

A photograph showing a significant landslide on a hillside. The foreground is dominated by a large, exposed area of brown, eroded soil and rock, with some sparse green vegetation. In the background, several houses are visible on the upper part of the hill, including a prominent white house with a dark roof. The sky is clear and blue.

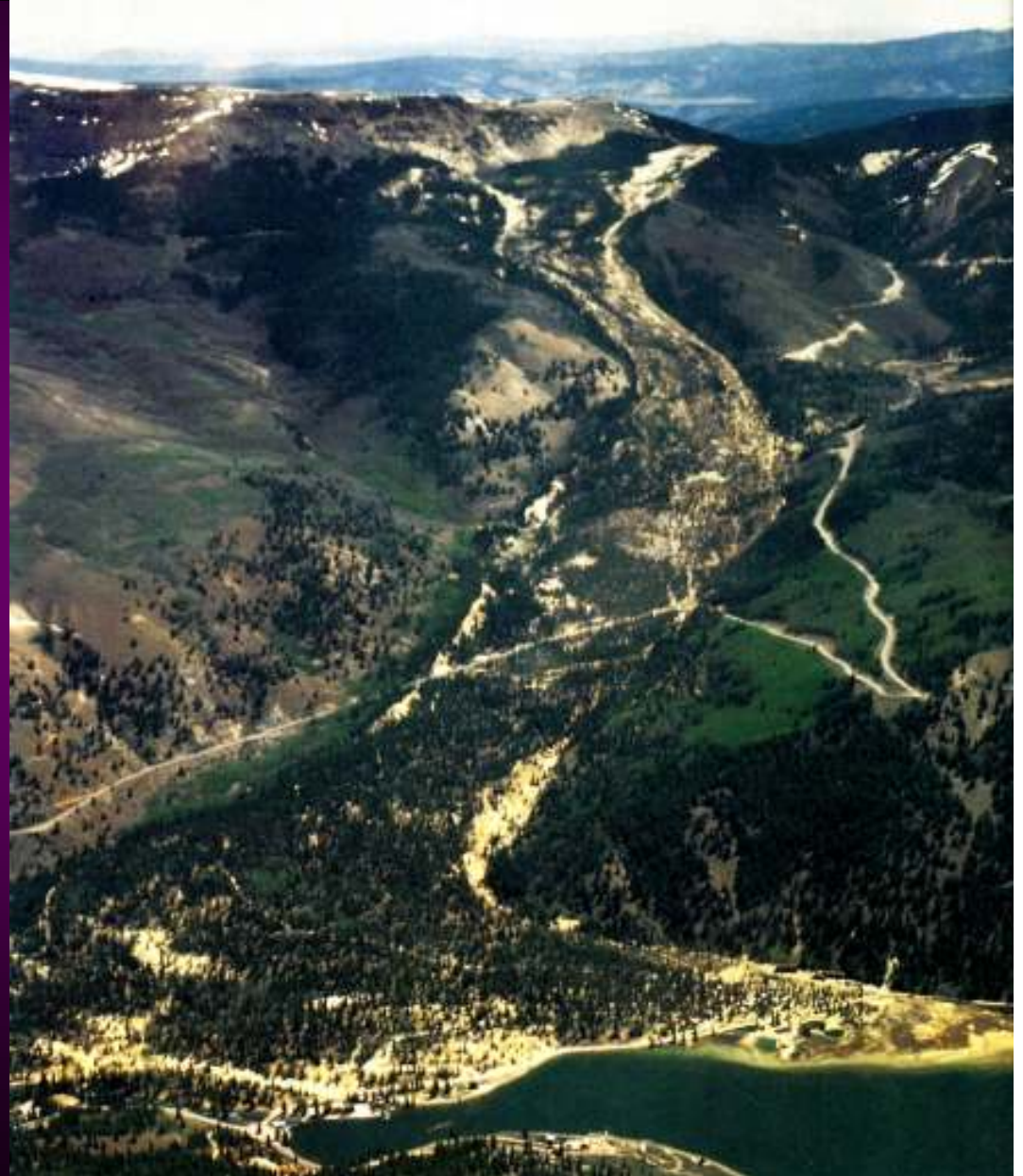
Yer kaymaları- kütle hareketleri

Doç.Dr. Yaşar EREN

Kütle hareketi

Yer yüzeyindeki
materyallerin
Genellikle yıkıcı
(jeolojik olarak hızlı)
hareketlerine kütle
hareketi denir.

Bu olaylar
yeryüzünde çok yıkıcı
hareket oluşturan
jeolojik olaylardır



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



Yamaç duraylılığını etkileyen faktörler

- 1) Yamaç eğimi
- 2) Su
- 3) bitki örtüsü
- 4) Malzeme tipi ve jeolojik yapı
- 5) Depremler
- 6) İnsan etkinlikleri

- **Kütle erozyonuna etki eden diğer faktörler:**
- **Kar sularının erimesi ve ağır yağışlar**
- **Volkanik püskürmeler**
- **Salınımlar**
- **Aşırı ağırlık**

1) Yamaç

Yamaç eğimi arttıkça

> Kayma gerilmesi

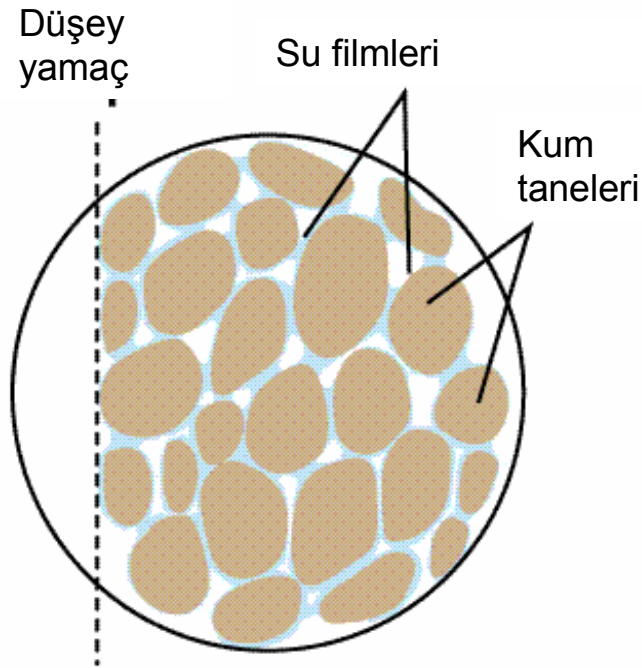
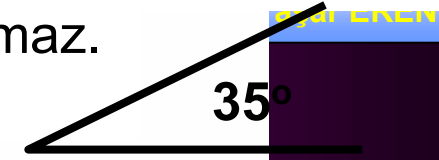
>

Güvenlik açısı:

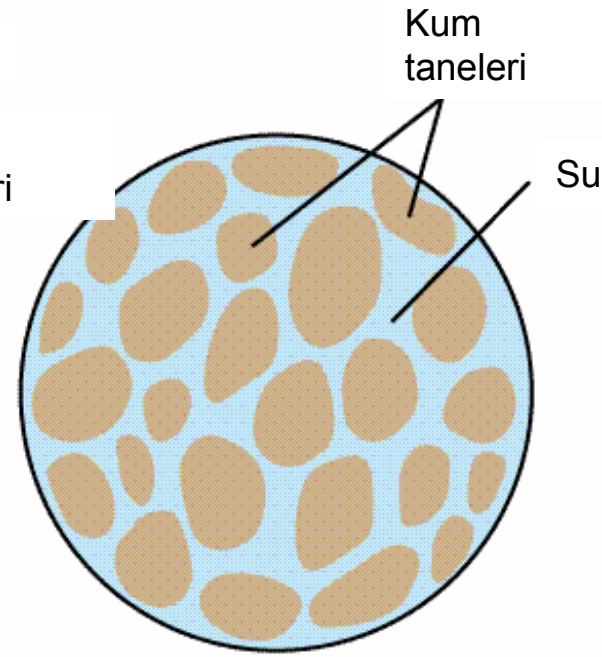
- Yamaçtaki malzemenin duraylı olduğu en büyük yamaç eğimi miktarı**
- Malzeme tipine göre değişir**

Güvenlik açısına suyun etkisi

Kuru kum 35° den daha büyük yamaç açısına dayanamaz.
Bu açiya güvenli açısı denir

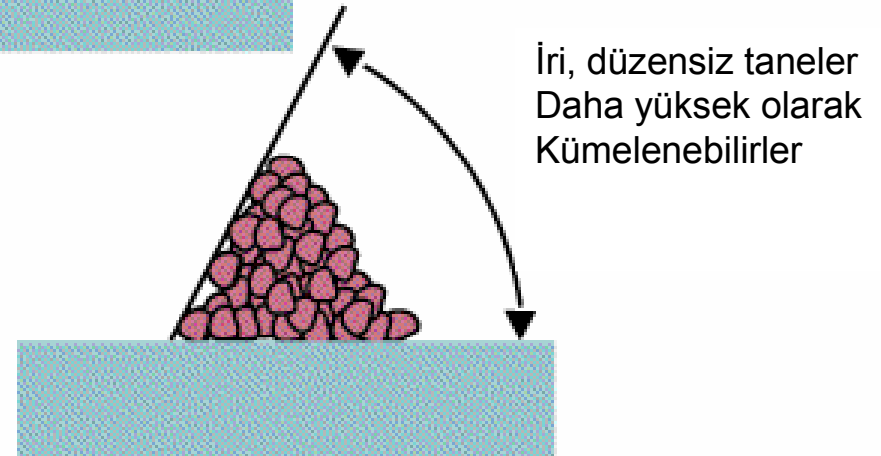
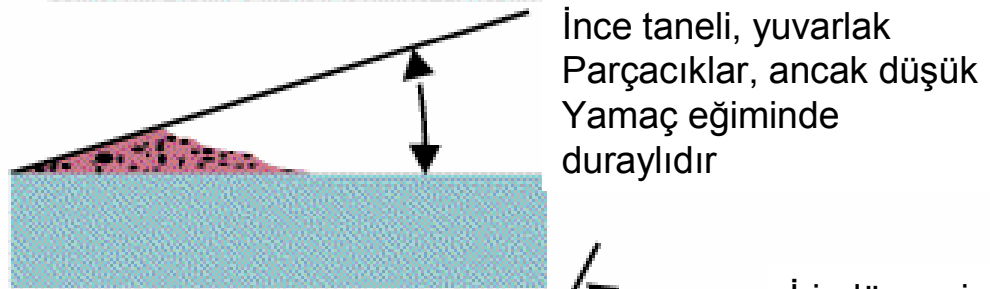
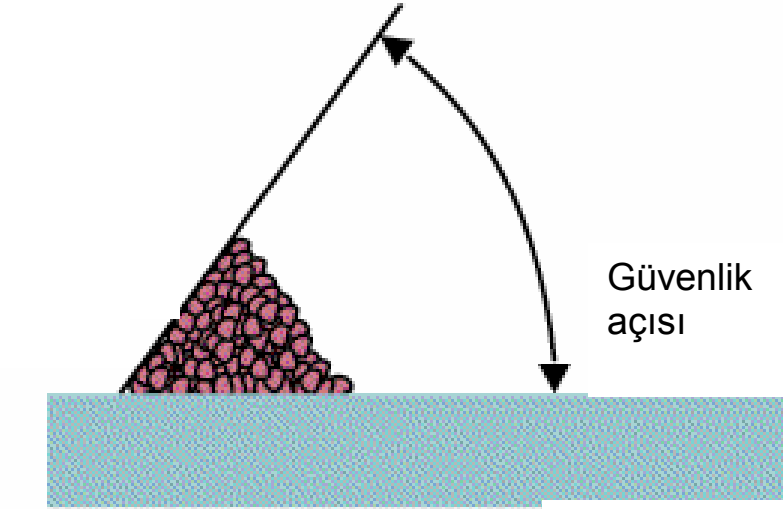


Orta derecede su taneler arasındaki yüzey gerilimi nedeniyle sedimentleri daha dayanımlı hale getirir. Bu durumda güvenlik açısından daha büyük açılarda kayma gerçekleşebilir



Sedimentlerin suya doymun hale gelmesi yapısal dayanımlılığı ortadan kaldırır. Yamaç duraysızlığına ve kütle hareketlerine yol açan en büyük neden budur.

Güvenlik açısı
Konsolide olmamış
Sedimentlerin
Kaymaya karşı olan
Direncini gösterir



A

2) Sıvılar yamaç duraylılığını düşürür

- Tabaka yüzeyleri arasındaki sürtünmeyi azaltır
- > Boşluk suyu basıncını artırır, bu artmada kayaların kayma gerilmesine karşı direncini azaltır
 - *not: Kuru toprağa biraz su eklemek taneler arasındaki bağı güçlendirir (örneğin kum-kaleleri)*
- Donma-Çözülme kayaları parçalar
- Kil ısladığında genişler, kurduğunda büzülür, buda yamaç duraylılığını bozar
- Şiddetli yağmur veya yağış kütle hareketlerini tetikleyici rol oynayabilir

- **Suyun kaymalardaki etkisi**
 - Yamaç tabanında erozyon.
 - Kayaç ve toprağın kaymasını kolaylaştırması.
 - Yamaç malzemelerine ağırlık eklenmesi.

3) Bitki örtüsü genellikle yamaç duraylılığını artırır

- Kök ve gövdeler sıkışmamış malzemeleri birbirine tutturarak akmayı engeller
- Bitki örtüsü toprağın üst kesimindeki suyu alır
- Bitki terlemesi toprağın nemini alabilir
- fakat:

Bazen de bitki örtüsü yamaç üzerindeki ağırlığı artırarak yamaç duraylılığını artırabilir

4) Depremler yamaç duraylılığını azaltır

- Yer sarsıntısı sürtünmeyi azaltarak toprak ve kayalar parçalar
- Kütle hareketleri için yaygın bir tetikleyici görev görür
- Depremlerin olduğu alanlarda topoğrafya genellikle diktir
 - Neden?

5) Kayaç ve malzeme tipi

- Bazı kaymalar genellikle düzlemsel veya bükümlü yüzeyler boyunca gelişir.
 - Tabaka yüzeyleri boyunca şeyl/çamurtaşı-kil veya gevşek toprak veya moloz bulunması, tabaka yüzeyi boyunca kaymayı kolaylaştırır
 - Kayma yüzeyine koşut Tabaka yüzeyleri ve kırıklar kaymayı kolaylaştırır

5) Kil kaymayı kolaylaştırır

Şişme özelliği gösteren kil bu yolu tahrip etmiştir



6) Yamaç duraylılığı üzerinde insan etkisi

- Ormanların yok edilmesi
- Yapılaşma yamaç eğiminin artmasını sağlayabilir.
- Yapılar Yamaç üzerindeki ağırlığı artırır
- Çimenlerin sulanması

Kütle hareketlerinin sınıflaması

- Kayaç çığı
- Moloz çığı
- Kaya düşmesi
- Kaya kayması
- Moloz kayması
- Moloz akması
- Çamur akması
- Yer akması
- Kayma
- Krip (yavaş akma)
- Soliflüksiyon

Kütle hareketleri terimleri

DOÇ.DR. Faşal EREN

- Düşme bir veya birkaç kayaç bloğunun bir yükseklikten aşağıya doğru hareketidir.
- Kayma kütle hareketinin bir birim gibi davranışdır.
- Akma ise içsel olarak karmaşık ve türbülanslı olan kütle hareketidir. Kayma şeklinde başlayan bir hareket zaman içinde kütlenin parçalanması ile akmaya dönüşebilir.

