

İNS106

İnşaat Mühendisleri için Jeoloji

Kitle hareketleri ve heyelanlar

Prof. Dr. İnan KESKİN

inankeskin@karabuk.edu.tr, inankeskin@gmail.com

www.inankeskin.com

Dersin Amacı Yer bilimlerinin temel kavramlarını inşaat mühendisliği temel perspektifinde aktarmak

İNS106 - İnşaat Mühendisleri için Jeoloji Haftalık Ders İçeriği	
Hafta 1:	Giriş; Jeolojinin tanımı-alt disiplinleri, İnşaat mühendisliği ile ilişkisi
Hafta 2:	Yerkürenin oluşumu, iç yapısı, bileşimi ve levha tektoniği
Hafta 3:	Yer kabuğunu oluşturan mineraller ve kayaç grupları
Hafta 4:	Kayaçların yapısı (birincil ve ikincil yapılar) ve Süreksizliklerin mühendislikteki önemi
Hafta 5:	Haritalar ve kesit çıkarımı (Jeoloji-Mühendislik Jeolojisi ve topografik haritalar)
Hafta 6:	Doğal afetlere giriş, Depremler
Hafta 7:	Kütle hareketleri ve heyelanlar
Hafta 8:	Yüzey suları ve Kıyı süreçleri
Hafta 9:	Yeraltı suları ve jeolojisi
Hafta 10:	Baraj ve rezervuar jeolojisi
Hafta 11:	Tünel jeolojisi
Hafta 12:	Sondaj tekniği ve korelasyonu
Hafta 13:	Kent planlamasında mühendislik jeolojisi
Hafta 14:	Çeşitli projeler kapsamında yapılan jeolojik çalışma örnekleri
Hafta 15:	Bu ders için Ara Sınav, 7. ve 15. haftalar arasındaki bir tarihte yapılır. Sınavın yapıldığı tarihten itibaren konular bir hafta ileri alınır.

