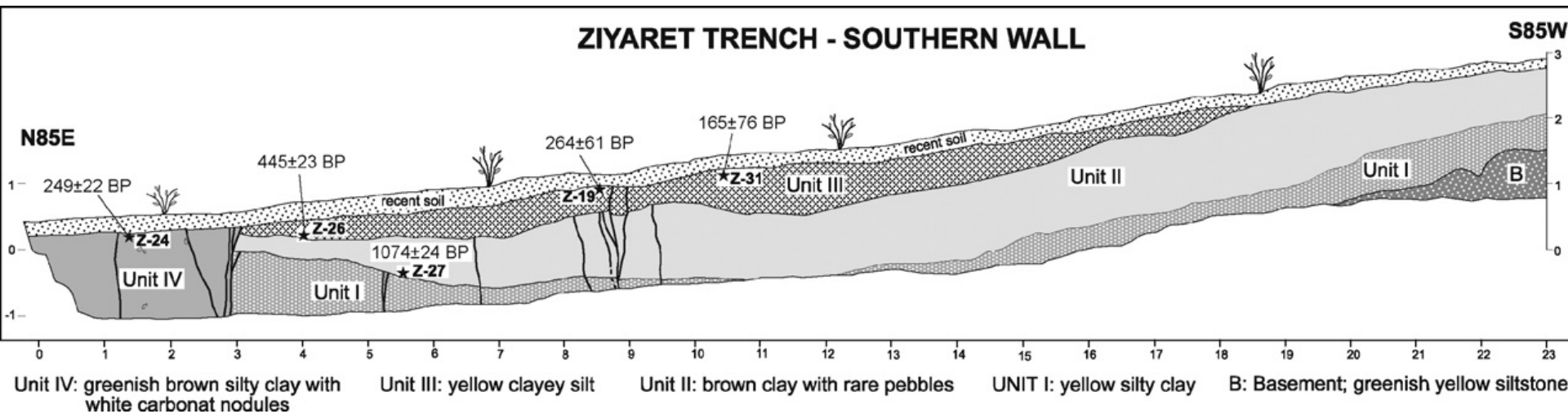
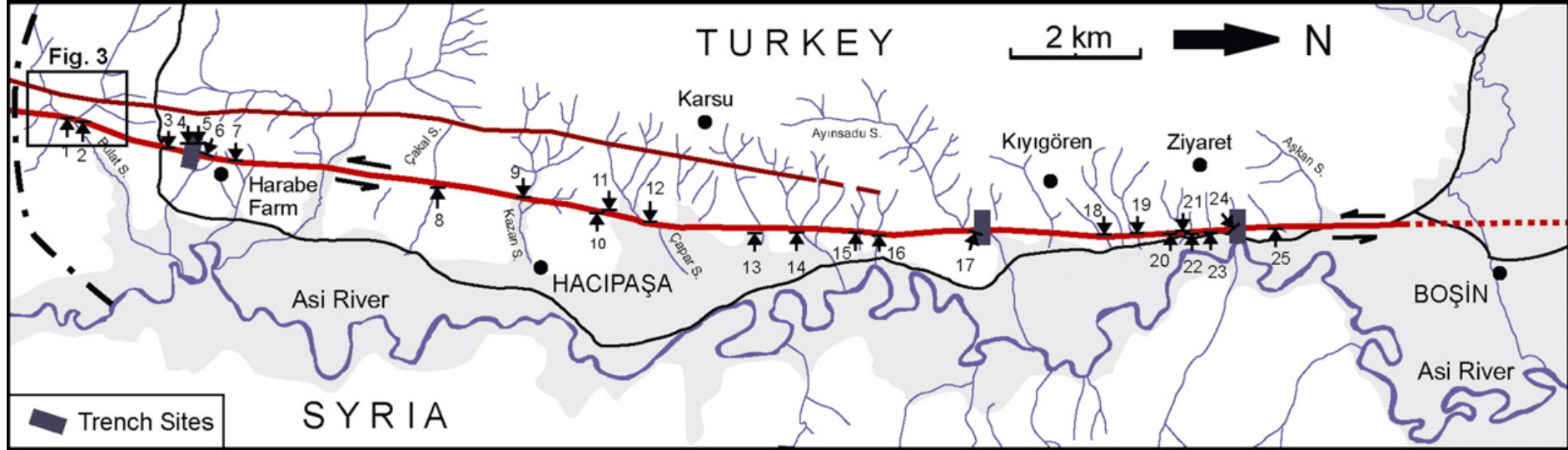