Kayma ve akma genellikle yamaç eğiminin fazla olduğu yerlerde gelişir, ancak bir kez hareket başladıktan sonra, bu hareket düşük eğimli alanlarda da devam edebilir

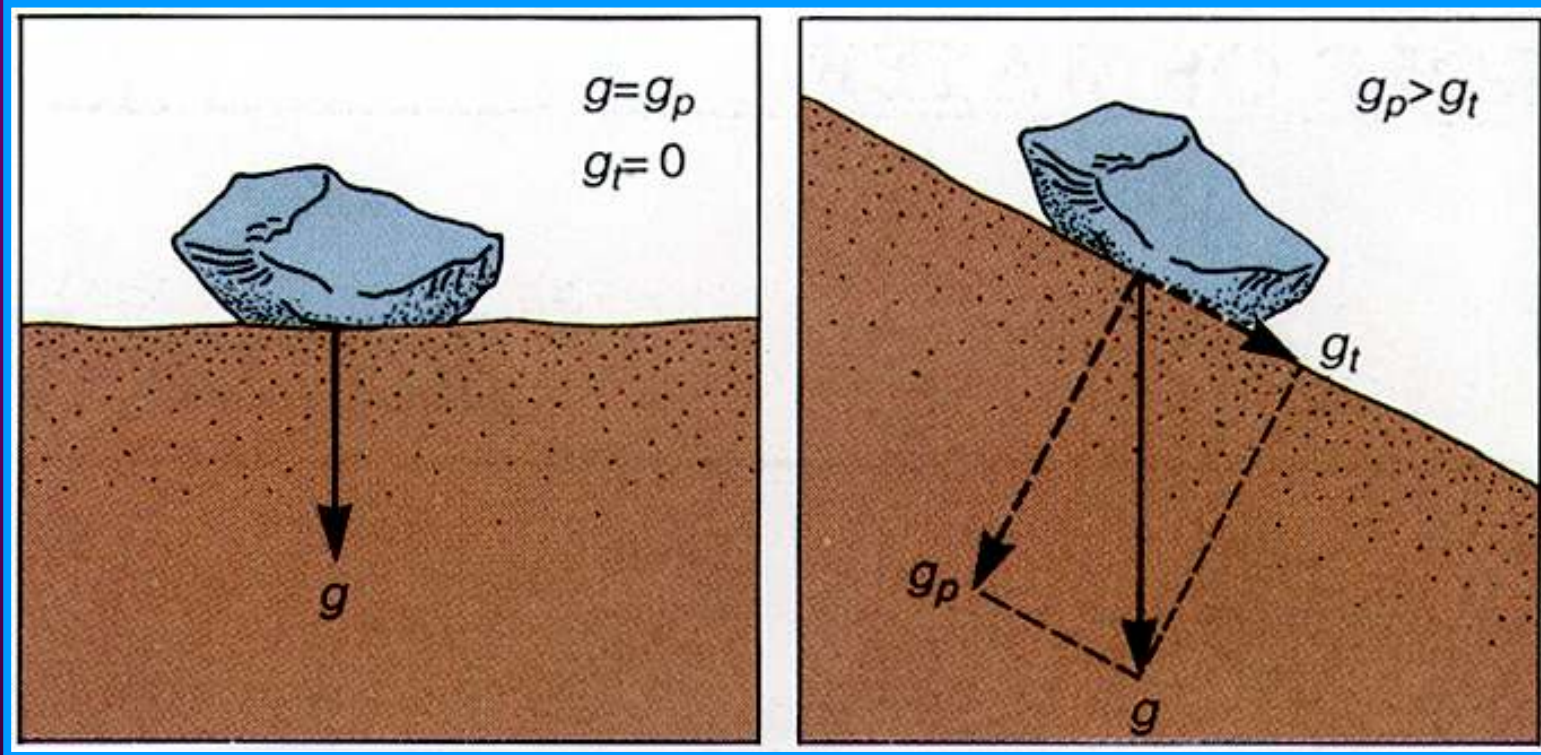
Hareketlerin özel isimleri taşıdıkları malzemeye göre değişir (kaya, moloz, yer ve çamur gibi). Çığ terimi büyük bir bölümü kar ve buzdan yapılmış moloz akımına denir.

Lahar ise egemen olarak volkanik malzeme kapsayan moloz akımlarına



Kuvvetler ve yer kayması

Doç.Dr.Yaşar EREN



İki gerilme

1. Kayma gerilmesi

– Gravite (düşey ve teğetsel)

2. Kayma dayanımı

Kütle hareketlerinin tipleri

- Yamaç kaymalarının iki ana türü vardır
 - Yavaş-yamaç hareketleri
 - Hızlı yamaç hareketleri

KRİP

•Yavaş-sürekli yamaç hareketleri

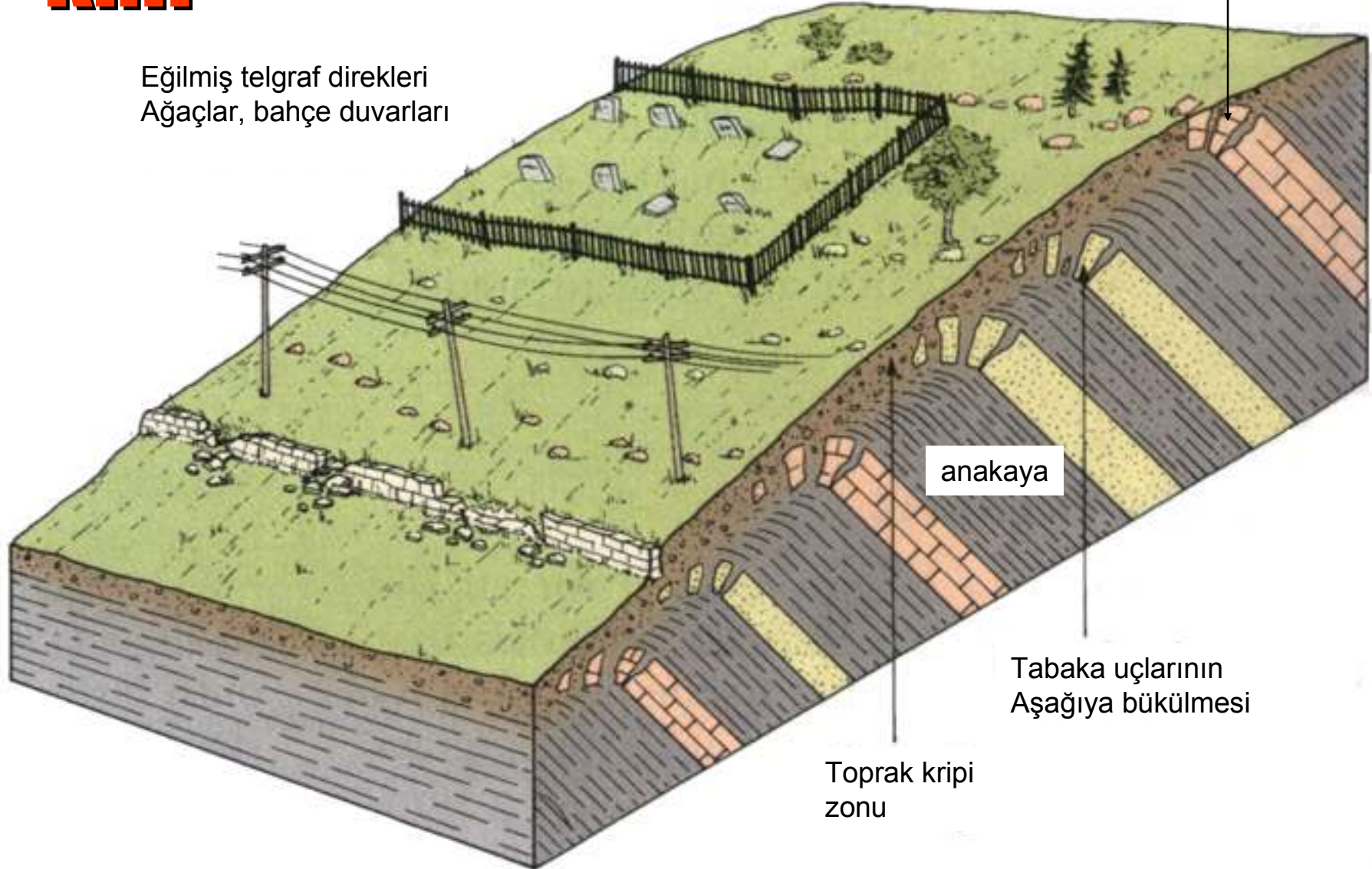
Eğilmiş telgraf direkleri
Ağaçlar, bahçe duvarları

Hareket eden
Çatlaklı
Blokler

anakaya

Tabaka uçlarının
Aşağıya bükülmesi

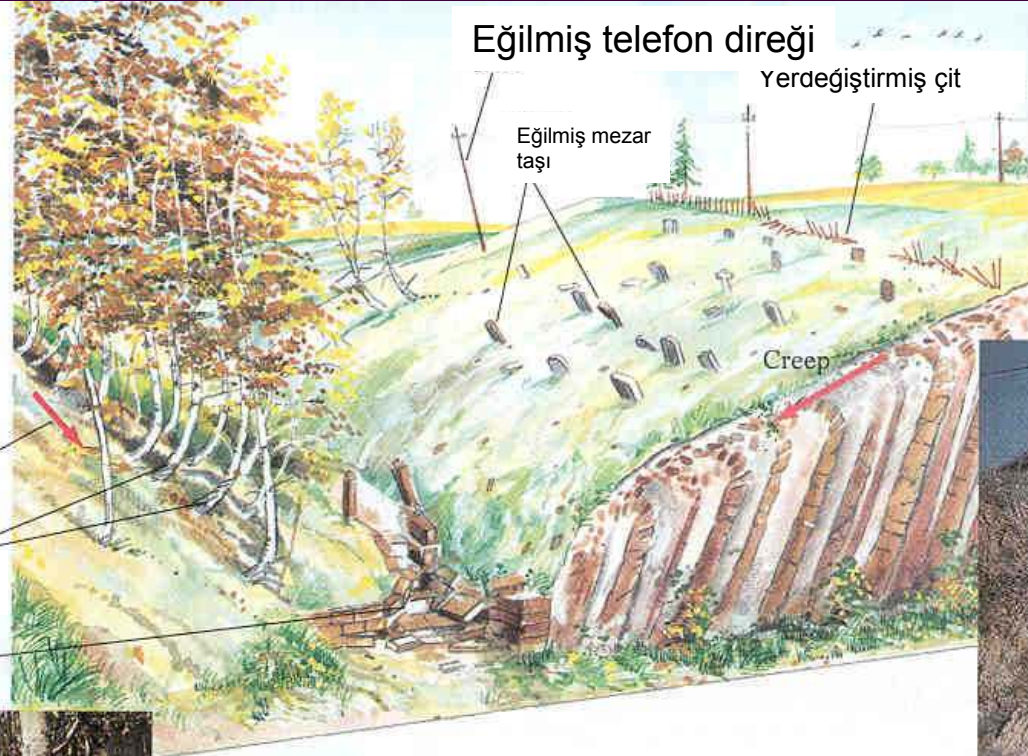
Toprak kripti
zonu



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

224



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

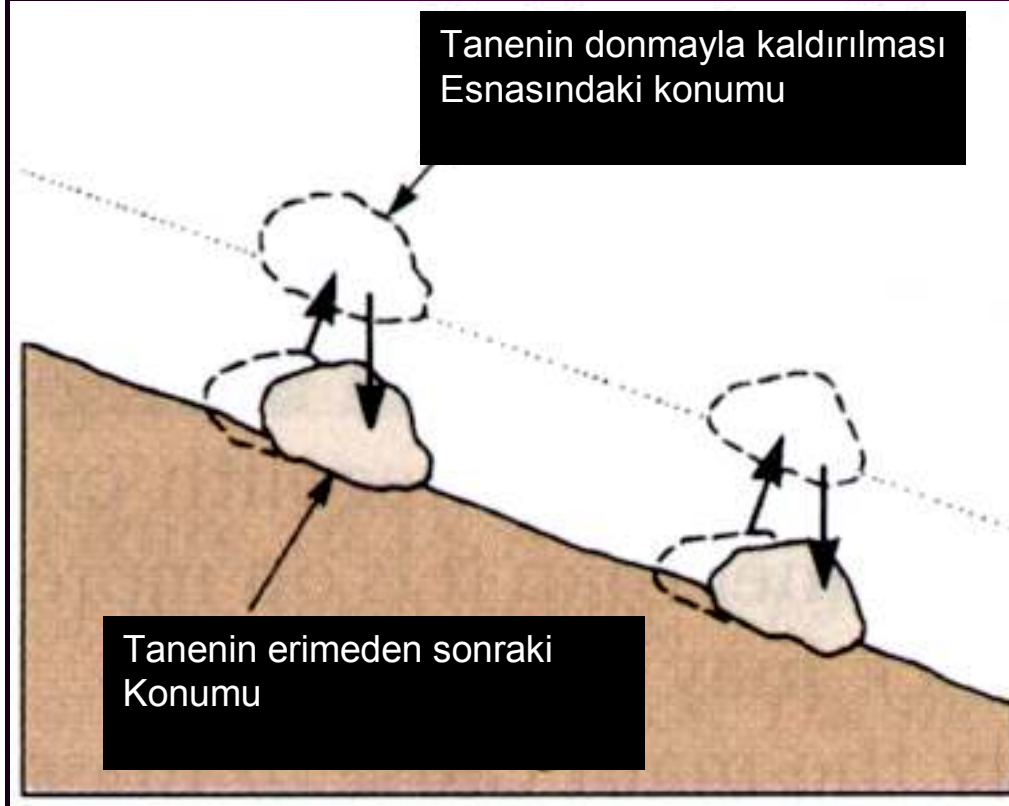


KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER



**Donma-erime koşullarında
krip**



- **Soliflüksiyon**
 - **Suya doygun yüzey kayalarında suyun kaçamamasından kaynaklanır.**

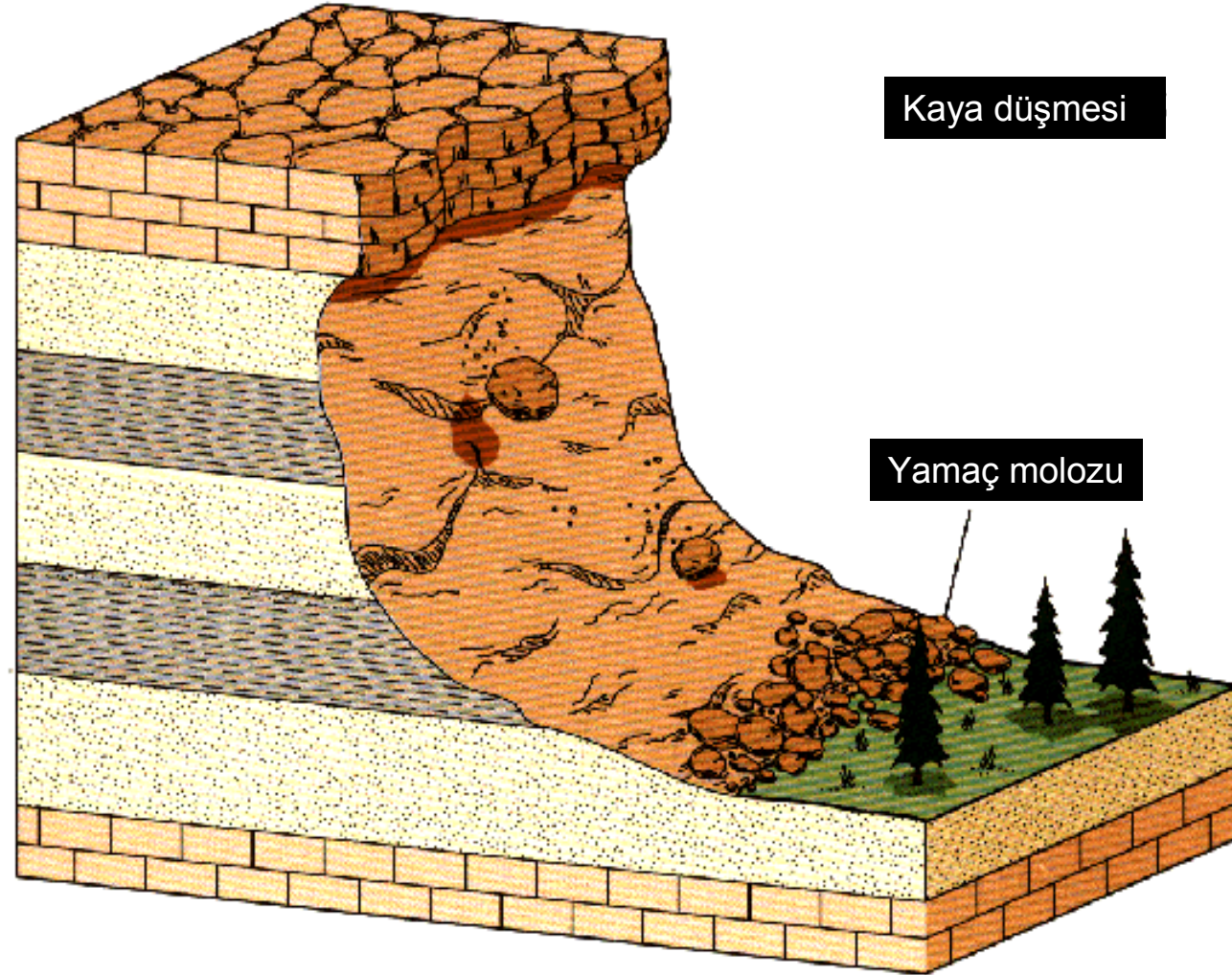


- **Hızlı ve süreksiz hareketler**
- **Kaya düşmeleri ve devrilmeleri**
 - Oldukça çatlaklı bölgelerde kaya kütlelerinin dik yamaçlardan aşağıya doğru düşmesi ve devrilmesi.