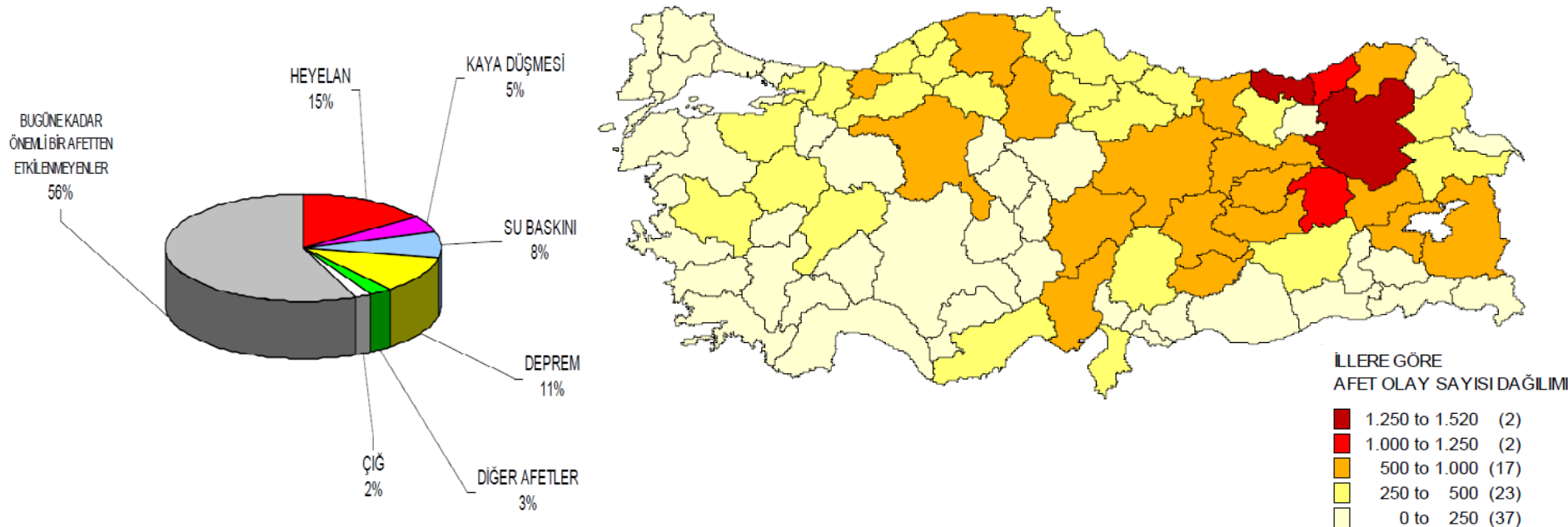
DOĞAL AFET OLARAK KÜTLE HARAKETLERİ



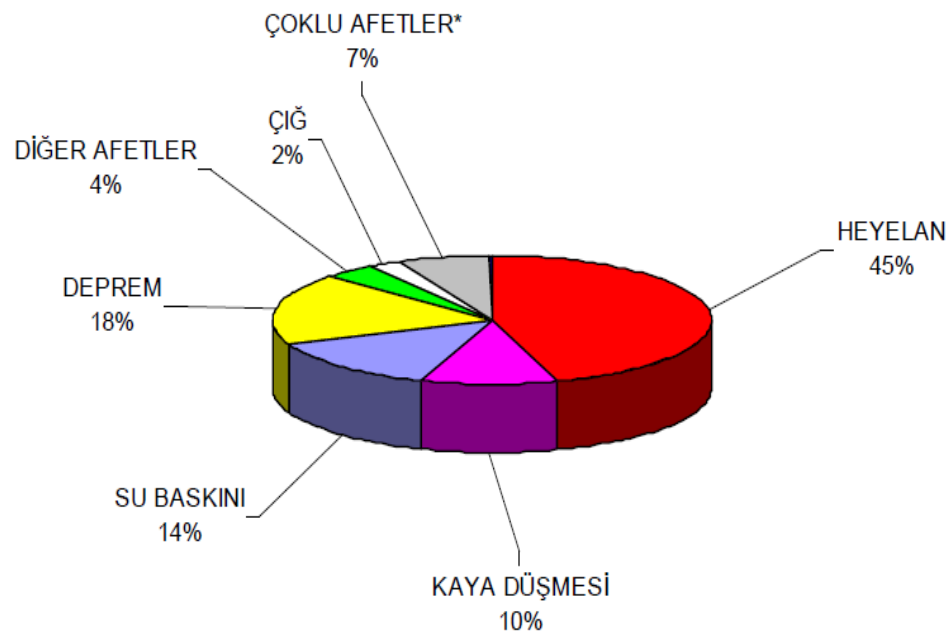
DOĞAL AFET OLARAK KÜTLE HAREKETLERİ

Afet türlerine göre, afetlerden etkilenen yerleşim birimi sayısı.

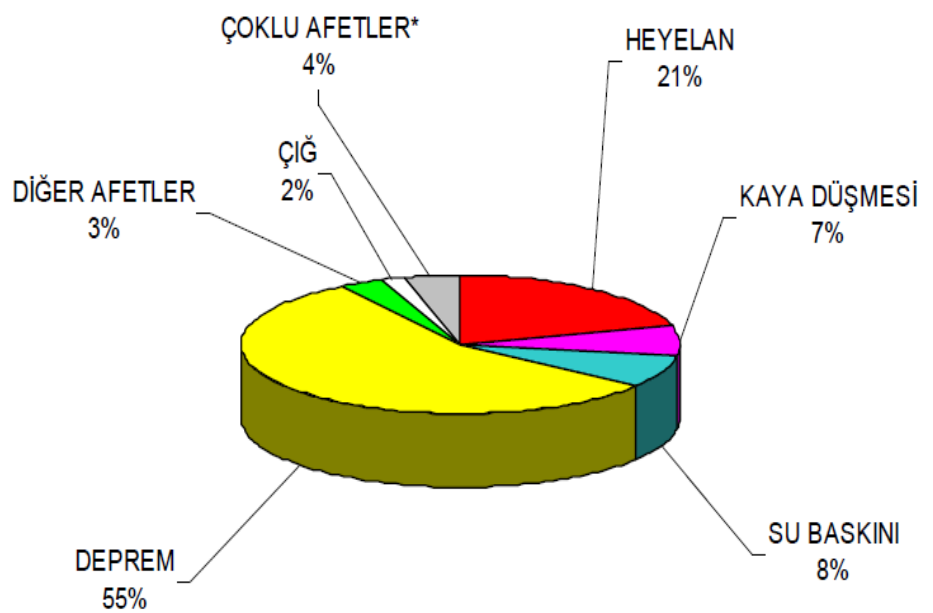
AFETLER	AFET GÖREN YERLEŞİM BİRİMİ SAYISI	TOPLAM YERLEŞİM BİRİMİ SAYISINA (35741) ORANI (%)
HEYELAN	5472	15,31
KAYA DÜŞMESİ	1703	4,76
SU BASKINI	2924	8,18
DEPREM	3942	11,03
DİĞER AFETLER	992	2,78
ÇİĞ	605	1,69