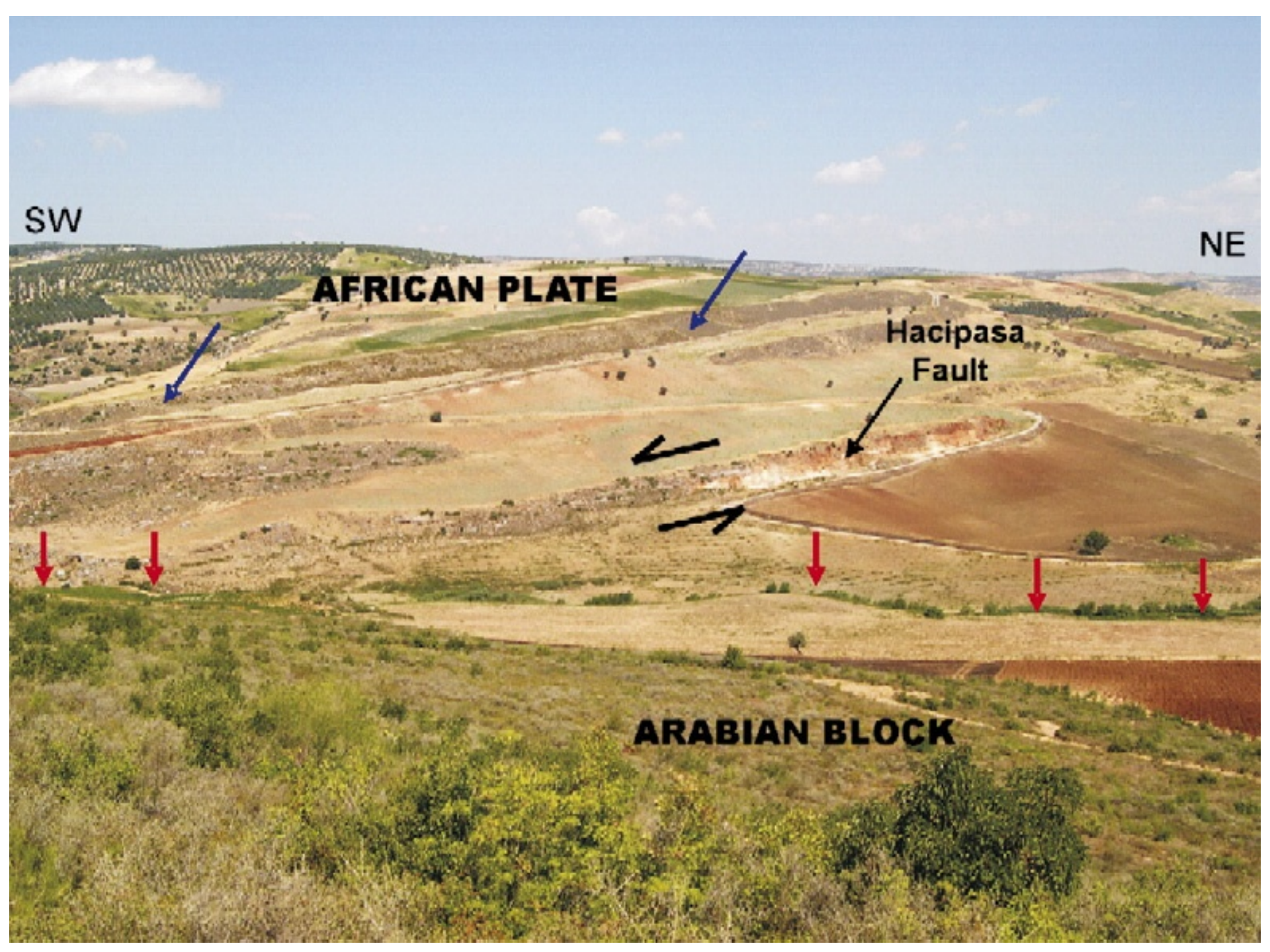
SW

NE

**AFRICAN PLATE**

Hacipasa  
Fault

**ARABIAN BLOCK**



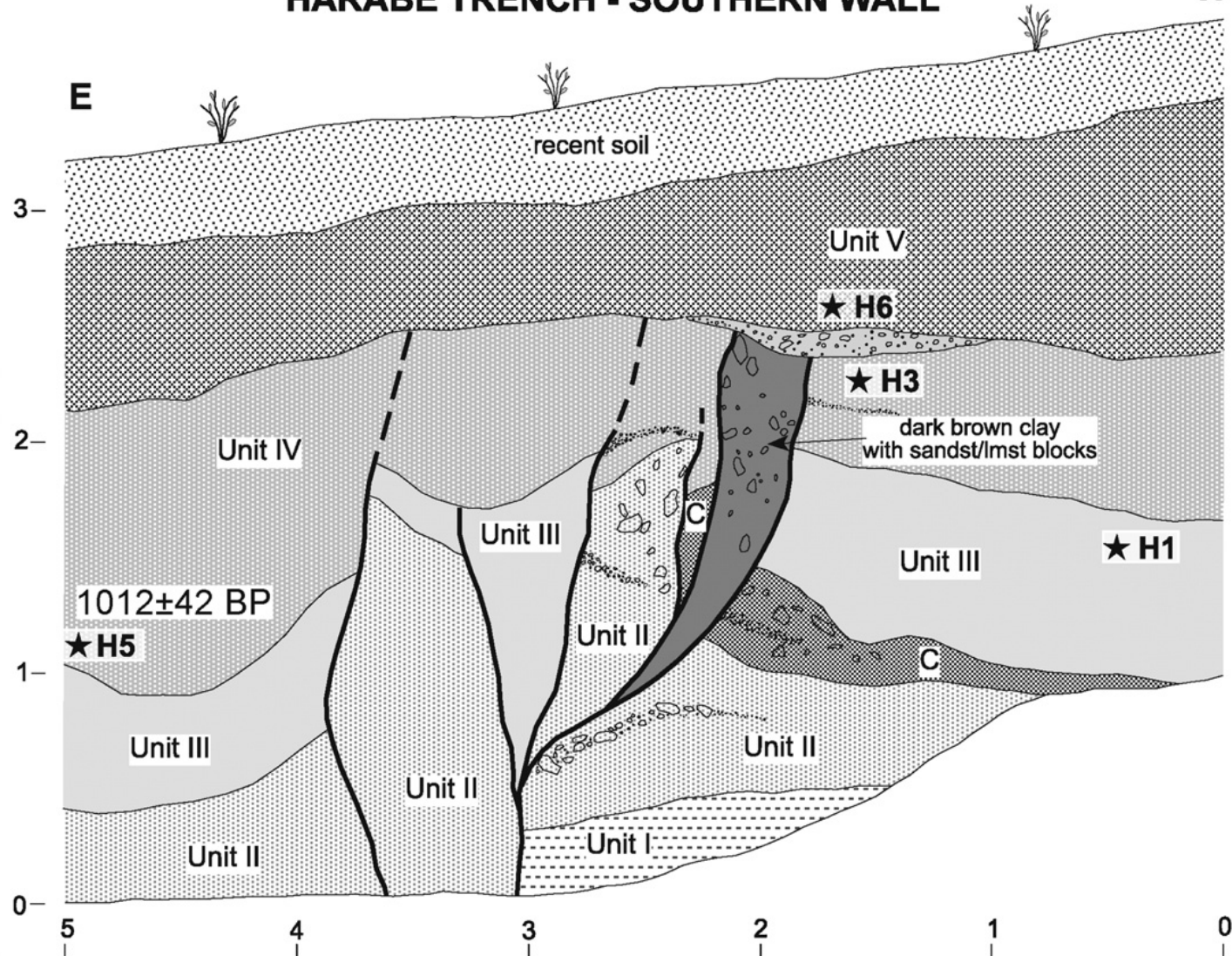




# HARABE TRENCH - SOUTHERN WALL

W

E



Unit V: yellowish brown silty clay

Unit IV: brown clay with small/rare pebbles

Unit III: yellowish, fine sand / silt with sandstone-rare limestone pebbles

C: reddish fine sand with lmst. blocks: Colluvium

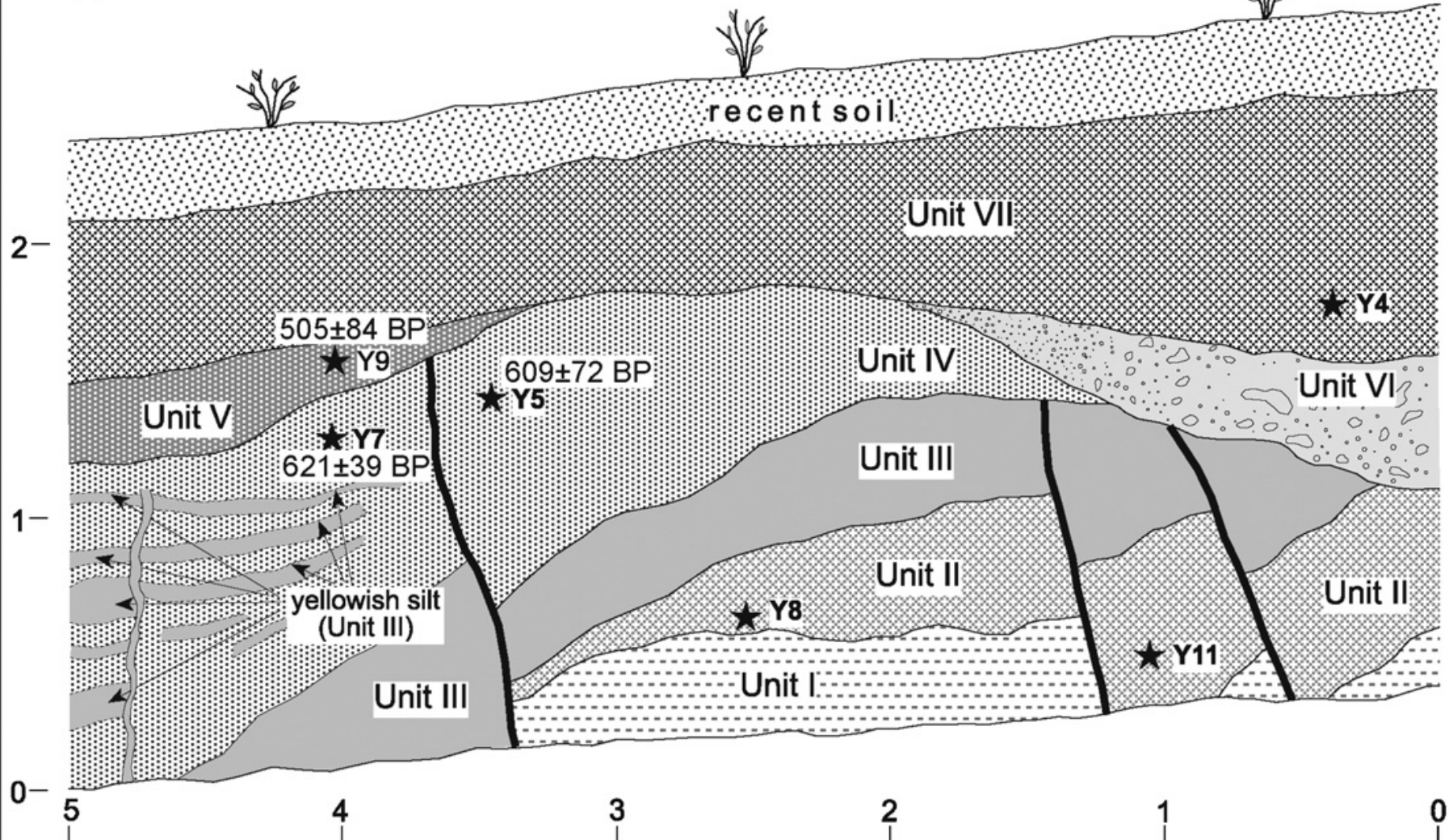
Unit II: dark brown clay

Unit I: light brown sandy silt

# YAZLIK TRENCH - SOUTHERN WALL

E

W



Unit VII: dark brown clay with rare sand and little pebbles  
 Unit VI: light brown sand with pebble; channel deposit  
 Unit V: yellowish, fine sand

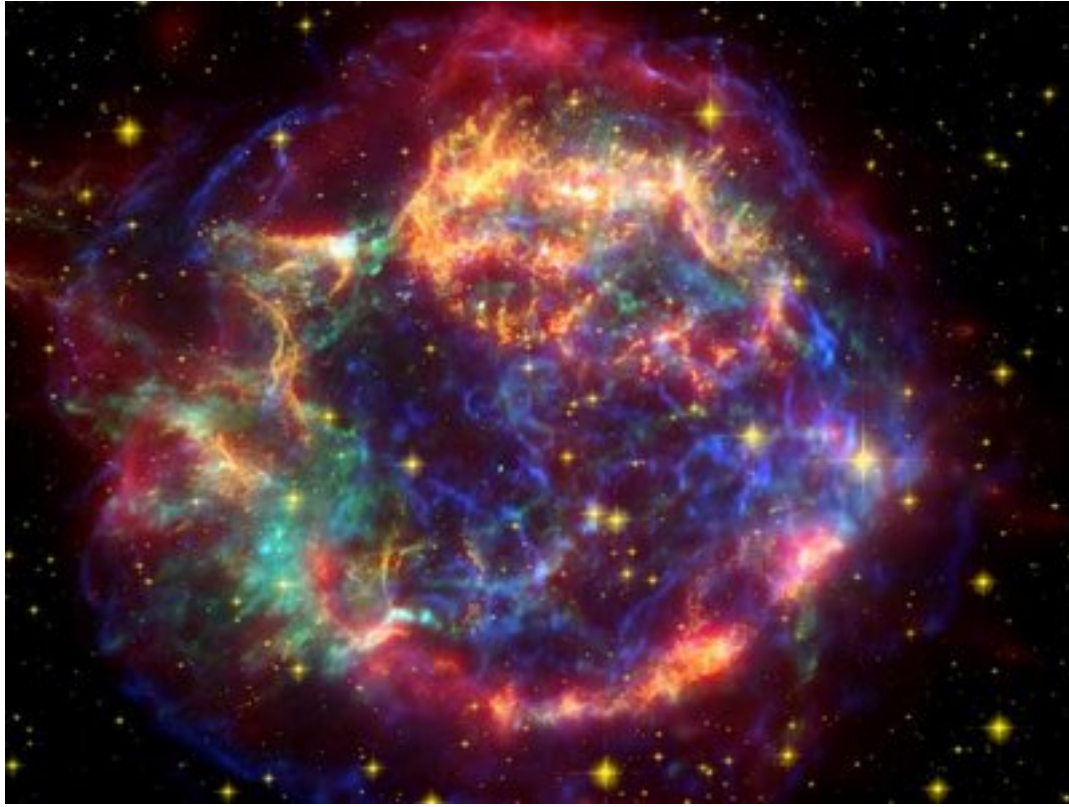
Unit IV: brown homogeneous clay  
 Unit III: yellowish silt  
 Unit II: brown clay  