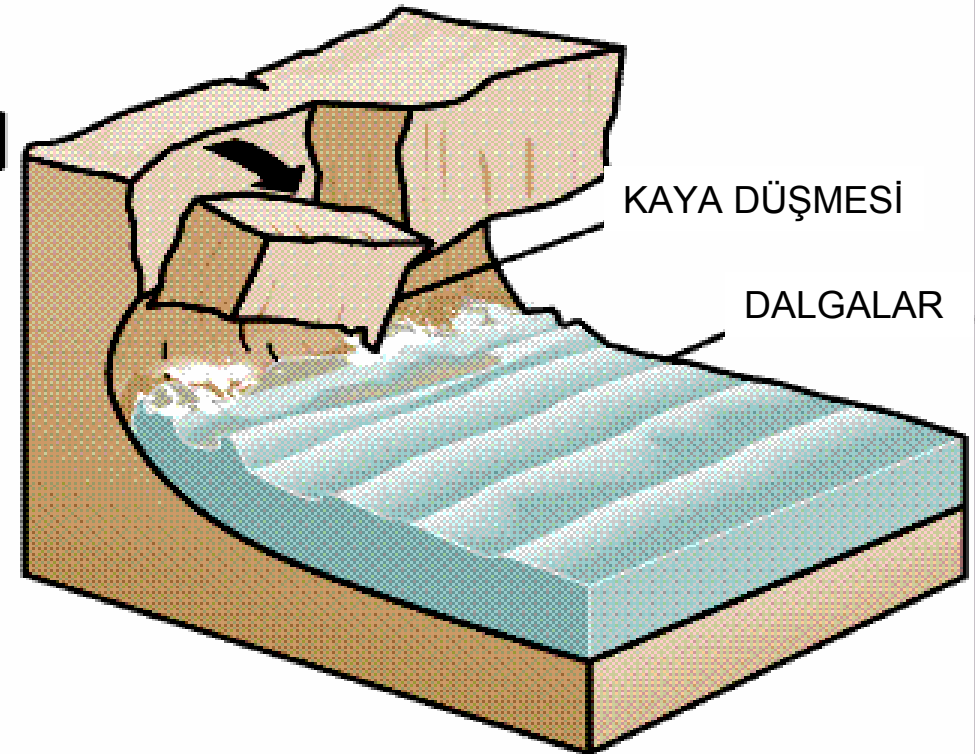
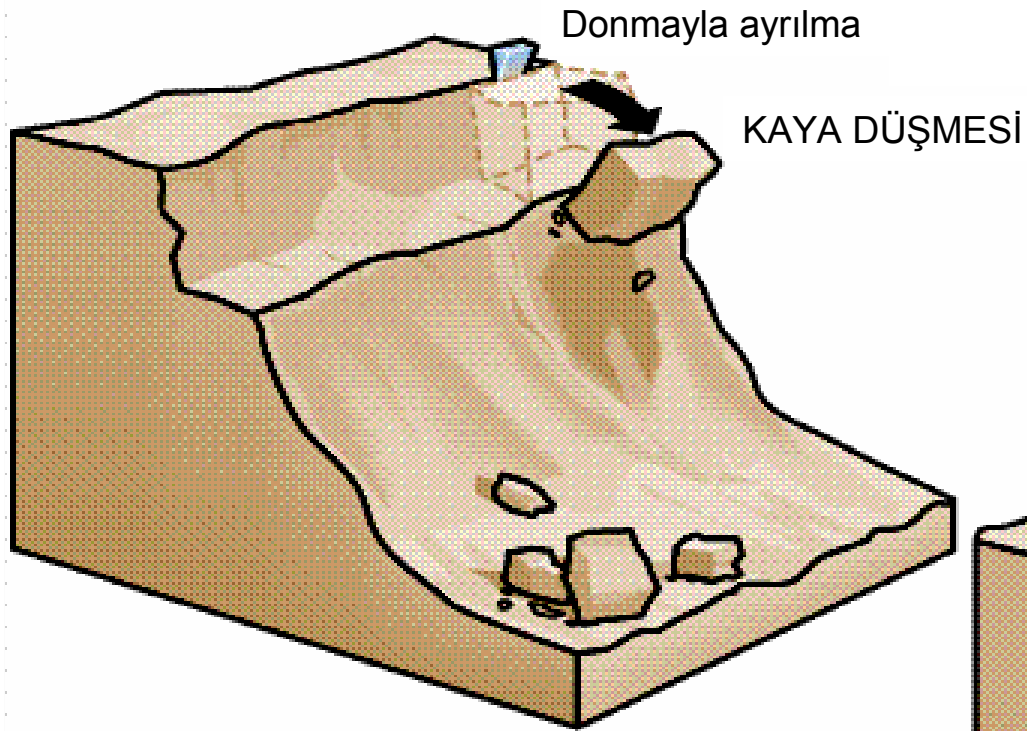
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Kaya düşmesi ve devrilmesi



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER



Kaya düşmesi ve devrilmesi



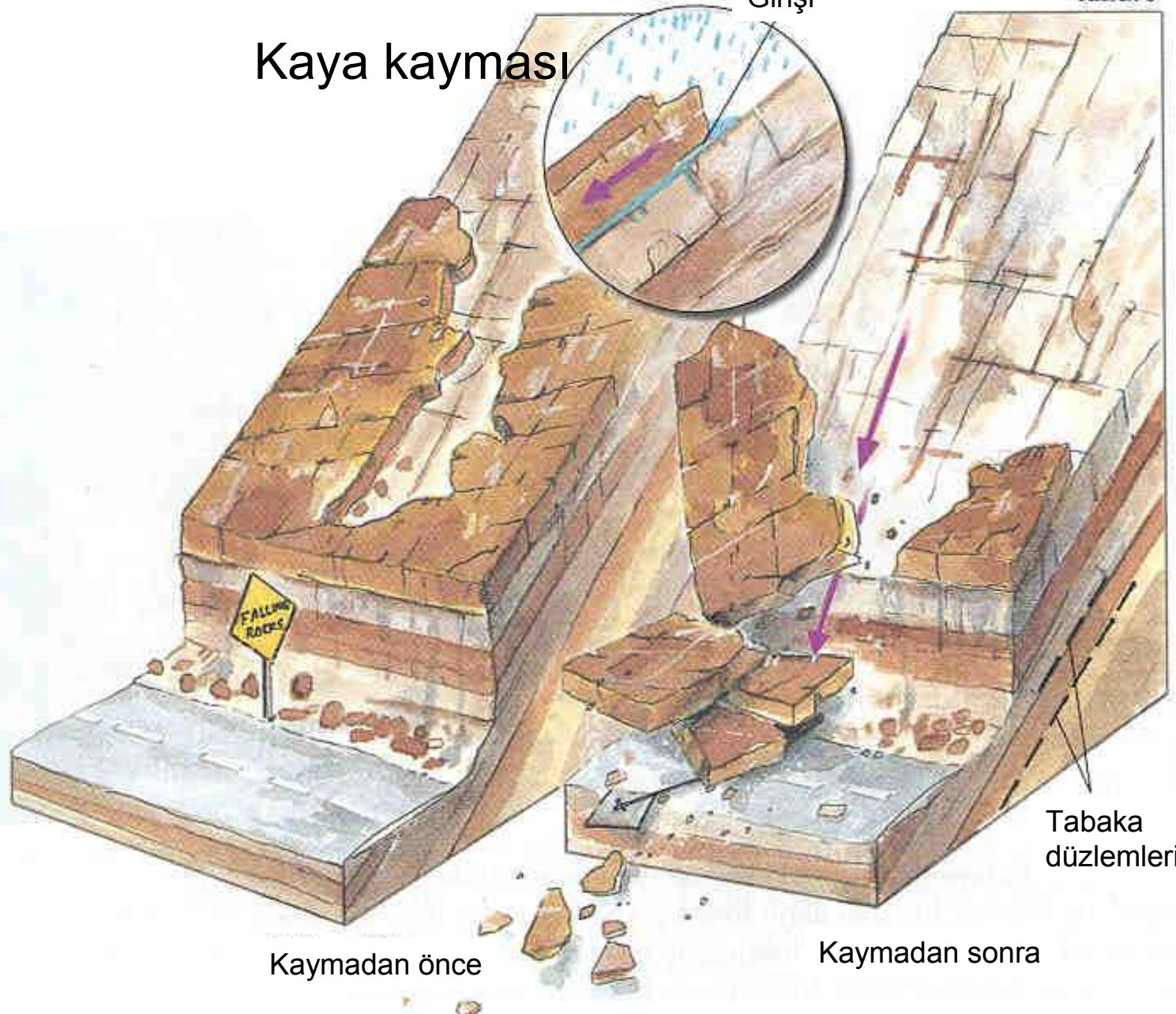
- **Hızlı süreksiz hareketler**
- Kaymalar
 - Bir kayaç veya ayrıışmış bir kütlenin tabandaki bir kayama yüzeyi boyunca aşağıya doğru hareketi.
 - Heyelan, kayaç kayması, moloz kayması

Kaya kayması

Su
Girişi

Yamaç kayması

YEREN



Kaymadan önce

Kaymadan sonra

kayma

Doç.Dr.Yaşar EREN

- ❖ **Malzemenin aşağıya doğru kayması**
- ❖ **Bütün bir kesit bükümlü bir yüzey boyunca kayar**
- ❖ **Genellikle yavaş, malzeme fazla uzağa taşınmaz**
- ❖ **Genellikle bir den fazla kayan blok oluşturur**





kayma



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

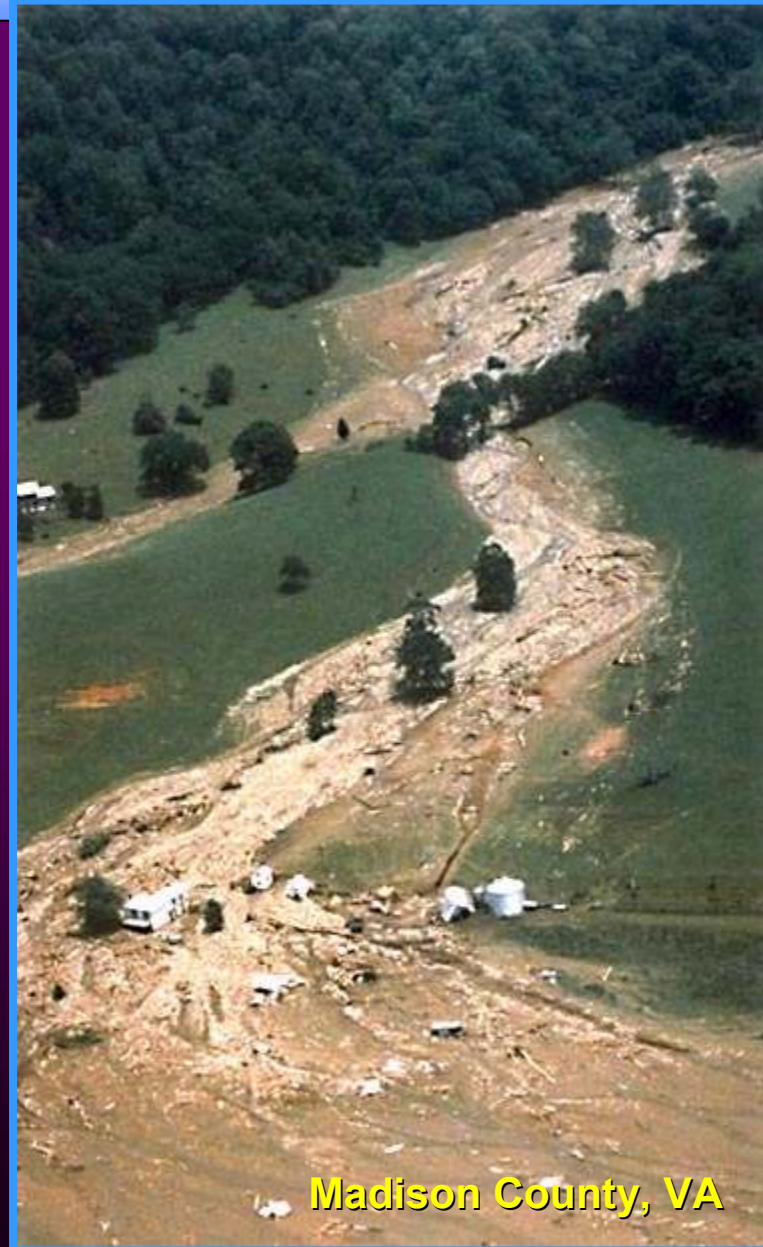
Kaya-kayması



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doc. Dr. Yasar FREN

heyelan



Madison County, VA

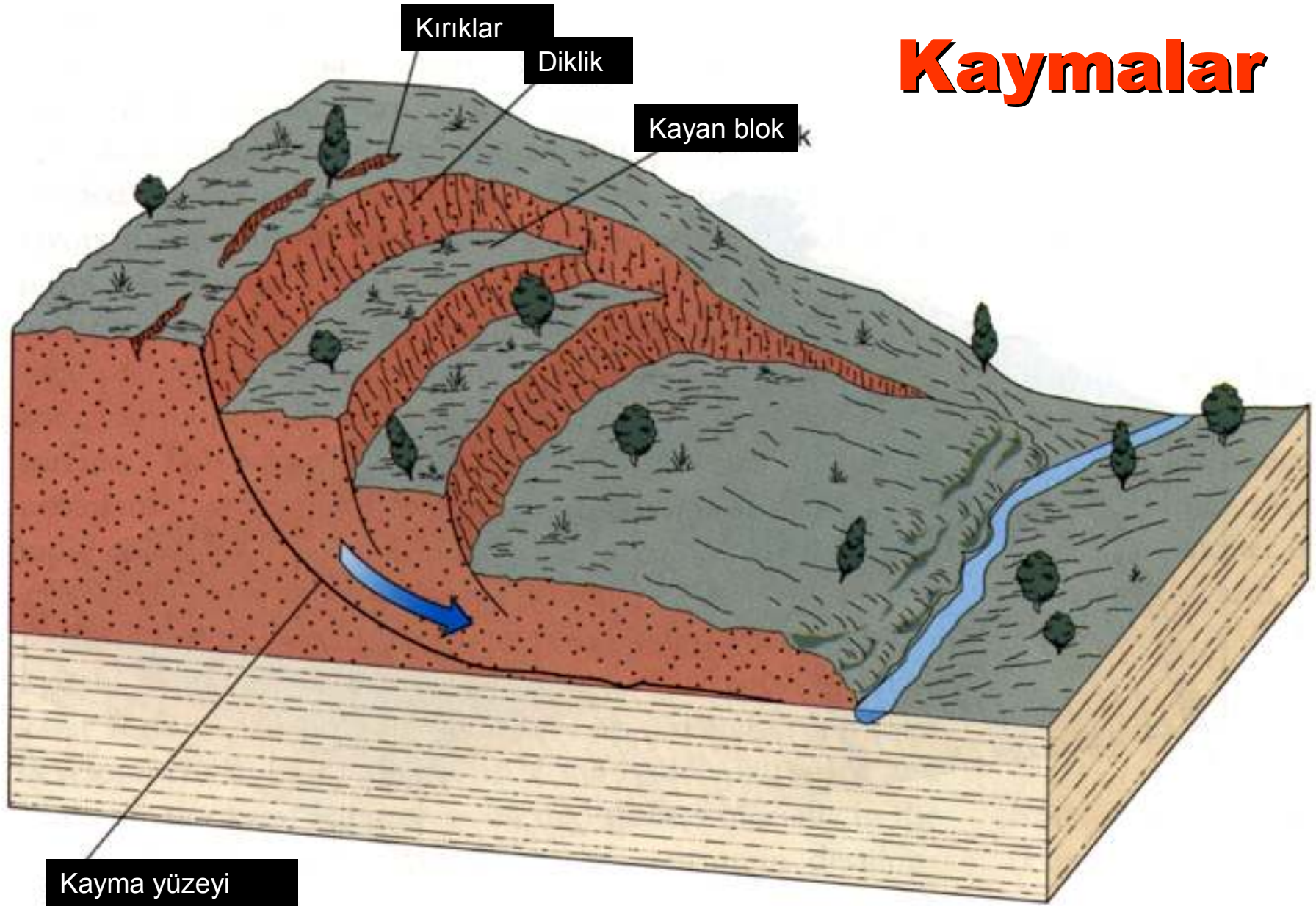
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Dr. Dr. Y. K. EREN