... GENEL İSTATİSTİK Afet Olay Sayısı

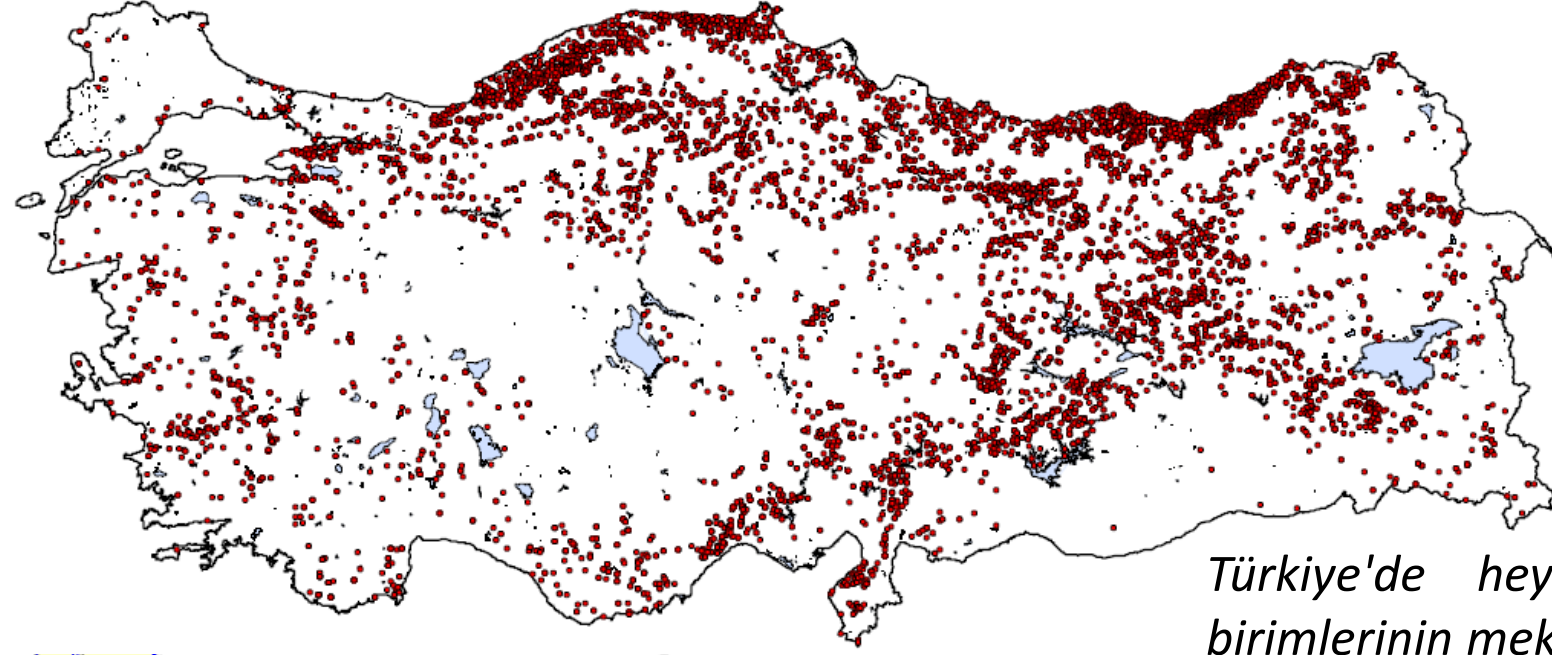


Afet *olay sayısının* afet türlerine göre dağılımı

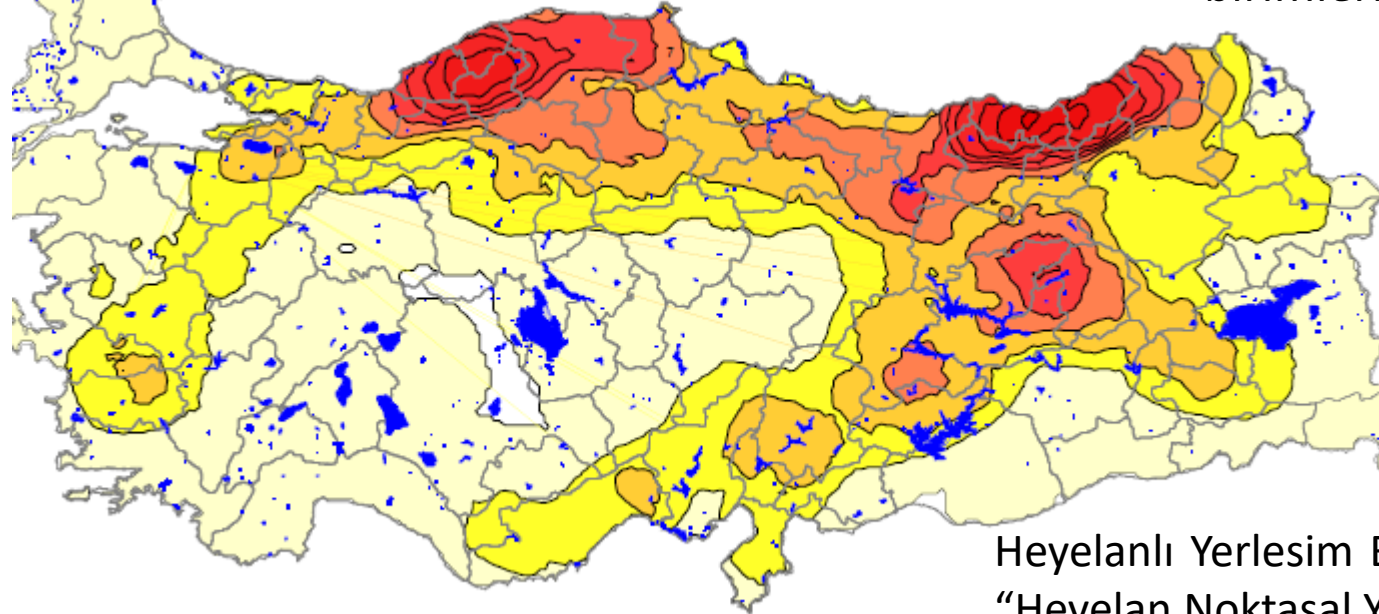


Toplam *afettede sayısının* afet türlerine göre dağılımı

... GENEL İSTATİSTİK mekânsal Dağılım



Türkiye'de heyelanlı yerleşim birimlerinin mekansal dağılımı.



Heyelanlı Yerleşim Birimleri'nden elde edilmiş
"Heyelan Noktasal Yoğunluk Haritası".

KÜTLE HAREKETİ NEDİR?



Yerel **jeolojik**, **hidrolojik**, **jeomormolojik** koşulların ürünü olarak, **bitki örtüsü**, **arazi kullanımı** ve **insan aktiviteleri** tarafından etkilenen, **yağış ve sismik** olayların sıklığı ve şiddeti tarafından kontrol edilen yapay veya doğal çev duraysızlıklarıdır.

This landslide occurred at La Conchita, California, USA, in 2005. Ten people were killed. (Photograph by Mark Reid, U.S. Geological Survey.)