 Unit I: yellowish fine sand / silt

# Kozmojenik Yaşlandırma Çalışmaları

**Bu çalışmalar ile yaşlandırılması yapılan fay segmenti üzerinde meydana gelen,**

- En son büyük deprem**
- Son büyük depremden sonra geçen zaman miktarı**
- Deprem sayısı ve zamanı**
- Deprem yinelenme süresi**
- Deprem büyüklüğü**
- Kayma hızı**
- Kayma miktarı hesaplanabilmektedir.**

# Galaktik Kozmik Işıklar

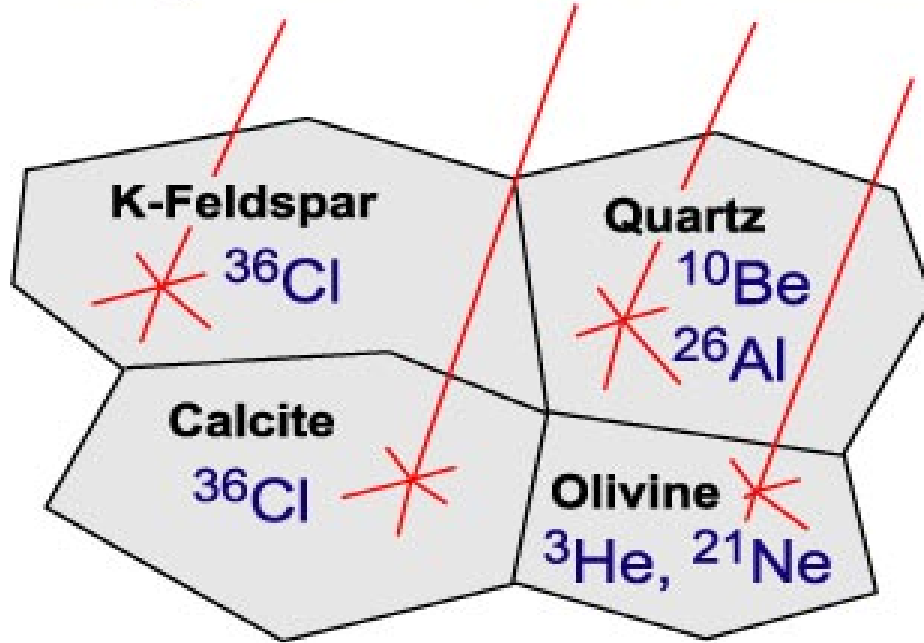


Yeryüzü, galaksimizde gerçekleşen süpernova patlamaları sonucunda oluşan yüksek enerjili kozmik ışıkların kesintisiz bombardımanı altındadır. Kozmik ışıklar yerküreye ulaştıkları zaman, atmosfer ile etkileşimde bulunurlar. Bu etkileşimlerin sonucunda ise ikincil ve üçüncül kozmik ışıklar oluşur. Bu ışıklar yeryüzüne ulaşırlar ve kaya ve sedimanların içerisine nüfuz ederler.