Northridge Depremindeki heyelan

Kaymalar



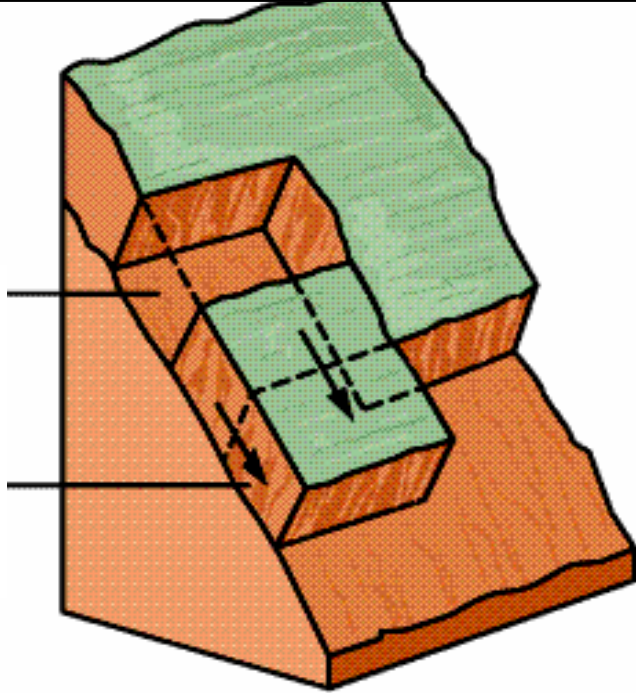
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

kayma

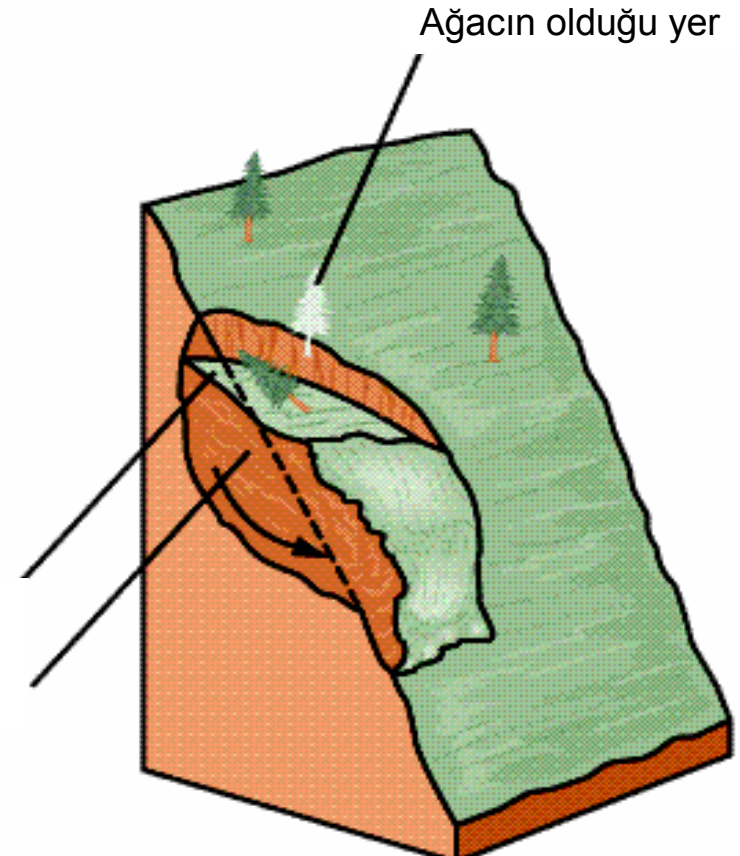
Kütlenin
Başlangıçtaki
Yeri

Hareket eden
kütle



Yerdeğiştirme ile kayma

Başlangıçtaki durum
kayan kütle



Ağacın olduğu yer

Rotasyonel kayma

kaymalar



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Akma

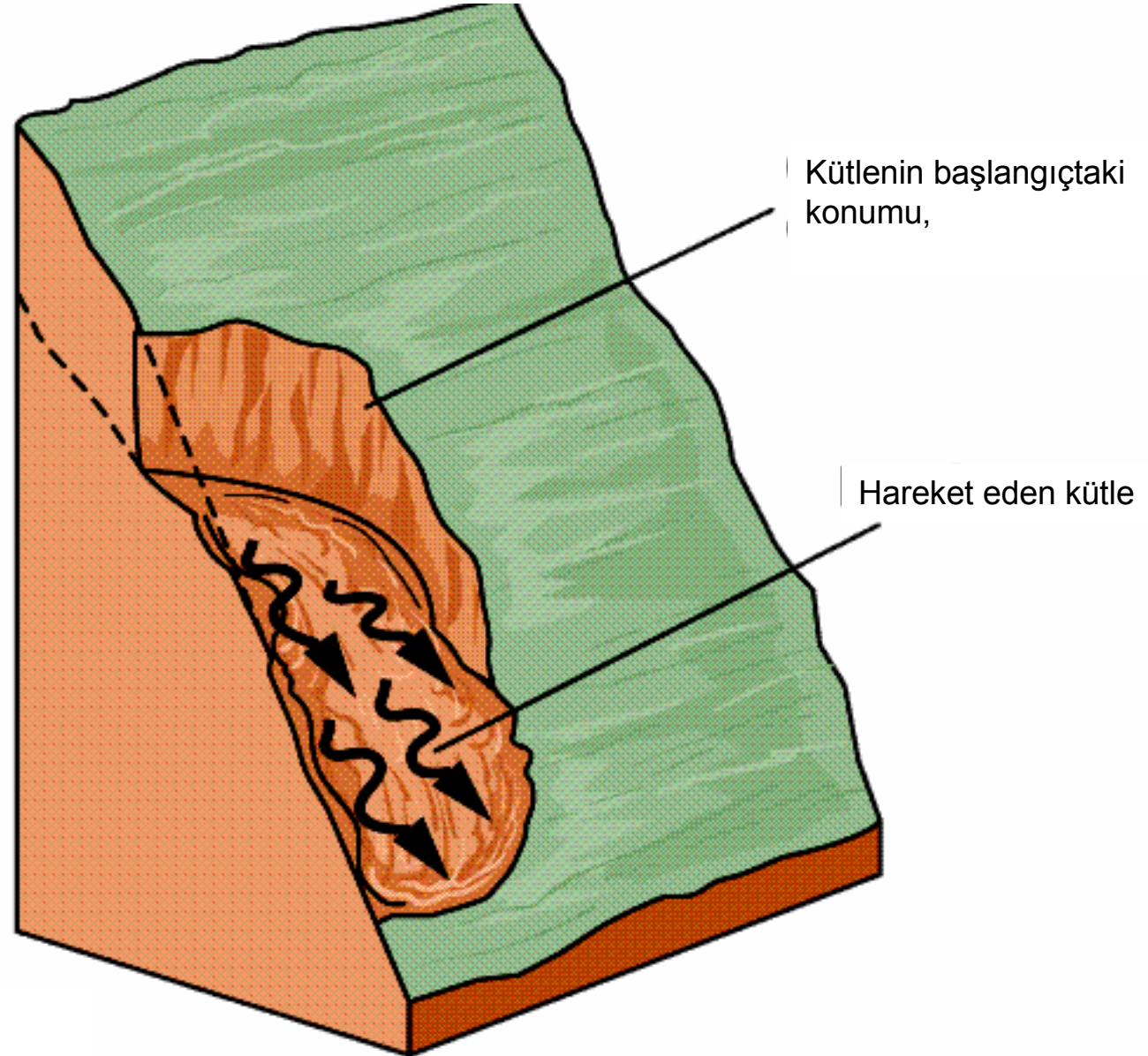
Venezuela



KÜTLE HAREKETİ EDİ VE ÖNEMLİ ED

akma

REN



Çamur akması

Doç.Dr.Yaşar EREN

- Fazla miktarda su kapsayan toprak veya regolitin akması
- Volkanik ve yarı-kurak bölgelerde yaygındır
- Oldukça tehlikelidir



Yerakması

- ◆ humid bölgeler
- ◆ tepe yamaçlarında
- ◆ Kil ve siltçe zengin alanlar
- ◆ yavaş hareket



ER

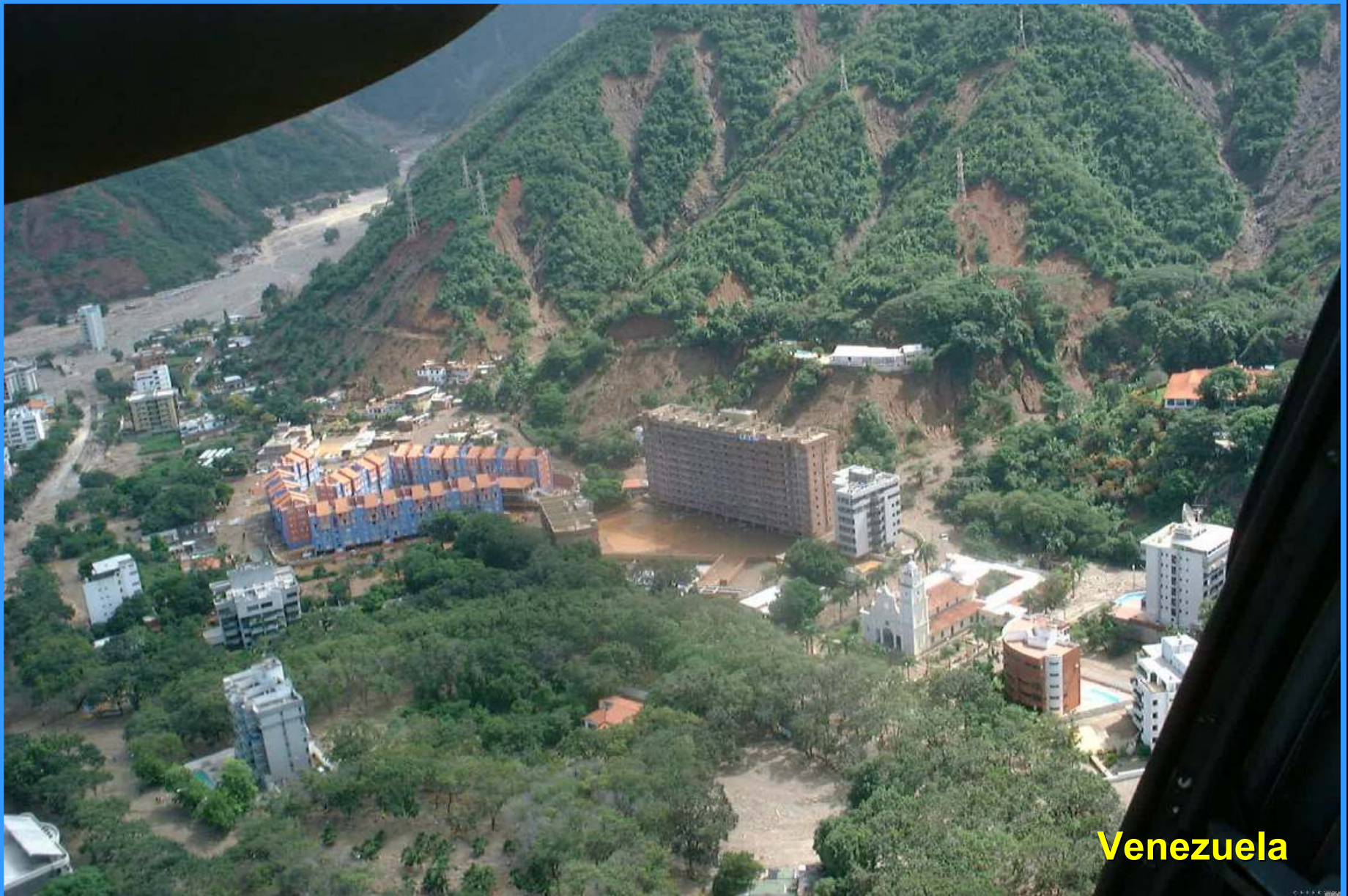


**Moloz
akması**

Glenwood, Kolorado-ABD

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



Venezuela

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



La Conchita, California

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

**Puget Sound,
Washington**



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



Seattle, Washington

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

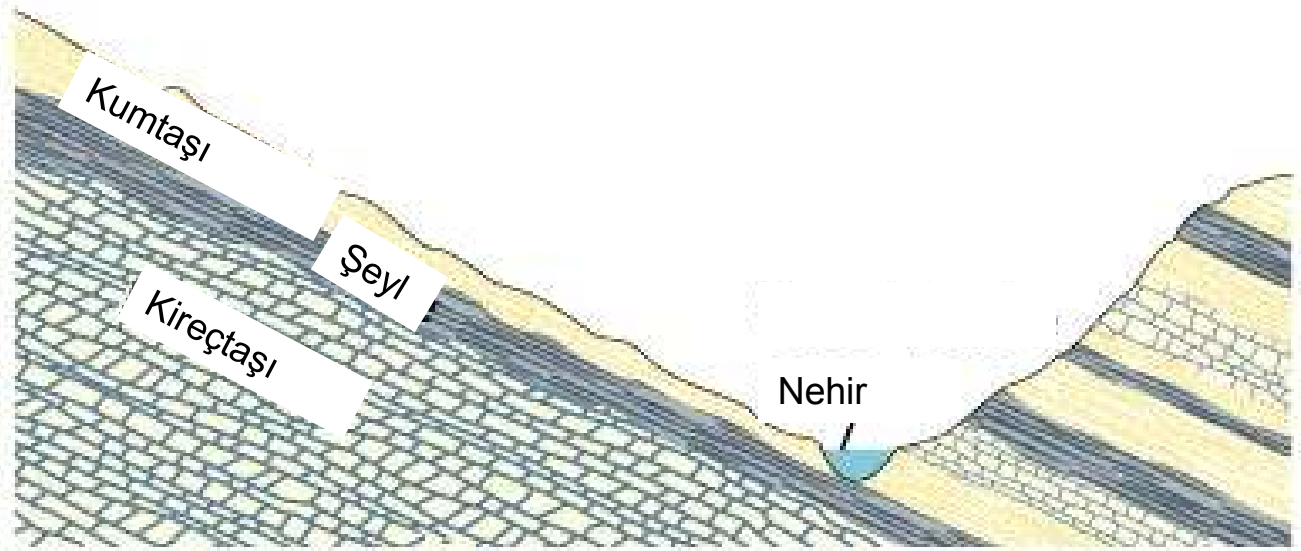


Chehalis, Washington

Düşme, kayma ve akma için uygun alanlar:

- Genellikle yamaçların üst veya alt kesimlerinin yakınında oluşurlar.
- Kaya düşmesi kırılanmış kayaçların varlığını gerektirir.
- Kaymalar genellikle birbirinden farklı mekanik özellikler gösteren, kayaç veya toprak sınırlarında gelişir.
- Ana kütle hareketi alanları, bitki örtüsünün yangınla ortadan kaldırıldığı ve peşinden yağmurun yağdığı alanlarda gelişir.
- Yol yarmaları ve diğer kazımayla değiştirilmiş yamaçlarda ana kütle hareketlerinin olduğu alanlardır.
- Yine gevşek konsolide olmamış materyallerin yaygın olduğu volkanların bulunduğu bölgelerde de kütle hareketleri görülür..
- Bütün bu bölgelerde sismik hareketler de tetikleyici görev görebilir.

Jeoloji kütle
hareketlerinde ana
rolu oynamaktadır.
Genellikle
sürtünmenin az
olduğu alanlar
farklı jeolojik
birimler arasında
görülür