...NEDEN İyi Analiz Edilmeli ve Önlem Alınmalı?



KÜTLE HAREKETLERİNİ KONTROL EDEN VE TETİKLEYEN FAKTÖRLER

Cruden ve Varnes (1996), heyelanlara neden olan jeolojik, morfolojik, fiziksel ve insanlardan kaynaklanan etkenleri aşağıdaki şekilde açıklamışlardır.

1- Jeolojik-hidrojeolojik nedenler

- Malzemenin litolojik özellikleri
- Zayıf, hassas, makaslamaya uğramış malzeme,
- Malzemedeki süreksizlikler ve özellikleri
- Malzemenin hidrojeolojik davranışı
- Tersine uzanan yapının kırılması,
- Geçirgenlikteki zıtlık,
- Sertlikteki zıtlık

2- Morfolojik nedenler

- Şev Özellikleri
- Tektonik ve volkanik yükselme,
- Buzul gerilmesi,
- Yamaç topuğunun akarsu tarafından aşındırılması,
- Yamaç topuğundaki dalga aşındırılması,
- Yamaç topuğundaki buzul aşındırılması,
- Yeraltı aşındırması ,
- Yamaç üzerine veya yamacın tepesine yük konulması,
- Bitki örtüsünün ortadan kaldırılması.