# Kozmojenik İzotoplar

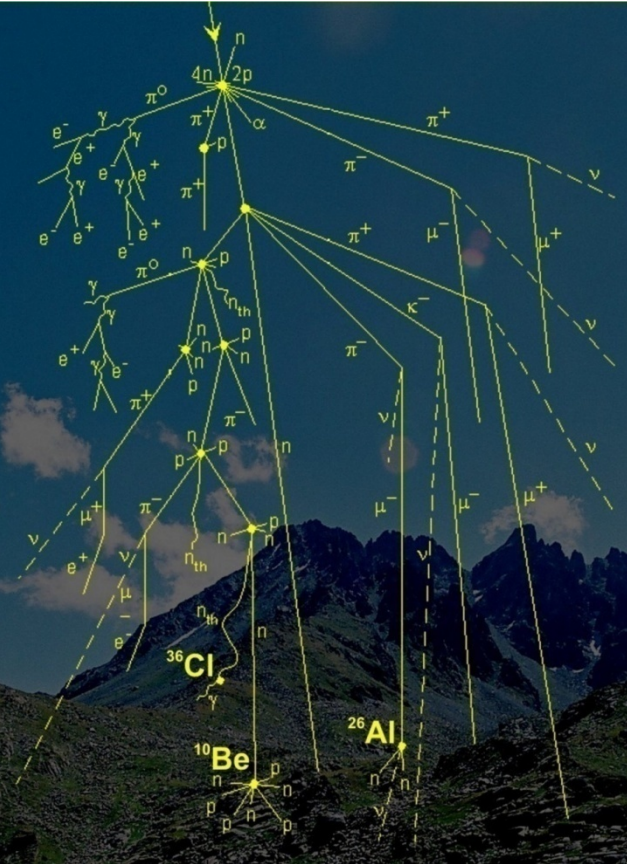
## Target Minerals and Nuclides



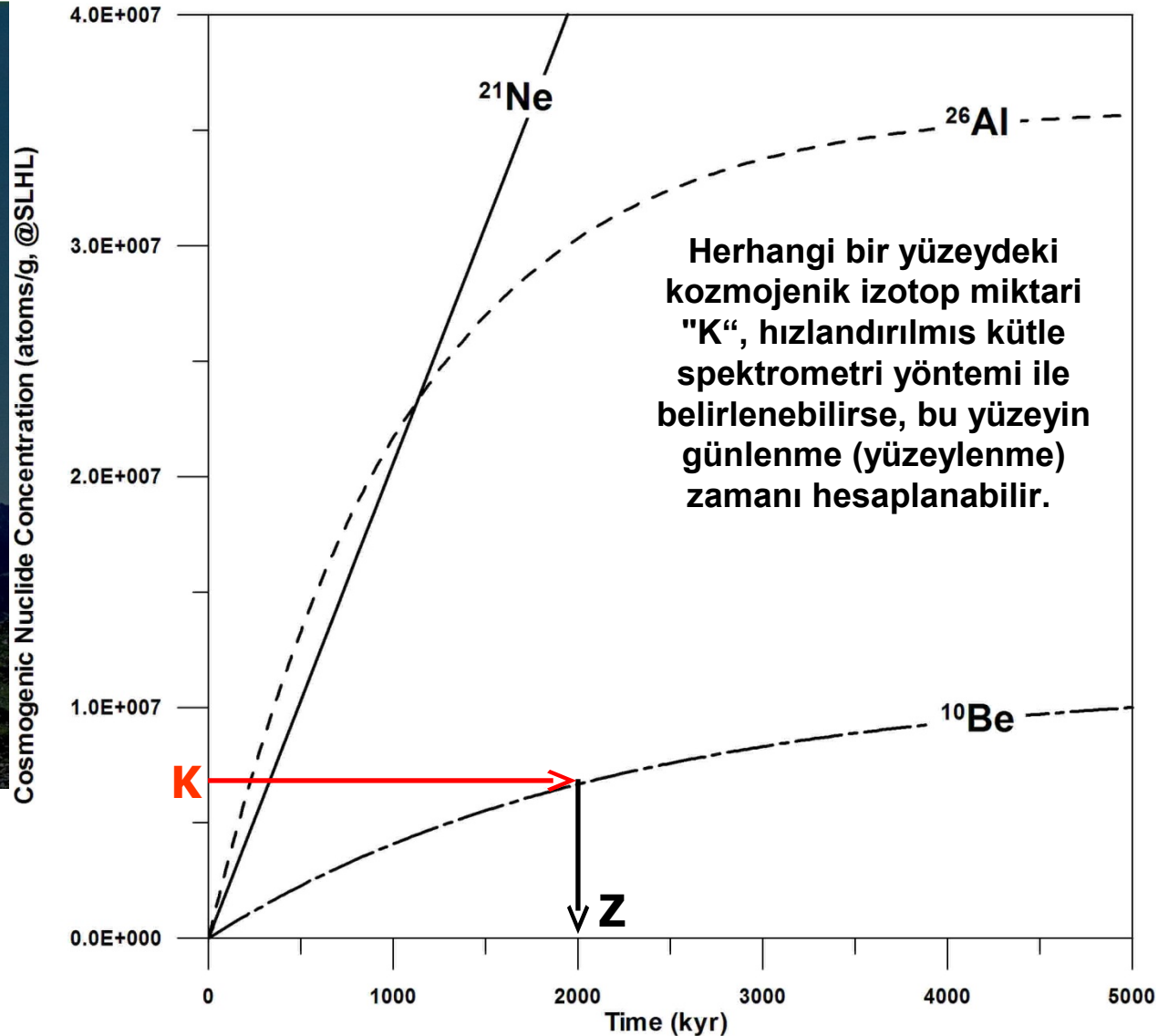
Yeryüzüne ulaşabilen ikincil ve üçüncül isinlari oluşturan Nötron ve müon gibi kozmik parçacıklar; kuvars, kalsit, feldspat ve olivin gibi mineraller ile nükleer etkileserek duraysız (örneğin  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$ , ve  $^{36}\text{Cl}$ ) ve duraylı (örneğin  $^3\text{He}$  ve  $^{21}\text{Ne}$ ) kozmik izotopların oluşmasına neden olurlar.