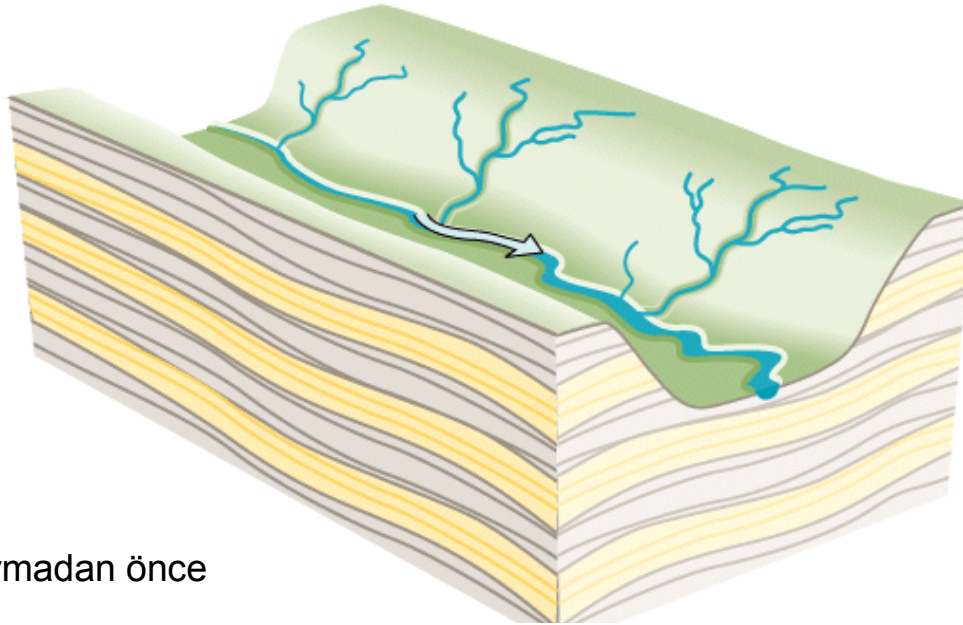
(a) Kaymadan önce



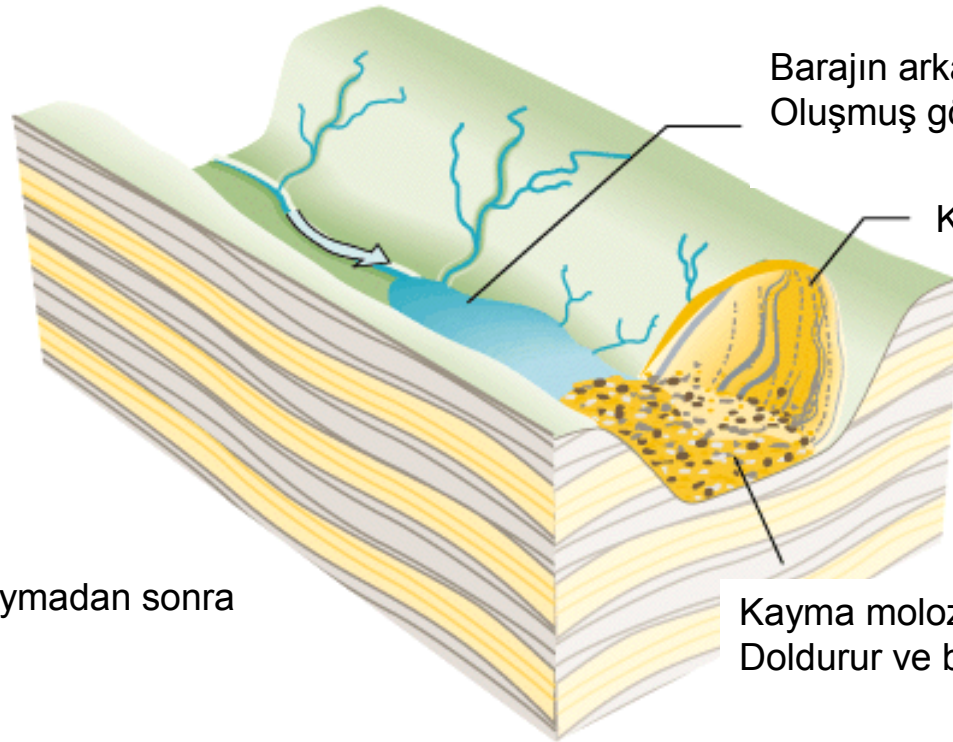
(b) Kaymadan sonra

Kaymayla oluşan sellenme

(a) Kaymadan önce



(b) Kaymadan sonra



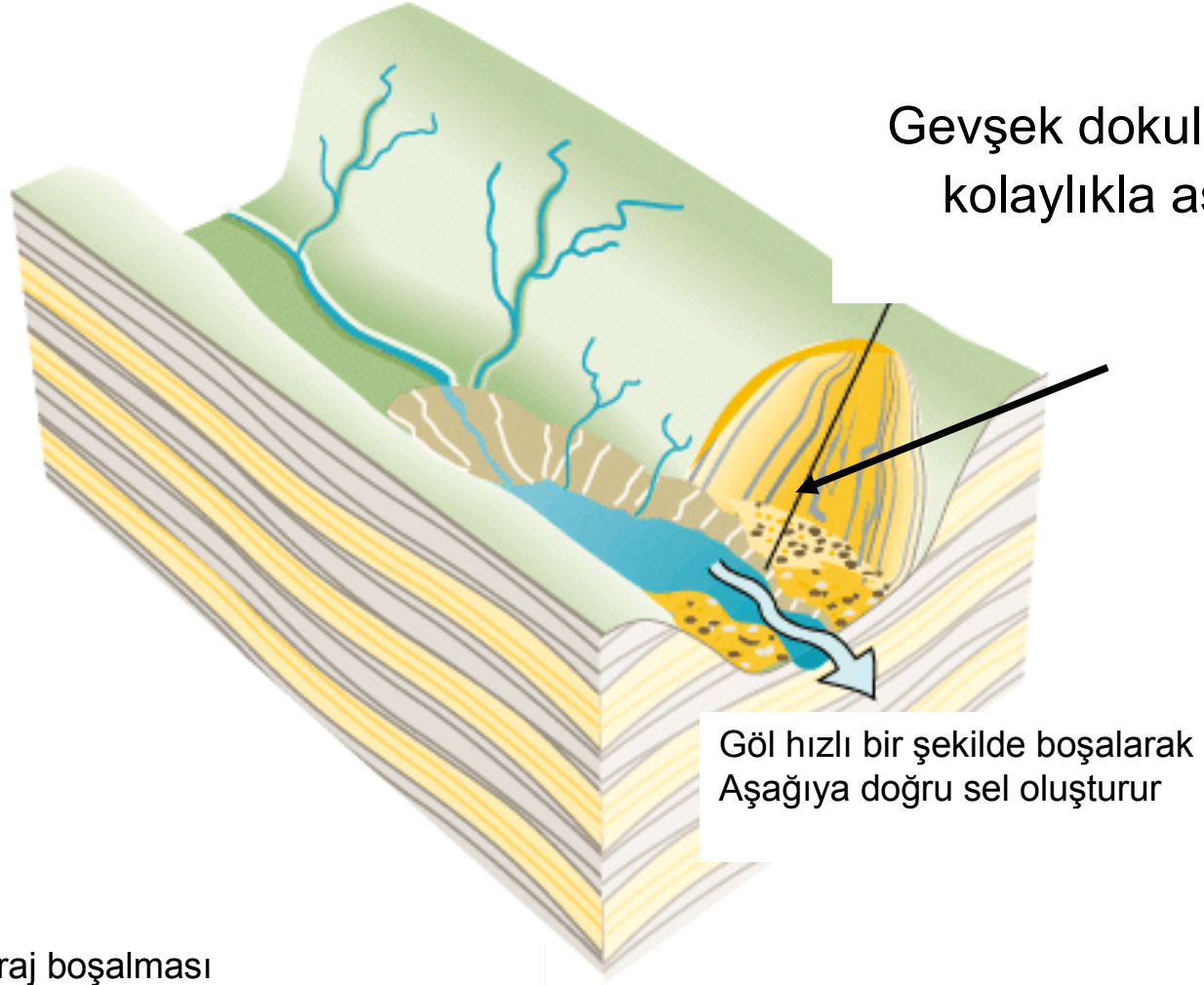
Barajın arkasında
Oluşmuş göl

Kayma yeri

Kayma molozları vadi tabanını
Doldurur ve baraj oluşturur

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



(c) Baraj boşalması

Thistle, Utah, 1983



ABD tarihinde en fazla maddi hasara yol açan heyelan > \$400 milyon

Heyelan sonucu ana karayolu ve demiryolu tahrip olmuş ve Spanish Fork nehri barajlanarak, taşkına yol açmıştır Thistle.

Güvenli kabul edilen alanlar

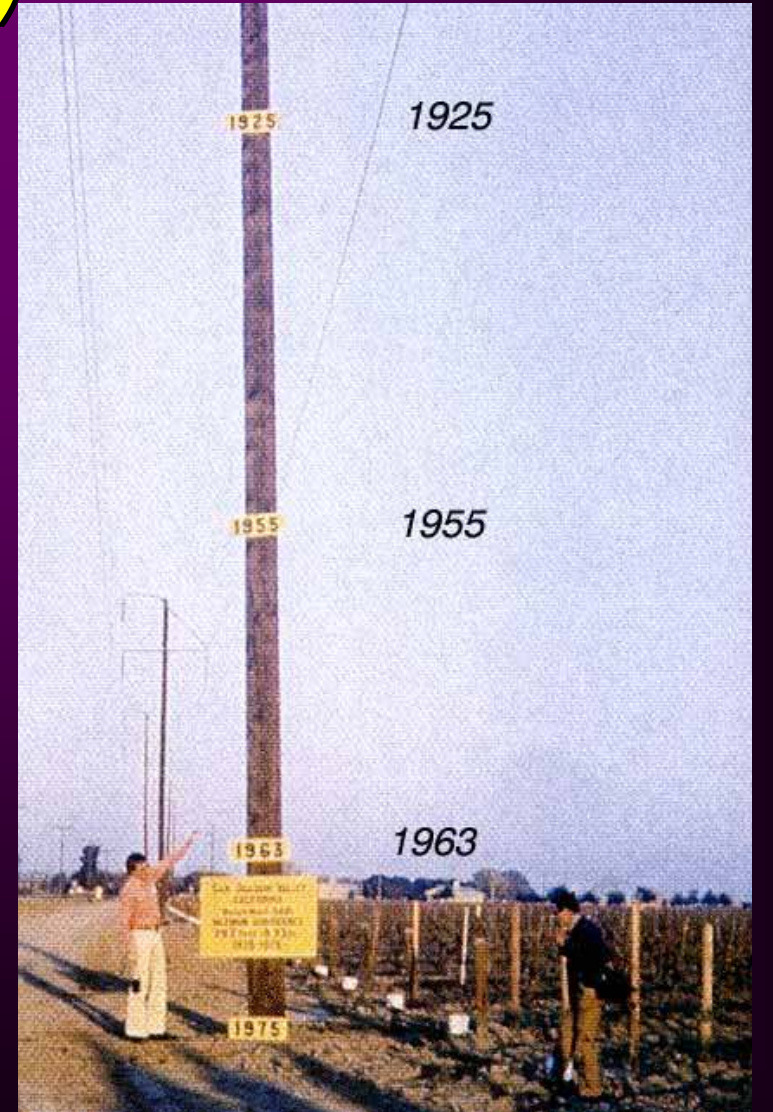
- Geçmişte hareket etmemiş, çatlaksız ana-kayaçlar üzerindeki alanlar.
- Yamaç eğiminin aniden değiştiği alanlardan uzak düzlük alanlar.
- Sırtların burun ve üst kesimleri.

Çökme (subsidence)

Yavaş veya hızlı olarak düşey çökme

1.Yer altı çekimleri

(Petrol, gaz veya su)



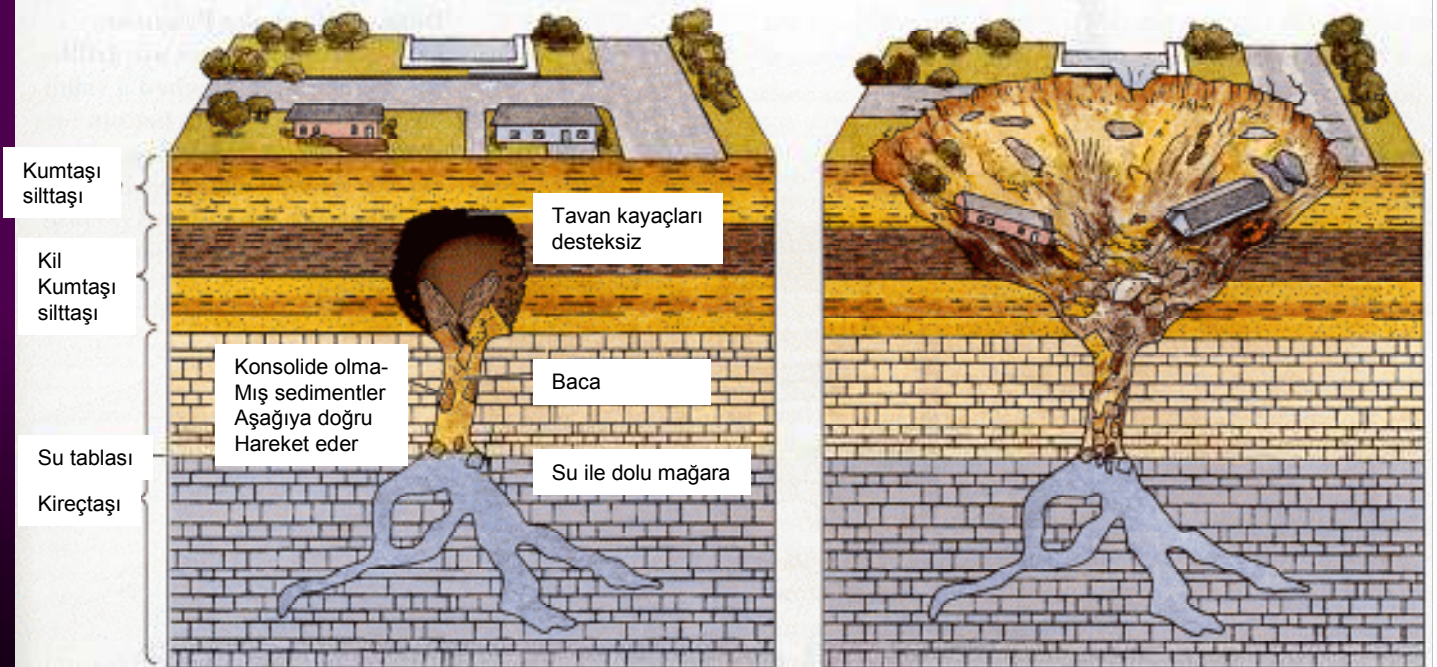
çökme

2. Obruklar (Karst topoğrafyası)

- Kireçtaşı erimeleri, mağara oluşumu ve çökme
 - Tuz çökellerinin olduğu bölgelerde de gelişebilir

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN





Obruk- Winter Park, Florida

Yosemite, ABD

Haziran 1996' da kaya düşmesi.
Yaklaşık 200 ton ağırlığındaki tek
bir granit bloğu düşmeyle
parçalanmıştır.

Çarpma esnasında oluşan hava
patlaması 2000 ağacı düzlemiştir

Dik yamaçların eteğindeki
kırıntılara moloz adı verilir.



Nevado Huascaran, Peru, 1970

Yüksek alanlarda depremle tetiklenmiş kar ve
çiğ heyelanı şeklinde başlamıştır. Fakat
hareketi esnasında buzul çökellerini de
kapsamıştır.

150 km/saat hızla 18 km uzaklıktaki Yungay ve
Ranrahirca kasabalarını etkilemiş ve ilk kasaba
tümüyle çığın altında kalmıştır.

Bu masif moloz çığı ile 66.000 insan ölmüştür.





Puget Sound, WA, 1965

Bu kayma 6.5 büyüklüğündeki bir depremle oluşmuştur

**Turnagain
Heights, AK, 1964**

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Çamurkayması: Kosta Rika, Haziran, 2000



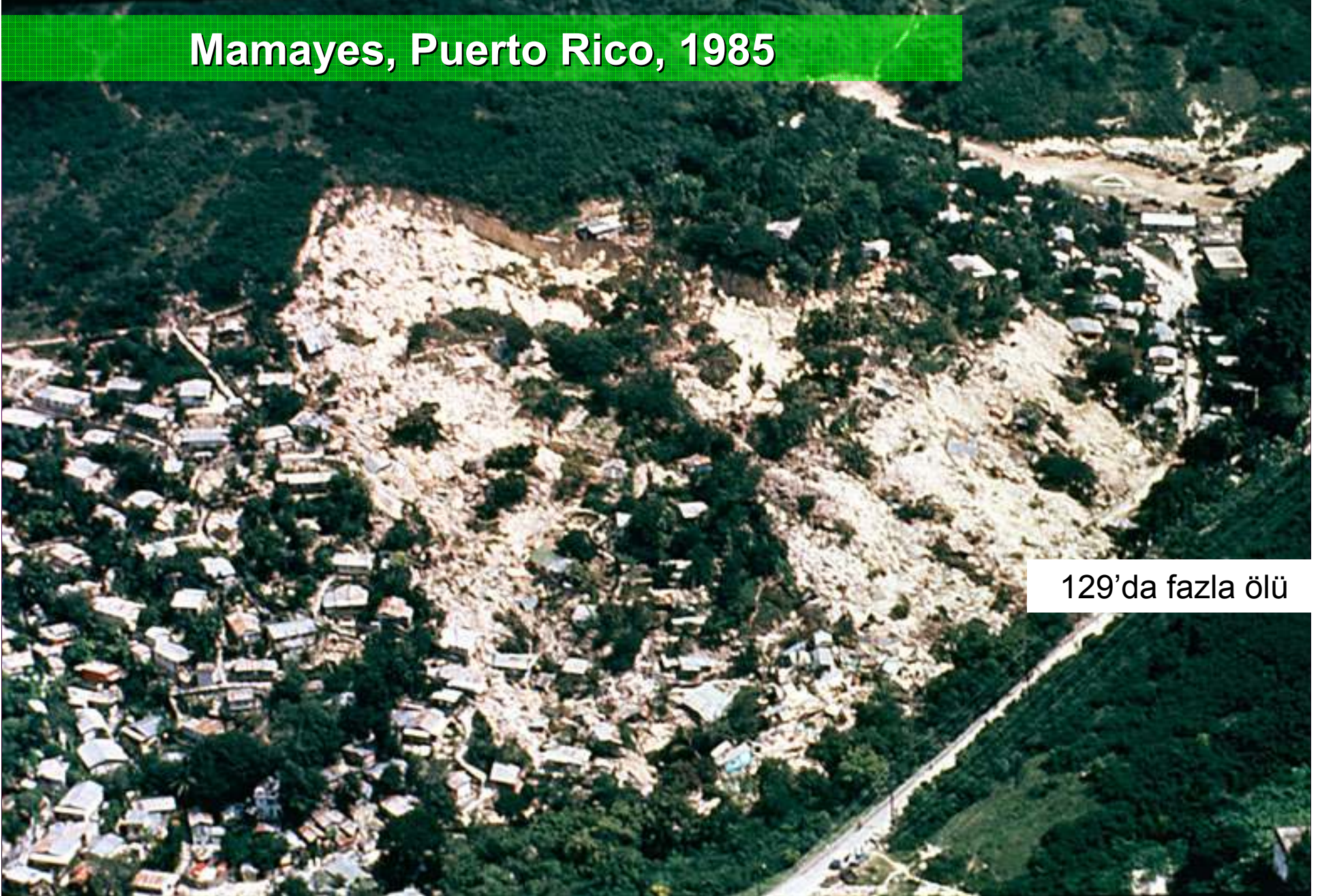
McClure geçidi, CO, 1994



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Mamayas, Puerto Rico, 1985

129'da fazla ölü



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç. Dr. Yener EREN



Yangından sonra erozyon- Kolorado, 1996



Yangın taşkını olayları

<yangın bitki örtüsünü yok ederek toprak üzerinde geçirimsiz bir tabaka oluşturur Yağmurdan sonra olan akıntılar herhangi bir engelle karşılaşmadıkları için büyük bir enerji kazanırlar.