## Yerinde Oluşmuş Yerküre Kozmojenik İzotopları

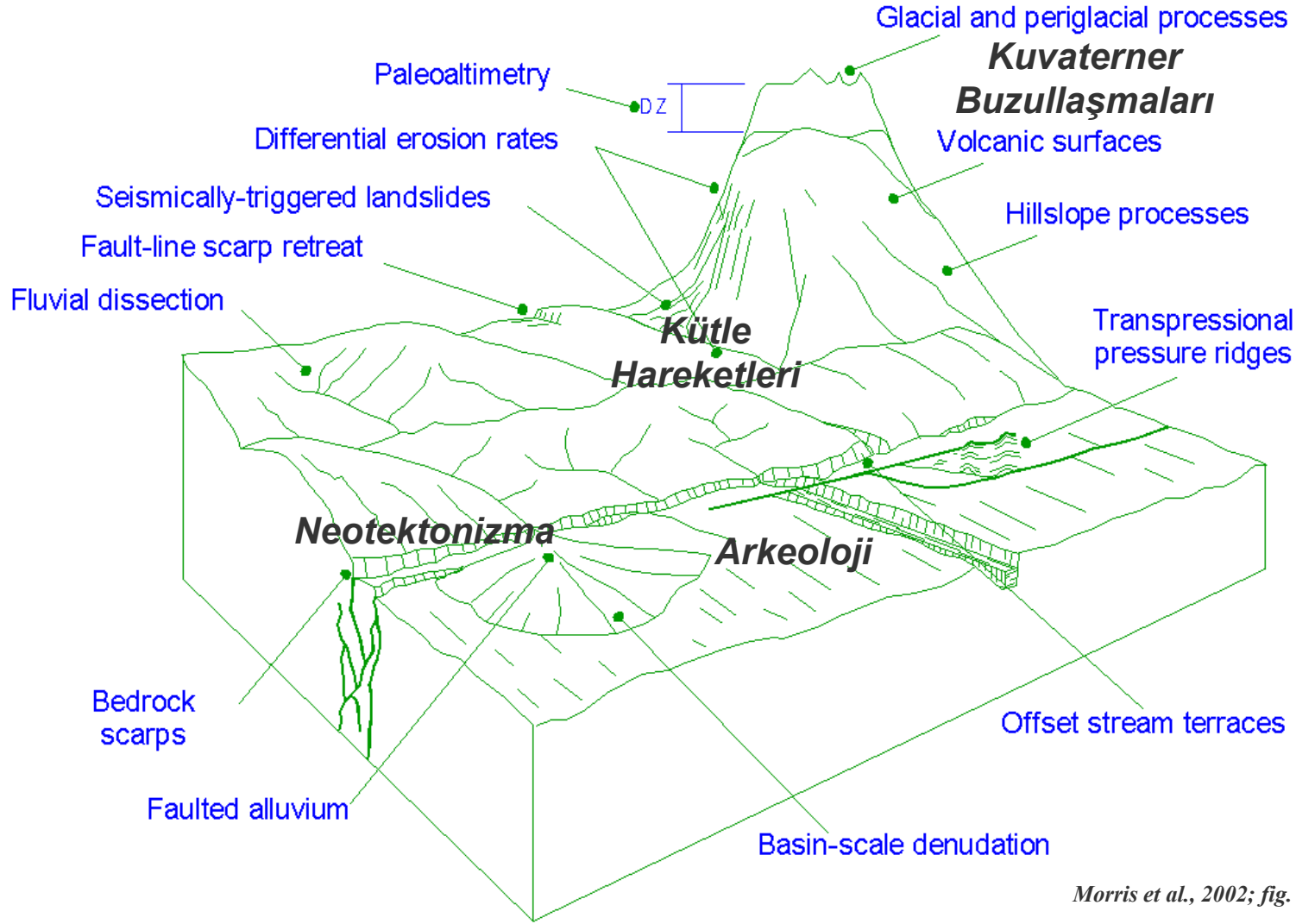
# Kozmojenik Yaş Tayin Yöntemi



$^{10}\text{Be}$ ,  $^{26}\text{Al}$ , ve  $^{21}\text{Ne}$  izotoplarının zaman ile konsantrasyon ilişkisi



# Yer bilimlerinde Uygulamalar

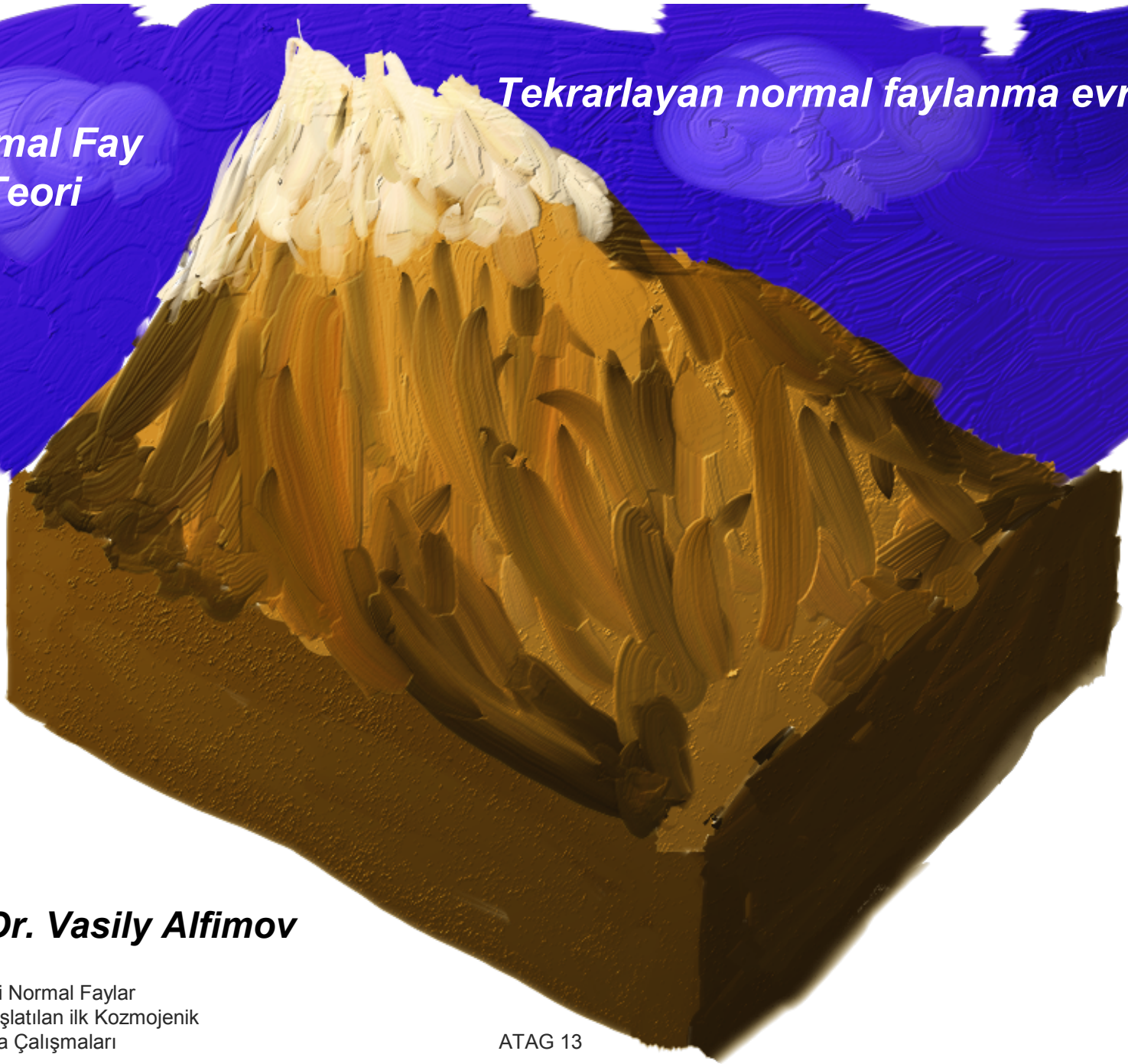


Yerinde Oluşmuş Yerküre İzotoplarının yer bilimlerinde uygulandıkları alanlar

Türkiye'deki Normal Faylar  
üzerinde başlatılan ilk Kozmojenik  
Yaşlandırma Çalışmaları