Bu büyük moloz akımları için ideal bir koşul oluşturur

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doc. Dr. Yasar EREN

Slide Mountain, NV, 1985



Moloz akımlarının çamurdan başka taşıdığı bloklar

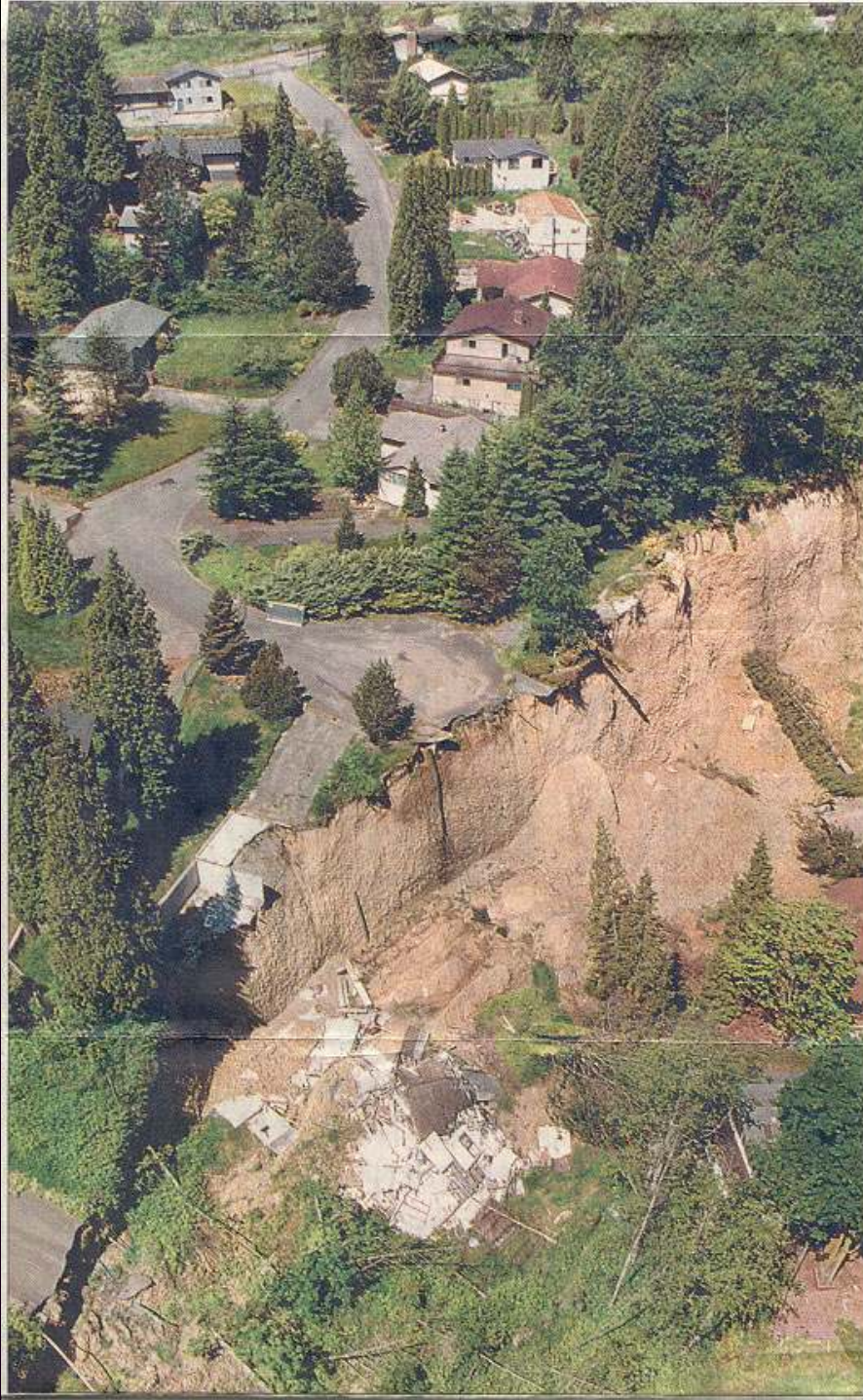
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doc.Dr.Yaşar EREN

Moloz
akması



Sierra Nevada, Haziran 1997
Toplam uzunluk = 4 km



TLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Heyelan:
Kelso, WA,
Haziran, 2000

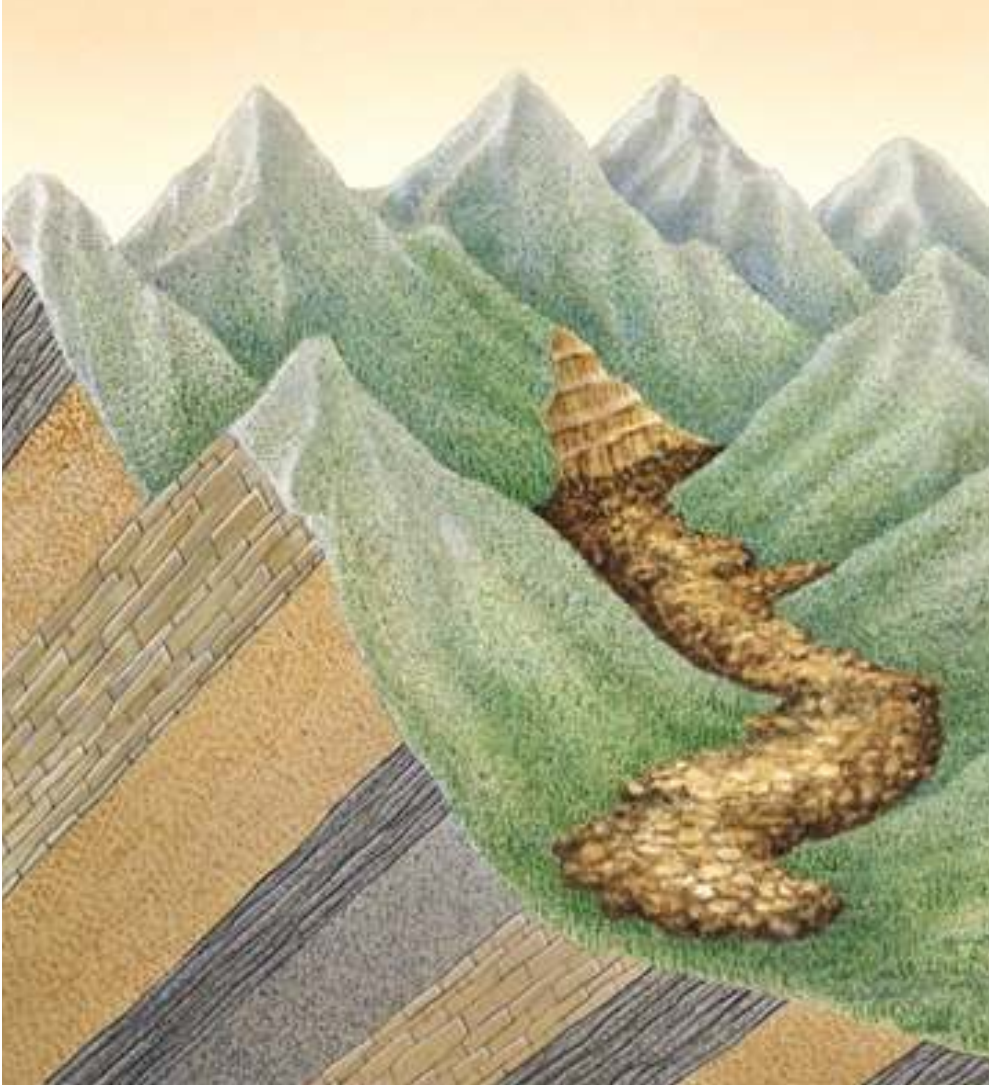


Toprak erozyonu



KÜTLE HAREKETLERİ

Kaya ığı



AREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

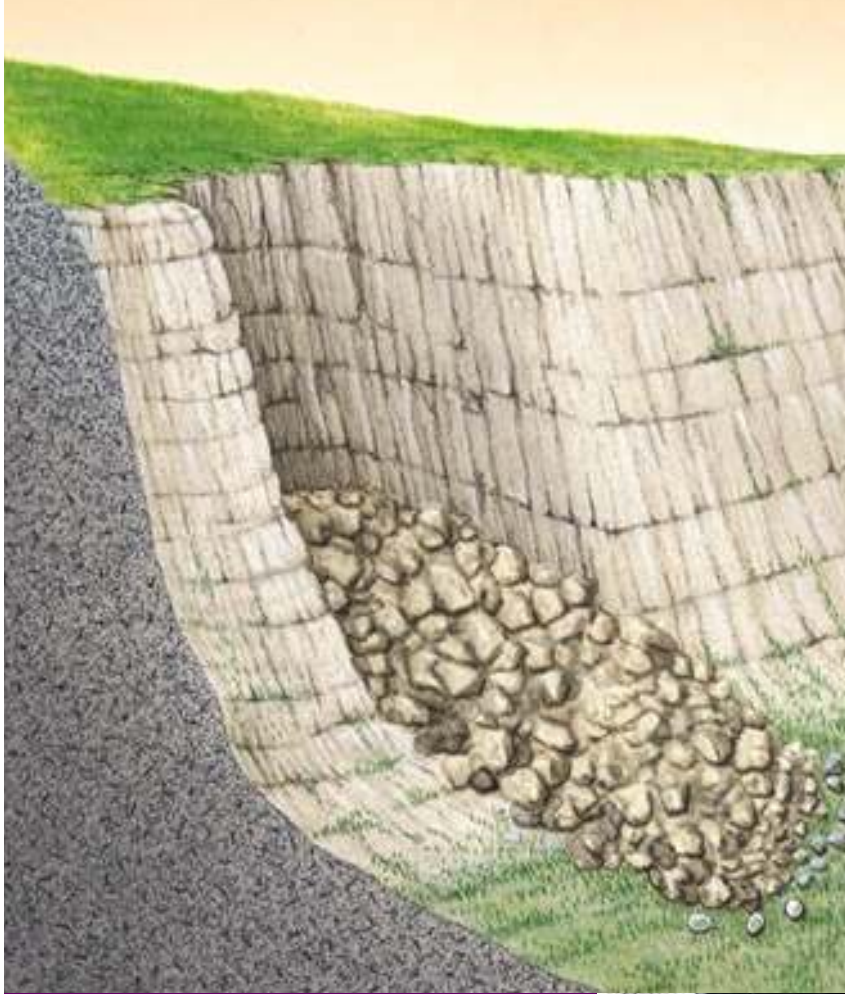


**Moloz
çığı**



KAYALARIN KIRILMA MEKANİZMALARI VE KAYI ÖNLEMLERİ

Doç.Dr.Yaşar EREN



**Kaya
düşmesi**



KÜTLE HAREKİ

Moloz kayması





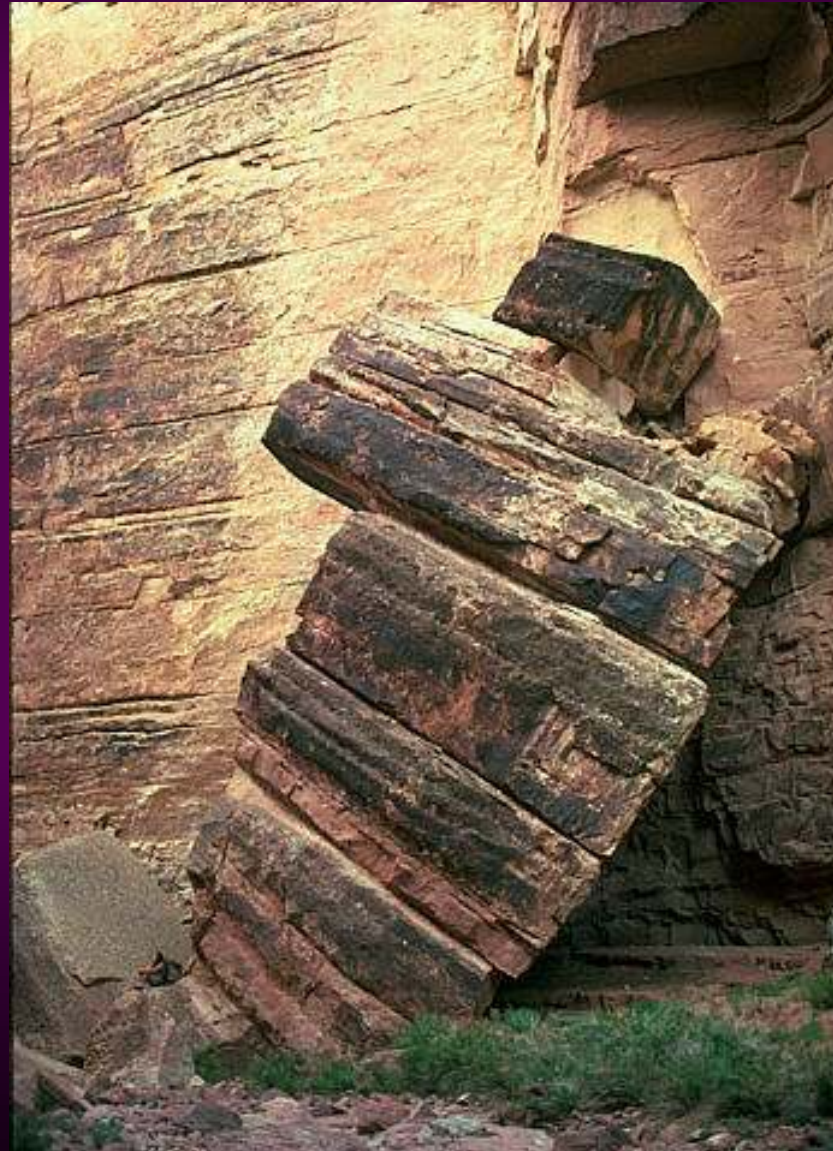
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Kaya düşmesi



Kaya düşmesi



Kaya düşmesi





KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

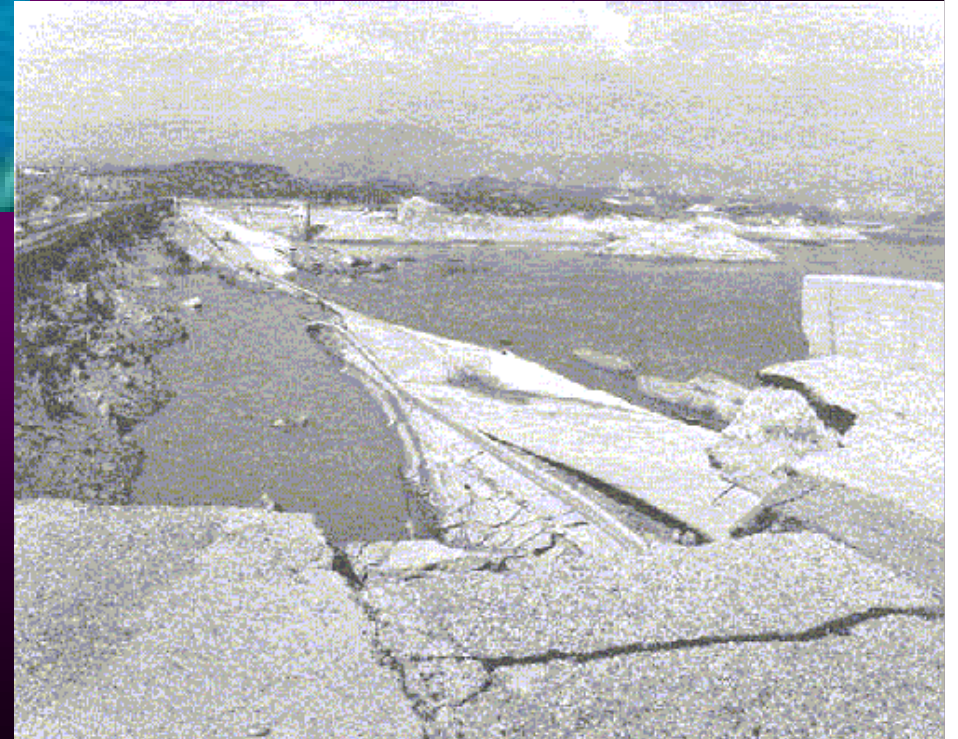
Doç.Dr.Yaşar EREN



CA Dept. of Safety of Dams

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



Bir olaydan önce dikkat edilmesi gereken özellikler

- **Kaynaklar, sızıntılar, daha önce ıslanmamış suya doygun alanlar.**
- **Yerde, yollarda ve kaldırımlardaki yeni kırıklar veya kabarmalar.**
- **Temelden dışa hareket eden topraklar.**
- **Ana eve göre hareket eden veya eğilen teras vb. gibi yardımcı yapılar.**

Bir olaydan önce dikkat edilmesi gereken özellikler

- **Beton taban ve temellerin kırılanması veya eğilmesi.**
- **Yeraltındaki su borusu ve diğer yapıların kırılması.**
- **Telefon direği, ağaç, çit, duvar vb .gibi cisimlerin eğilmesi veya duvarlarda ötelenmeler.**
- **Kapı ve pencerelerdeki deformasyon ve görünür boşlular.**

Erken uyarı işaretleri

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Kelso-heyelanı, WA



Yüzey kırıklarının görülmesi büyük bir heyelanın habercisidir.



Kırıklar daha fazla suyun girişini sağlar.