*Normal Fay  
Teori*

*Tekrarlayan normal faylanma evreleri*

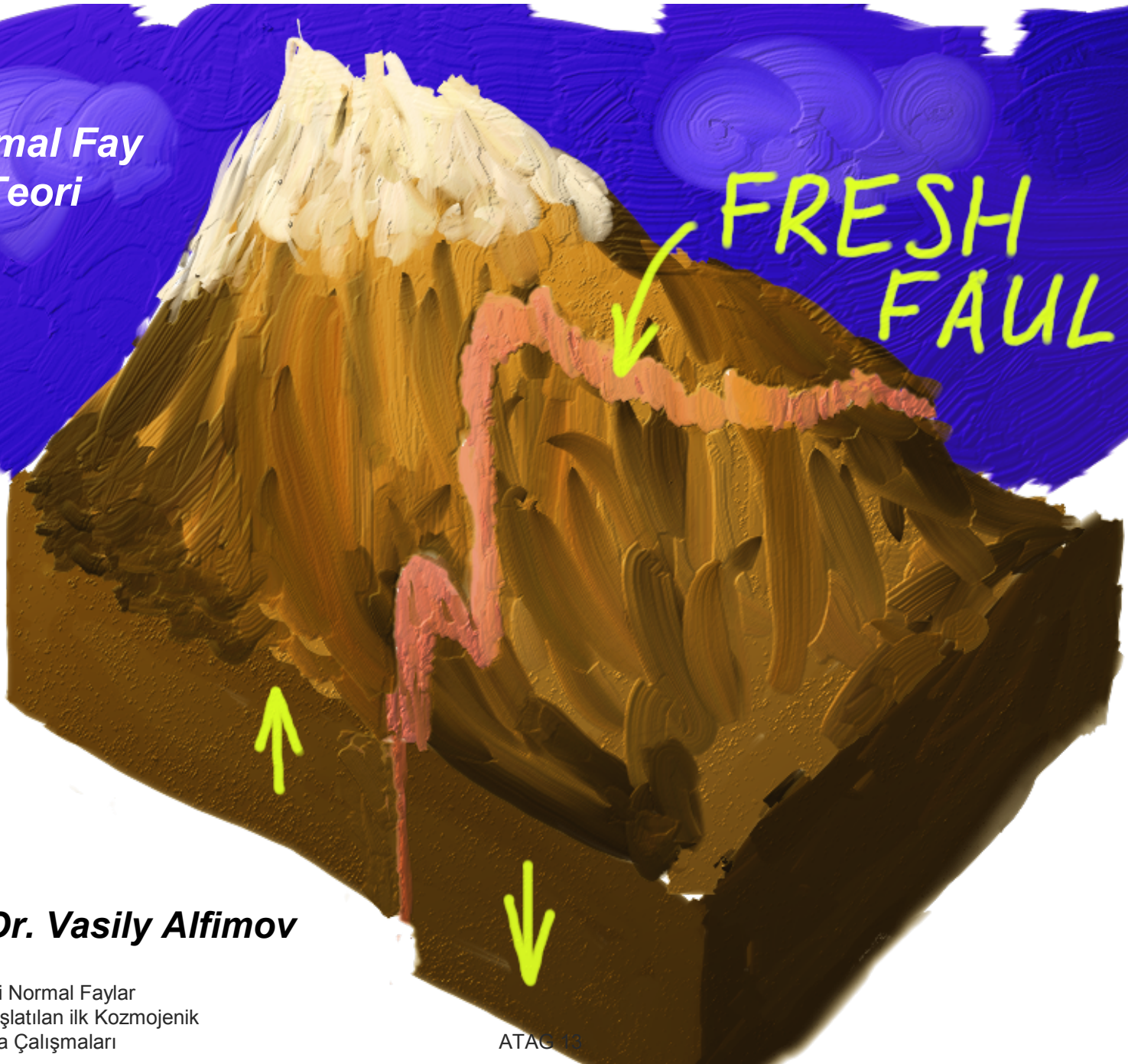


*made by Dr. Vasily Alfimov*

Türkiye'deki Normal Faylar  
üzerinde başlatılan ilk Kozmojenik  
Yaşlandırma Çalışmaları

**Normal Fay  
Teori**

**FRESH  
FAULT**



**made by Dr. Vasily Alfimov**

Türkiye'deki Normal Faylar  
üzerinde başlatılan ilk Kozmojenik  
Yaşlandırma Çalışmaları

Normal Fay  
Teori

FRESH  
FAULT

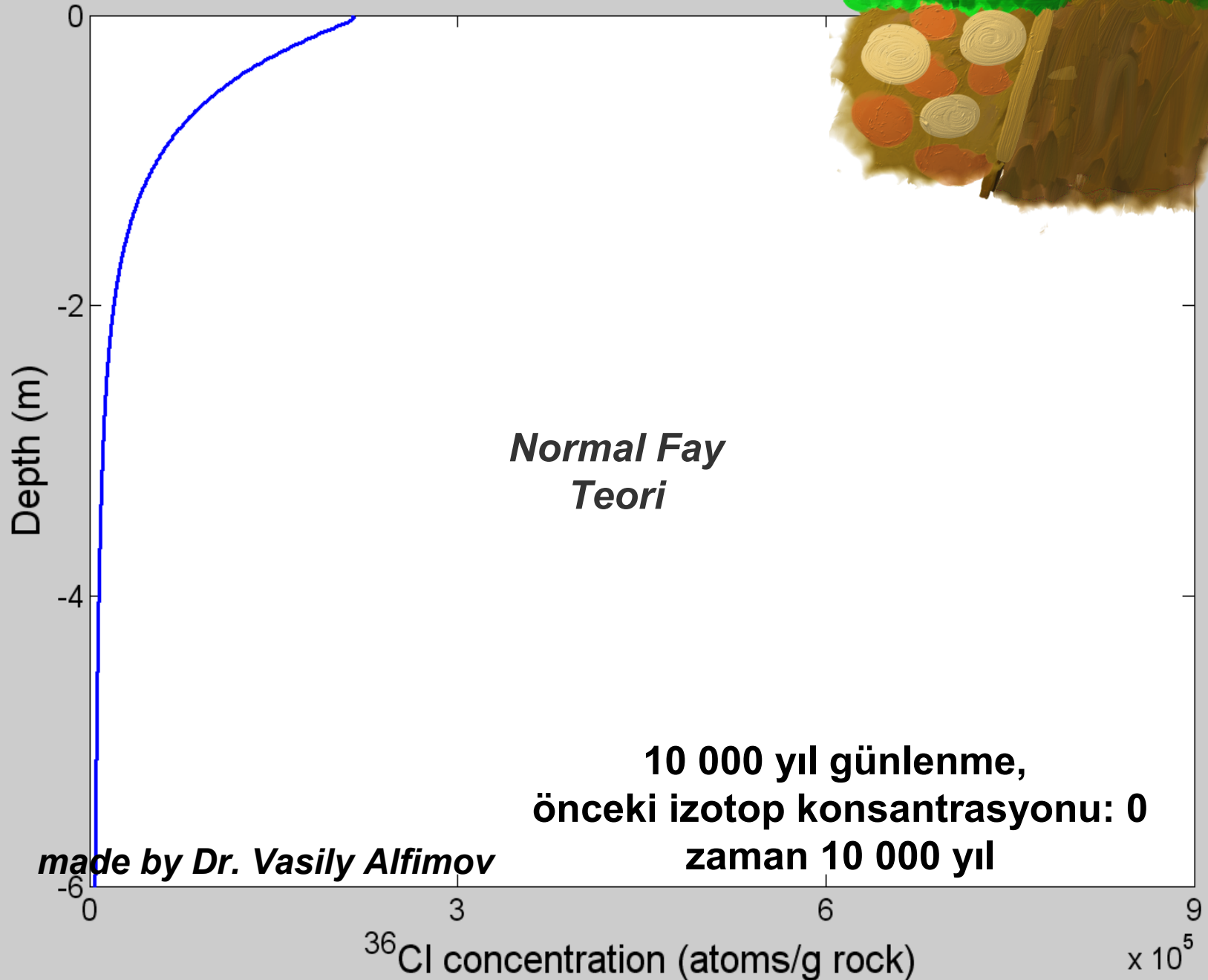


**made by Dr. Vasily Alfimov**

Türkiye'deki Normal Faylar  
üzerinde başlatılan ilk Kozmojenik  
Yaşlandırma Çalışmaları