Heyelanların etkisini azaltmak

1) Yamaç eğimini azaltmak

- Yamaç eğimini azalt
- Yamaç tabanındaki malzemeyi desteklemek
- Toprak ve kayaçların kaldırılması ile ağırlığı azaltmak

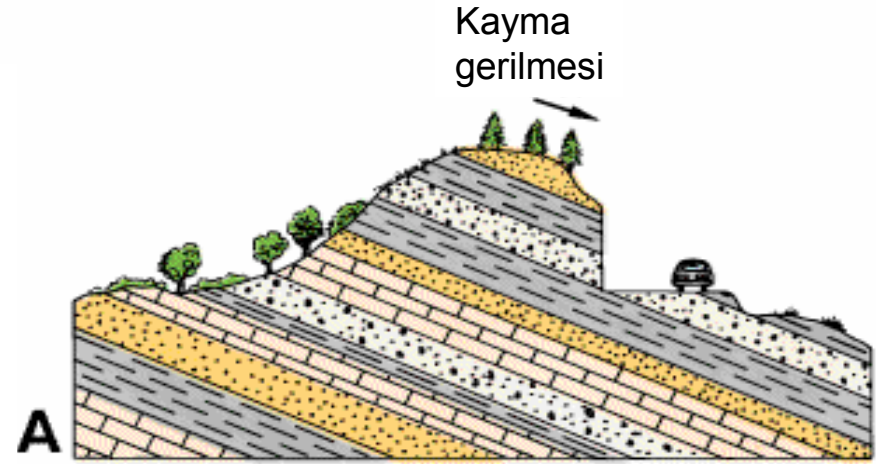
2) İstinat yapıları

3) Sıvıyı azaltmak

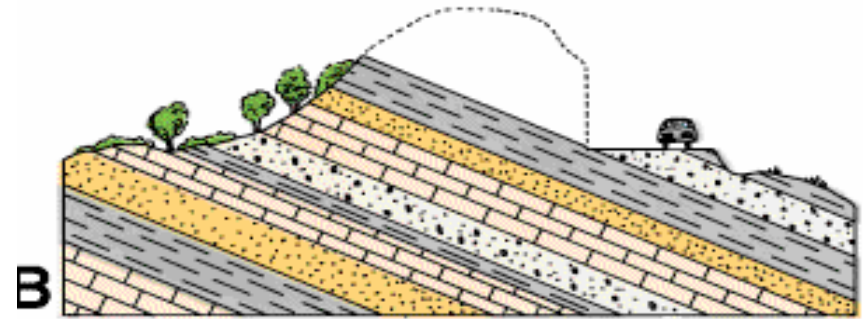
4) Bitki örtüsü

5) Diğer önlemler (Toprak sertleştirilmesi, yığma, kaya sürgülemeleri)

1) Yamaç eğiminin azaltılması
Yol yarmaları
Dikçe eğimli
Dayanıksız
yamaçlar
üretir



Yamaç açısının ve
ağırlığın
azaltılması



2) İstinat yapıları

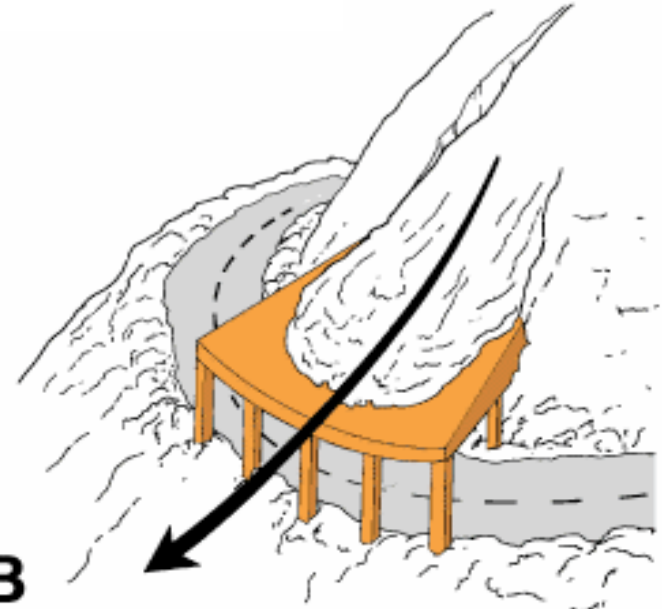
(A) Yol yarmasını kafesleyerek yola kaya
Düşmesini engellemek

(B) Yol üzerine korunak yapmak

A



B



2) İstinat yapıları

Kırılmış
İstinat
Duvarları



C

Başarısız
Stabilizasyon
Yapıları



D

2) İstinat yapıları

Yamaç üzerinde
Beton bloklardan
Yapılı istinat
Duvarı



2) İstinat yapıları

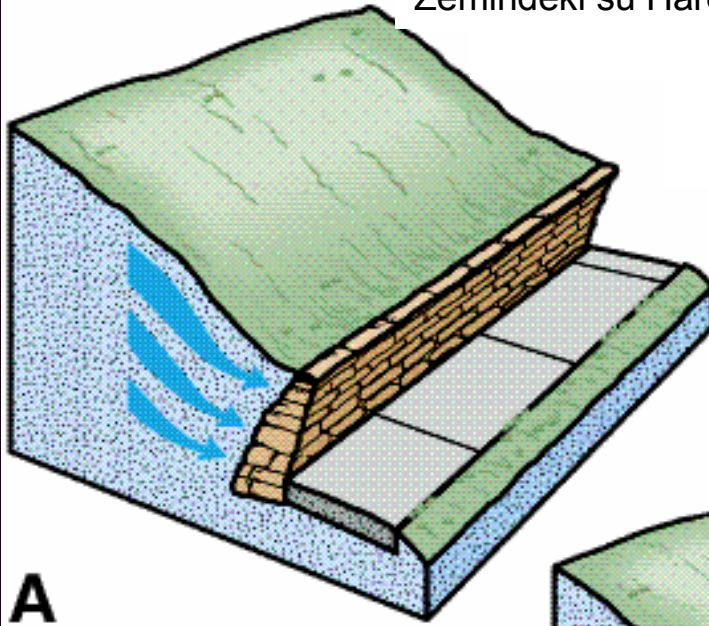
Çığdan koruma yapısı



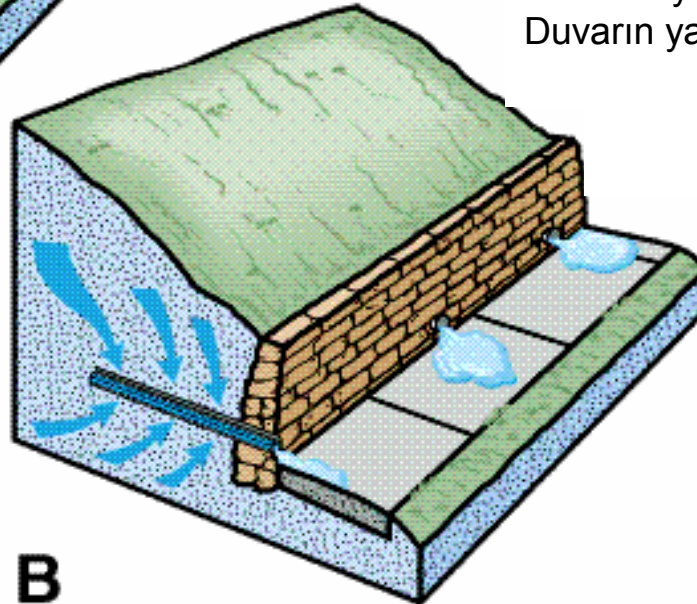
C

2) Sıvı çekimi

Zemindeki su Hareket oluşturarak istinat Duvarını aşağıya doğru zorlar

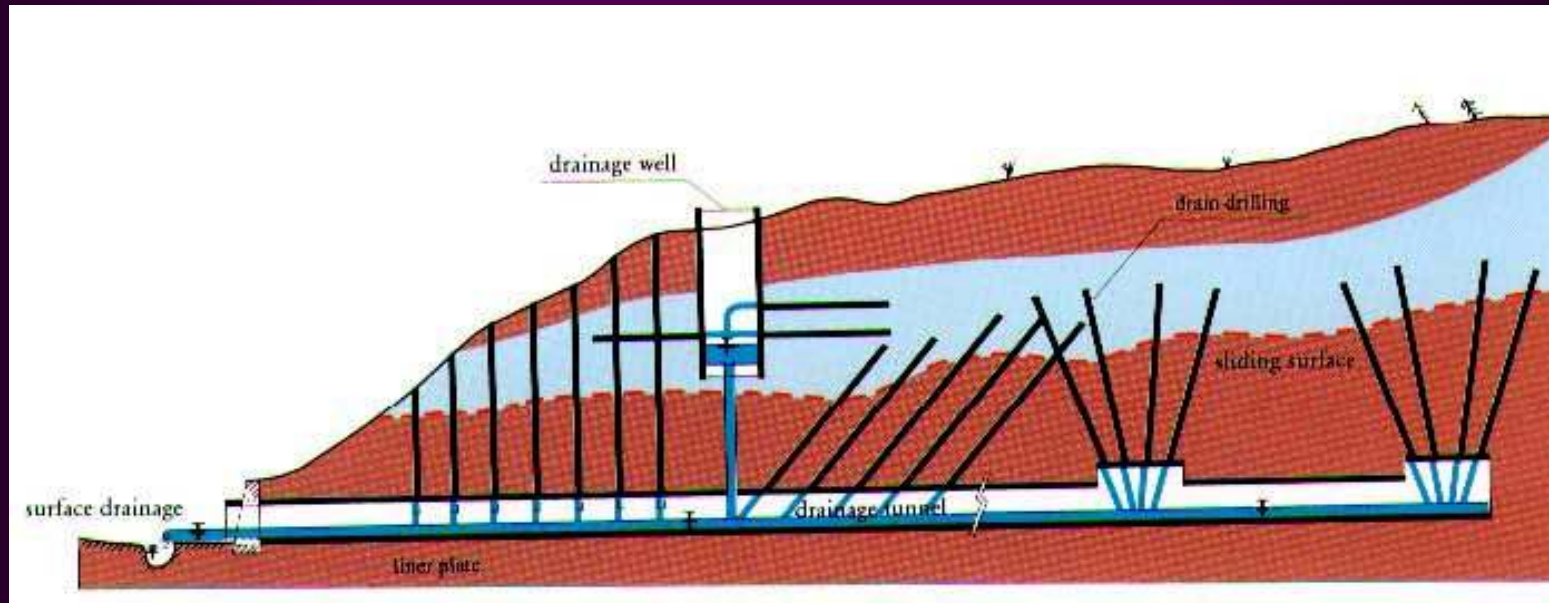


Kanal boyunca drene edilen su
Duvarın yamacı korumasını sağlar



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



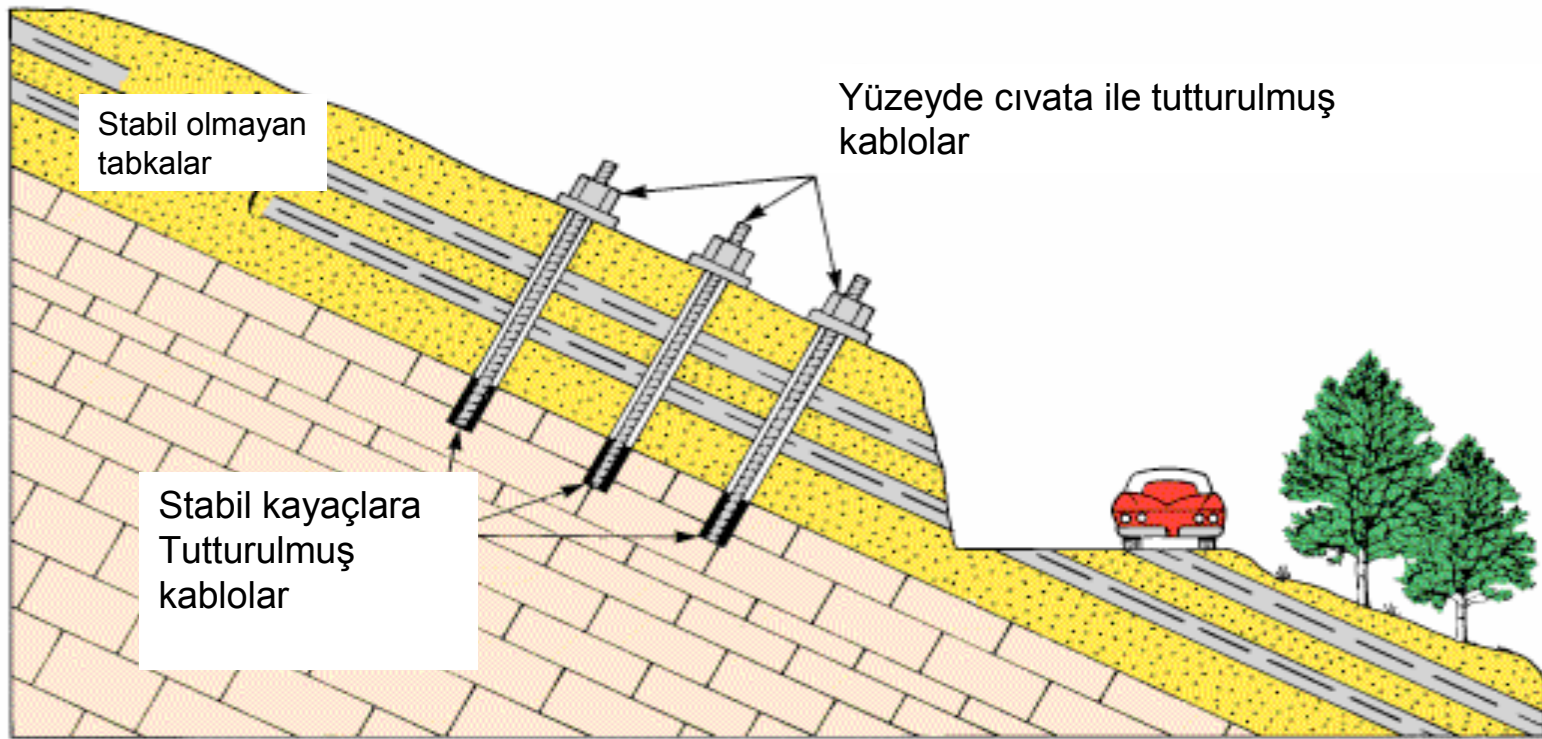
Drenaj

2) Sıvı çekimi



C

2) Kayaç vidalarının eklenmesi



A

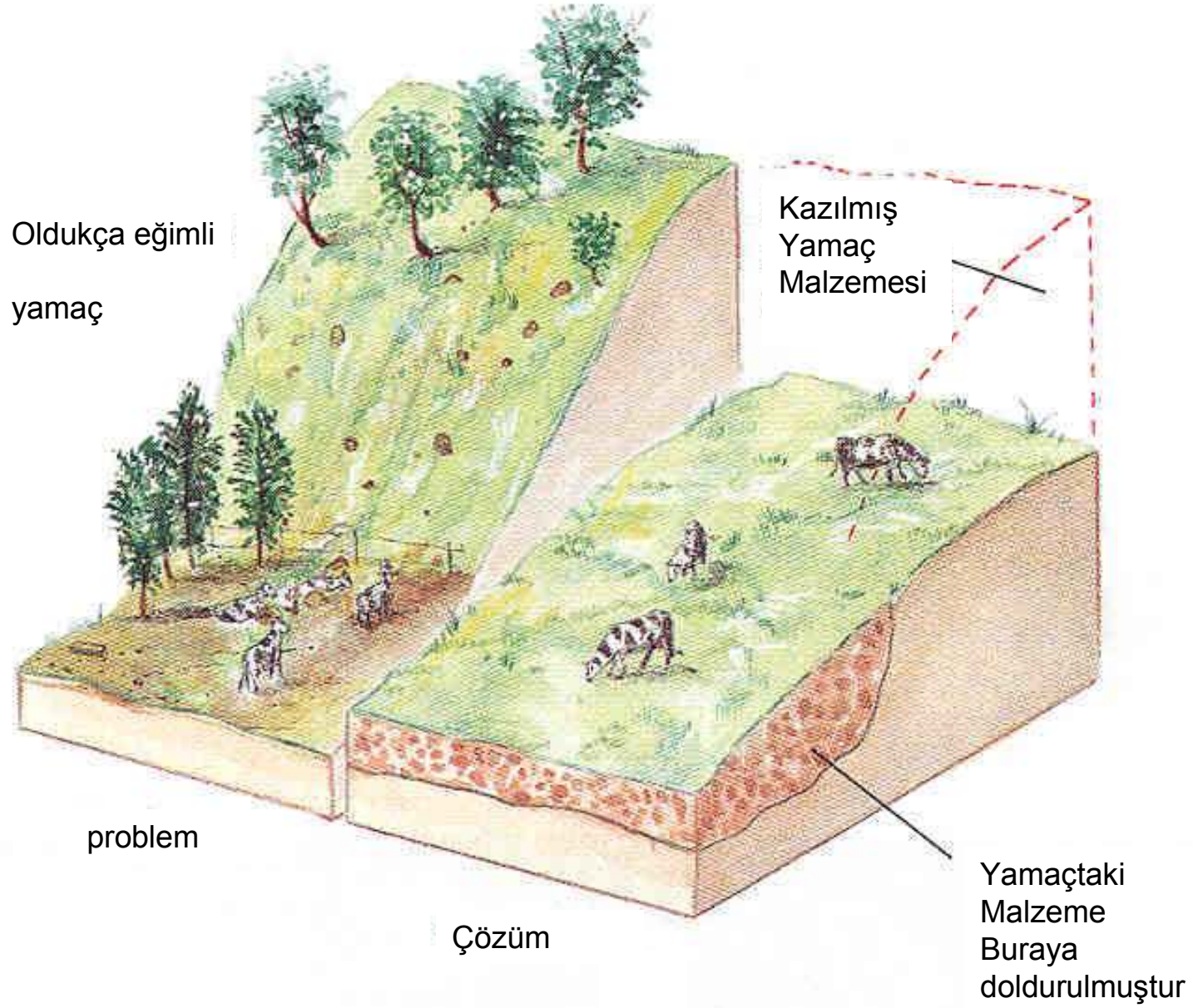
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