Deprem öncesi durum

Calcite fault plane



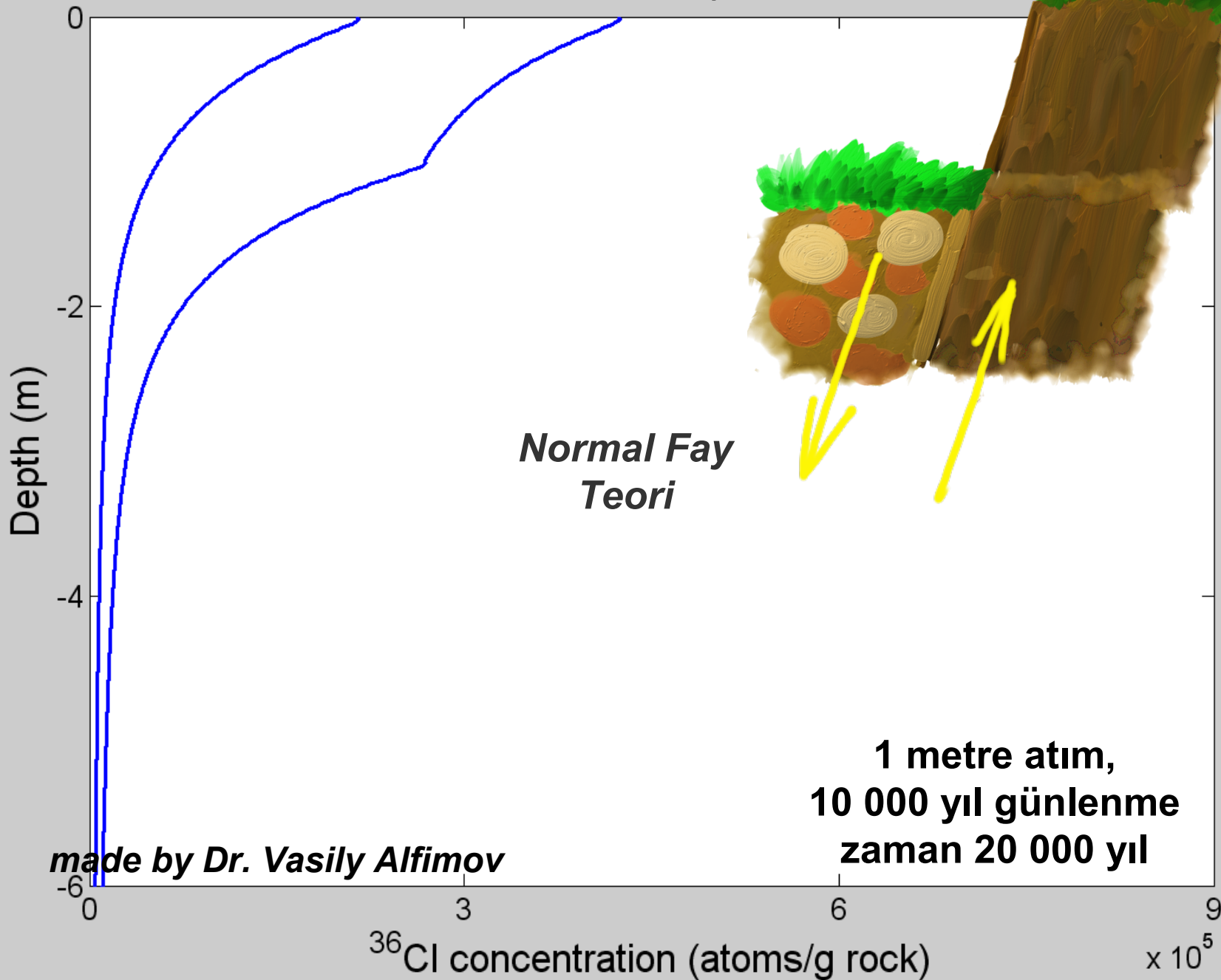
*Normal Fay  
Teori*

**10 000 yıl günlenme,  
önceki izotop konsantrasyonu: 0  
zaman 10 000 yıl**

*made by Dr. Vasily Alfimov*

**Birinci Deprem**

**Calcite fault plane**



*Normal Fay Teori*

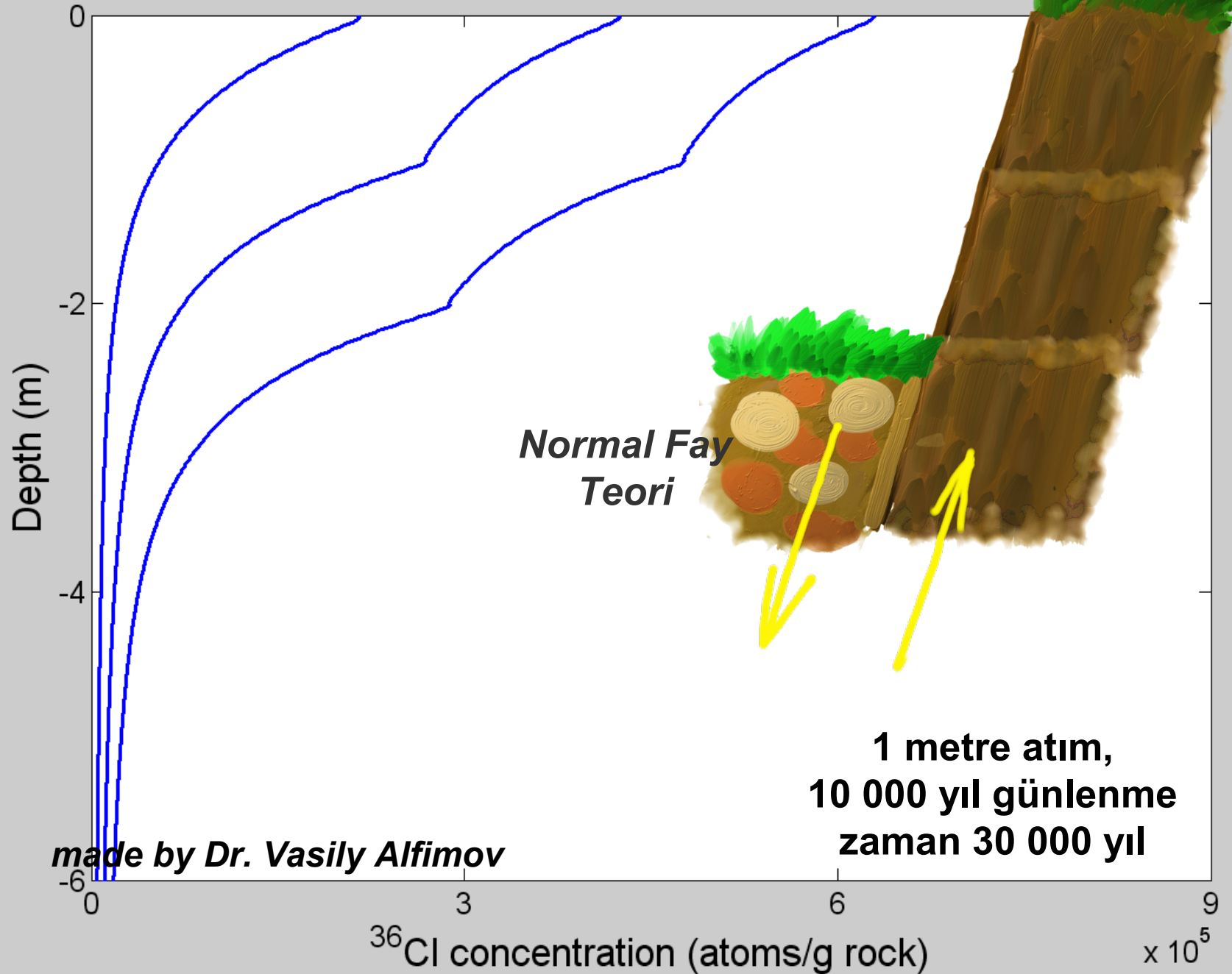
**1 metre atım,  
10 000 yıl günlenme  
zaman 20 000 yıl**