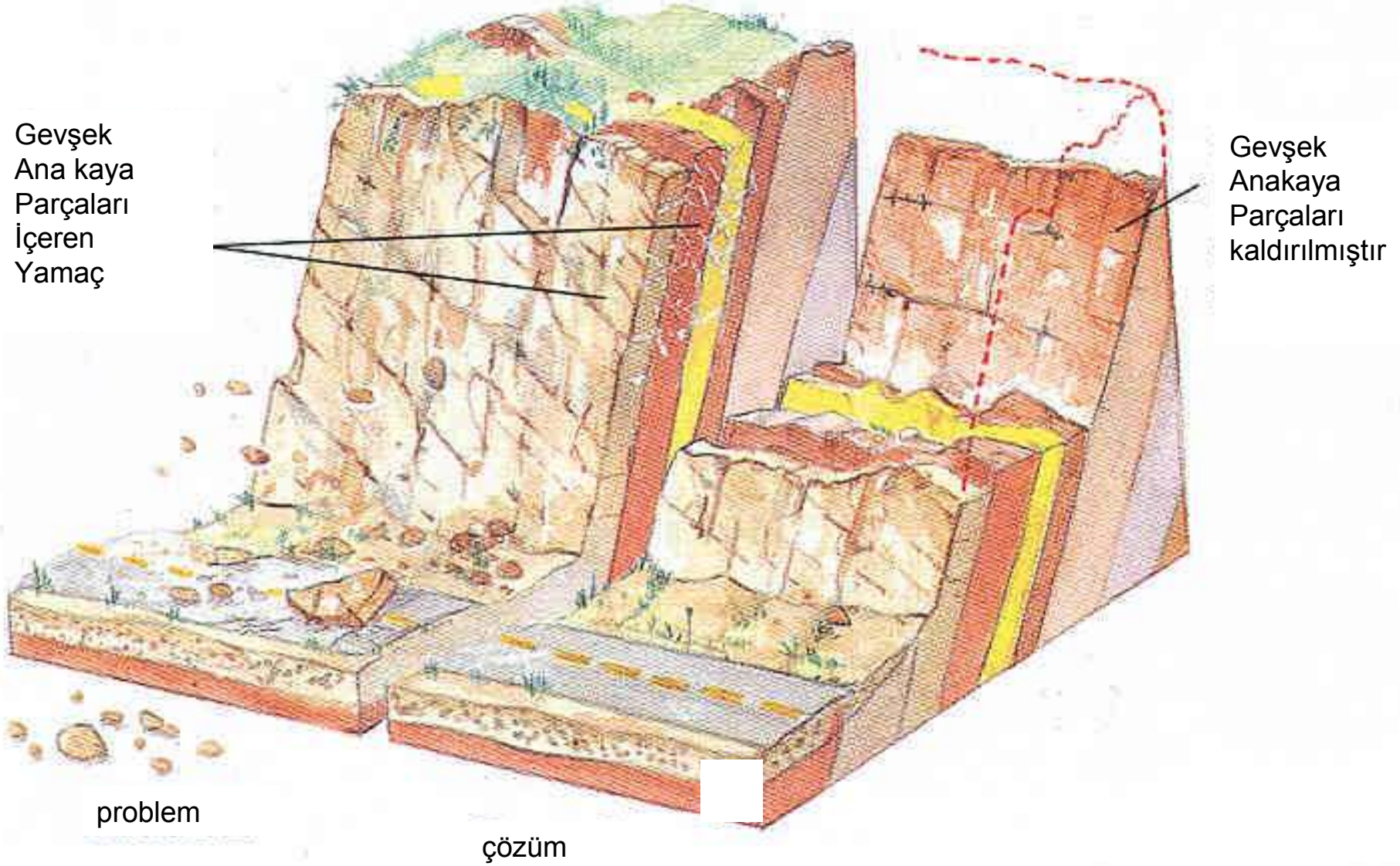
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

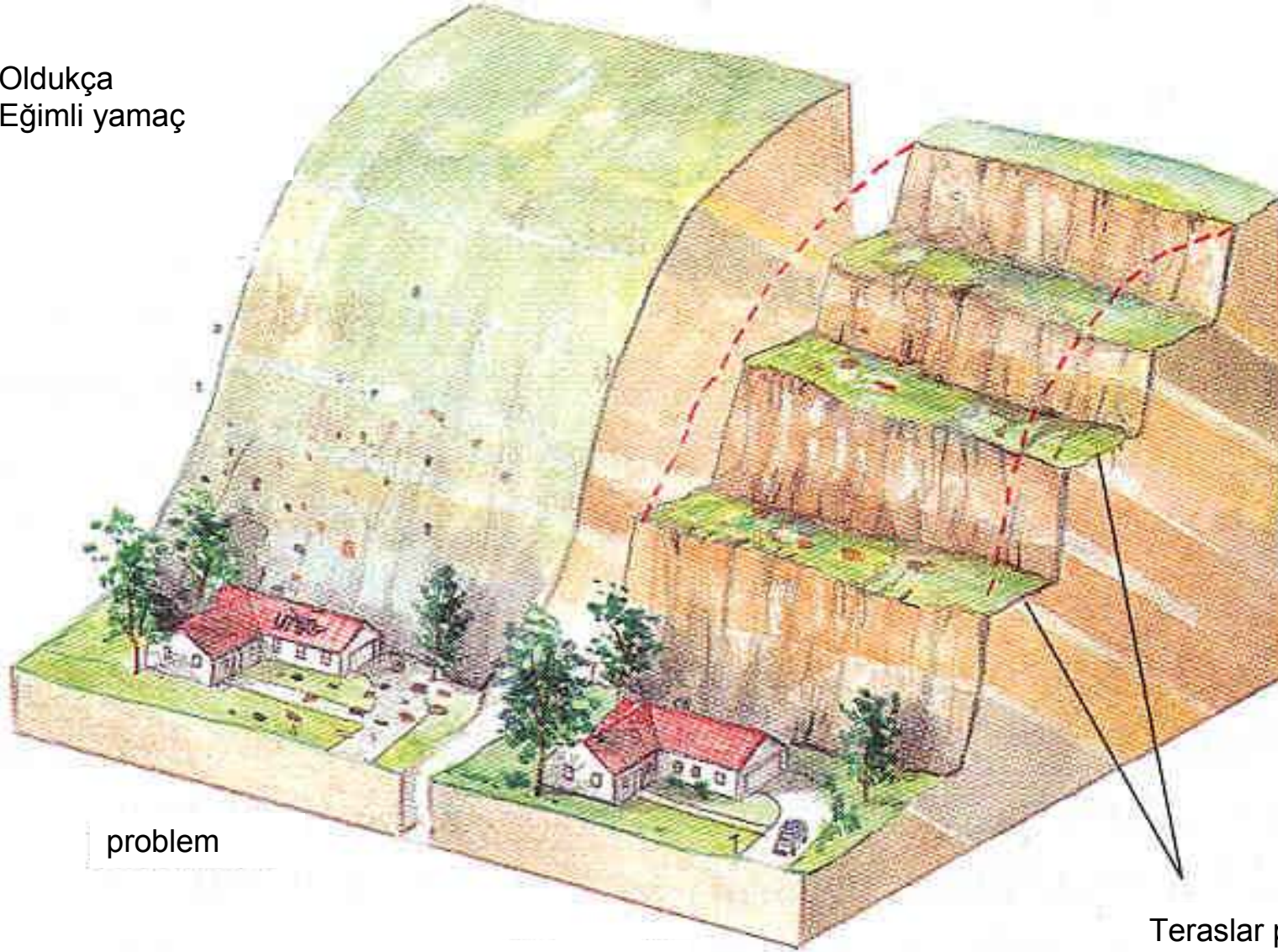


(b)

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN

Oldukça
Eğimli yamaç



Teraslandırılmış
Duraylı
Yamaç

problem

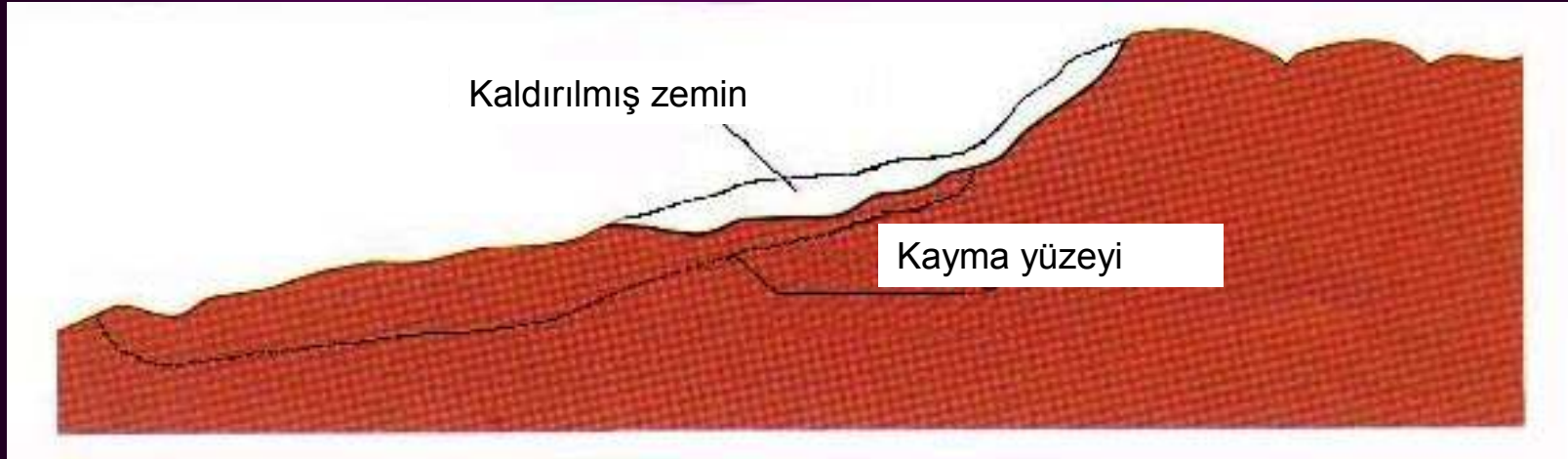
çözüm

Teraslar potansiyel
Kaya düşmesi ve
Kaymasını
Engeller

(c)

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

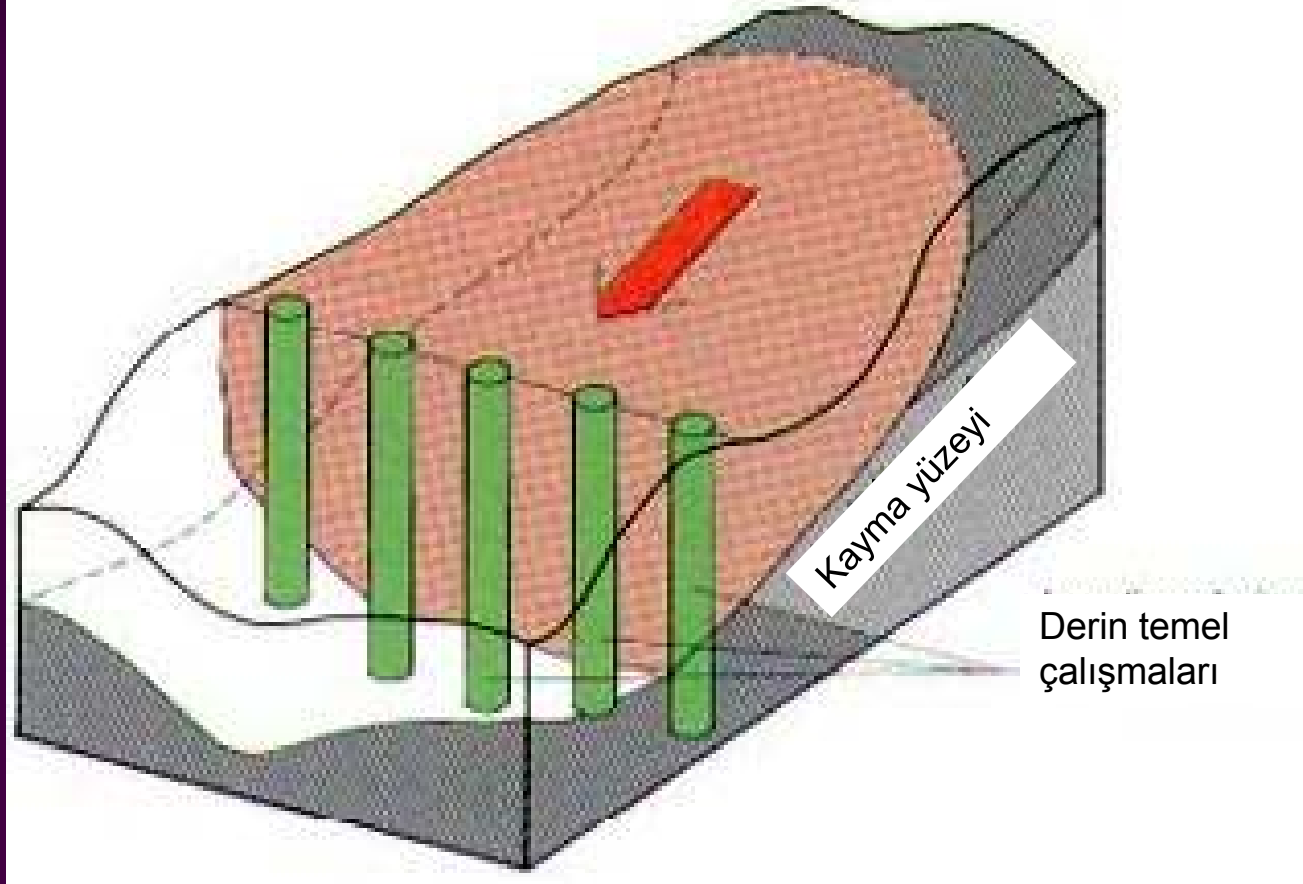
Doç.Dr.Yaşar EREN



Zeminin kaldırılması

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



Payanda ile destek

KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



UMIR

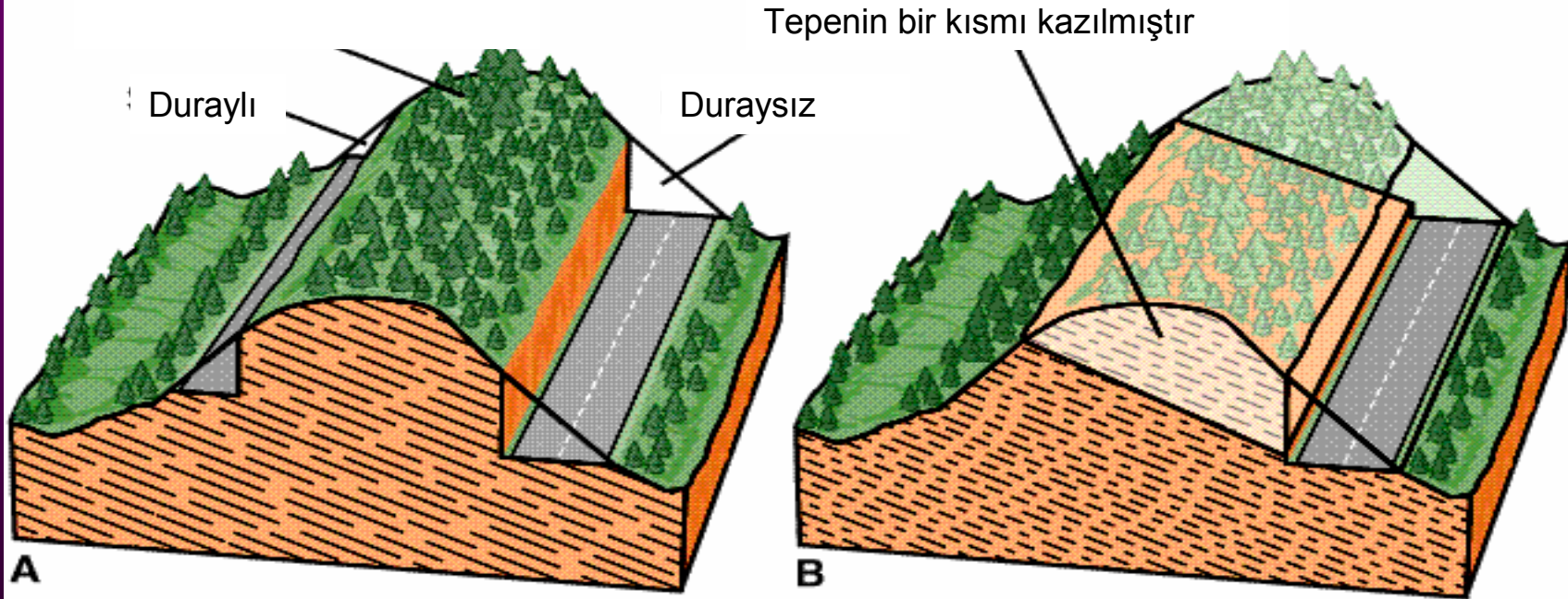
KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Doç.Dr.Yaşar EREN



KÜTLE HA

Kaya düşmelerinden korunma

Bazı bölgelerde kalın çelik
civatalarla kaya düşmesi
Engellenmeye çalışılır.
Alternatif olarak yüzey çelik
ağlarla kaplanabilir



KÜTLE HAREKETLERİ VE ÖNLEMLER

Bu tip bariyerler bir çok sedimenti tutmak için dizayn edilir. Fakat büyük çamur akmalarını engelleyemez.



**Çamur akması
bariyerleri**

Toprak erozyonunu engellemek

- Konturlama -Rüzgar kesiciler



Örtü ürünleri ana üründen önce
büyümeye başlar ve toprağı
düşen yağmurun etkilerinden
korur

Rüzgar kırıcılar rüzgara
hassas ürünleri korur ve
toprak erozyonunu
engeller



Heyelan uyarı sistemleri

Periyodik kontrol

Eğim metreler

Kuyu gözetleme sistemi



Bir heyelandan şüpheleniyorsan ne yapmalısın?

- **Yerel itfaiye, polis ve kamu görevlilerine haber ver.**
- **Komşularını bilgilendir**
- **Binayı boşalt**