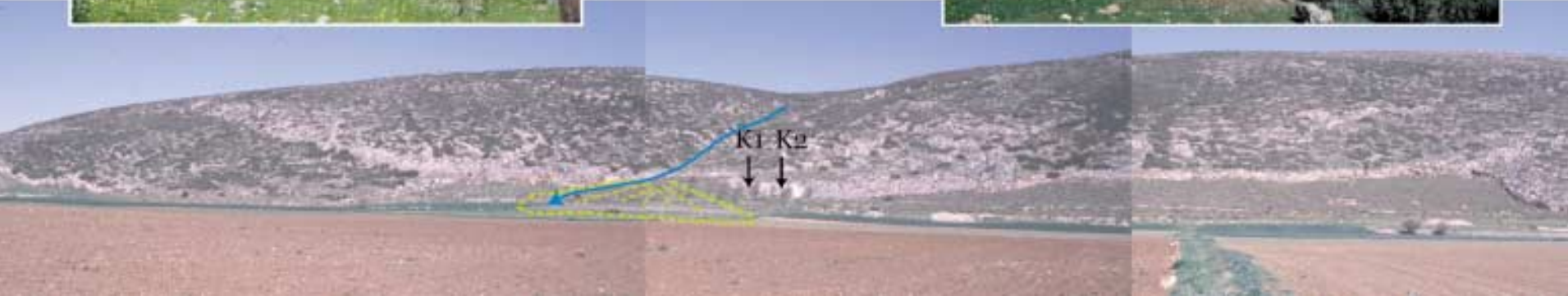
*made by Dr. Vasily Alfimov*



İkinci Deprem

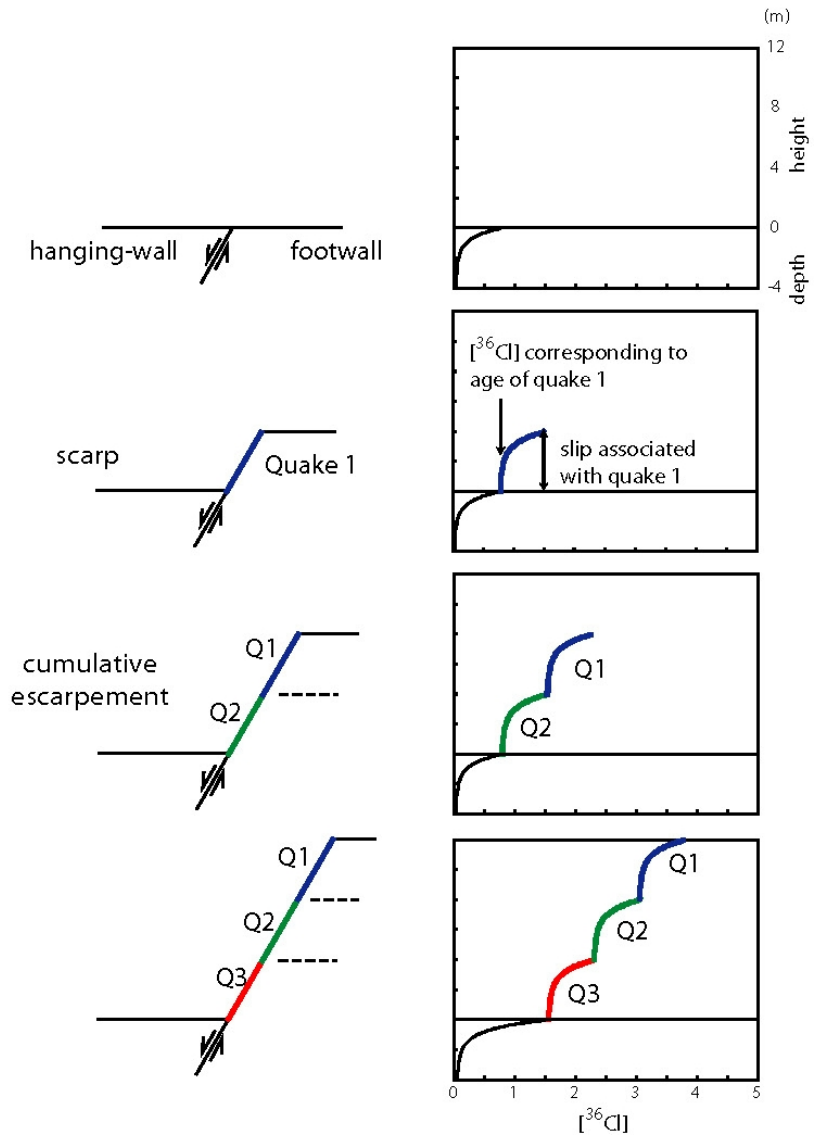
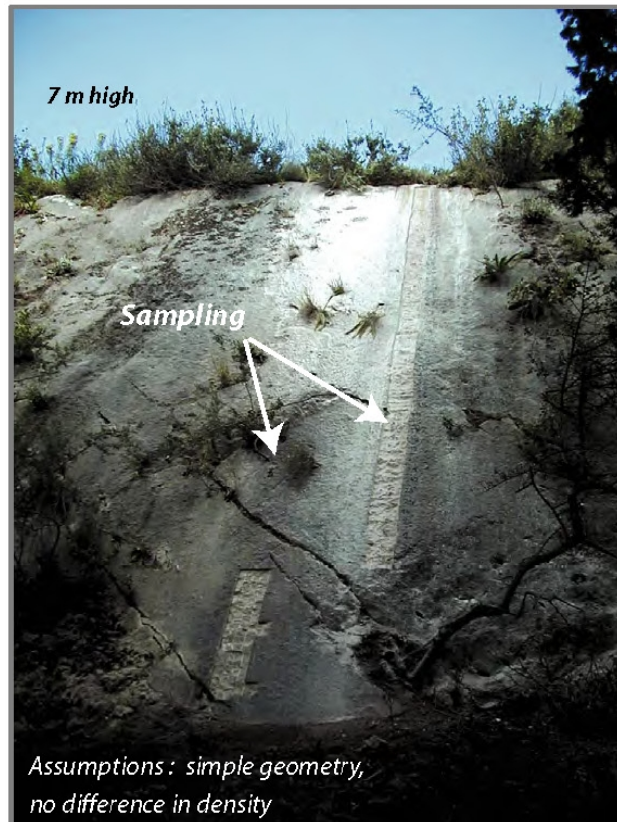
Calcite fault plane





# Normal Faylar

from *Benedetti et al., 2002*  
*Benedetti, 2006*









Optically Stimulated Luminescence (OSL)

# Teşekkürler...

1928'den beri

# TAYI