3- Fiziksel nedenler

- Şiddetli yağmurlar,
- Karın hızlı erimesi,
- Taşkın ve gel-git olayında suların hızlı çekilmesi,
- Deprem,
- Volkanik püskürme,
- Çözülme,
- Donma ve çözülme yoluyla ayrışma,
- Şişme-büzülme yoluyla ayrışma,
- Olağanüstü yağışların devam etmesi.

4- İnsan nedenleri

- Yamacın veya topuğun kazılması,
- Yamaca veya tepesine yük konulması,
- Göl suyu seviyesinin aşağı doğru çekilmesi,
- Ormansızlaştırma,
- Toprağı sulama,
- Maden kazıları,
- Yapay titreşimler,
- Kullanımdan kaynaklanan su kaçakları.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Jeolojik Faktörler



Bir şevdeki malzemenin çeşidi o şevde şevde oluşabilecek duraysızlık tipi ile doğrudan ilişkilidir.

Yenilme türü ve yüzeylerinin yeri, **farklı litolojilerin ardalanması, bozuşması, sert ve yumuşak katmanların varlığı, sıkışma dereceleri, çimentolanma özellikleri, tane boyu gibi litolojik** özelliklerine bağlıdır.

Litolojik özelliklerdeki olumsuz değişimler kesme dayanımını azaltarak şevlerin yenilmesine neden olmaktadır. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bileşim, doku ve yapı
- Kırıklar ve faylar
- Tabakalanma ve folyasyon düzlemleri
- Breşik zonlar
- Masif kaya ve plastik malzemeler
- Geçirgenliği farklı ardalanmalı malzemeler

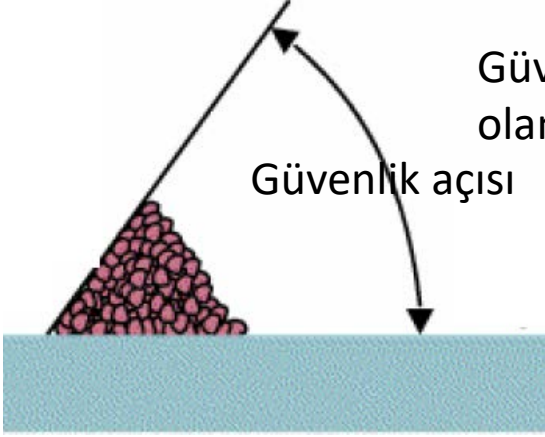
Malzemelerde bozuşma ve fiziksel-kimyasal reaksiyonlardan dolayı değişimler:

- Kayalarda fiziksel parçalanma
- Kil minerallerinin su alması
- Killerin ve killi kayaların kuruyarak çatlaması
- Malzemelerin çözünme ve yıkanması
- Killerin plastikliğinde artış

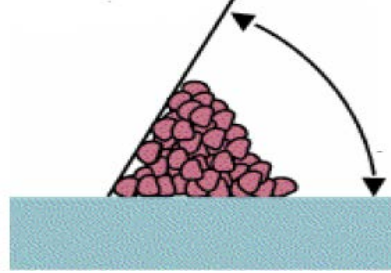


KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Jeolojik Faktörler

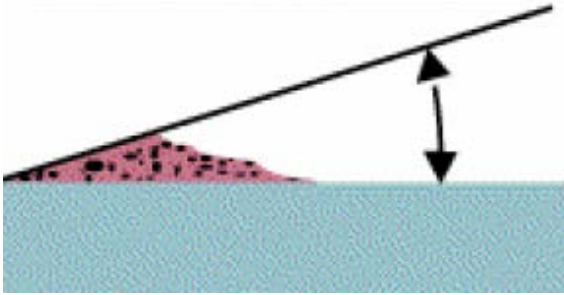
Kayaç ve zeminin jeolojik ve yapısal özellikleri, bölgenin yüzey ve yer altı suyu koşulları heyelan oluşumunda önemli özellikler taşımaktadır



Güvenlik açısı, konsolide olmamış sedimentlerin kaymaya karşı olan direncini gösterir.



İri, düzensiz taneler daha yüksek olarak kümelenebilirler.



İnce taneli, yuvarlak parçacıklar, ancak düşük yamaç eğiminde duraylıdır.



İnce Kum

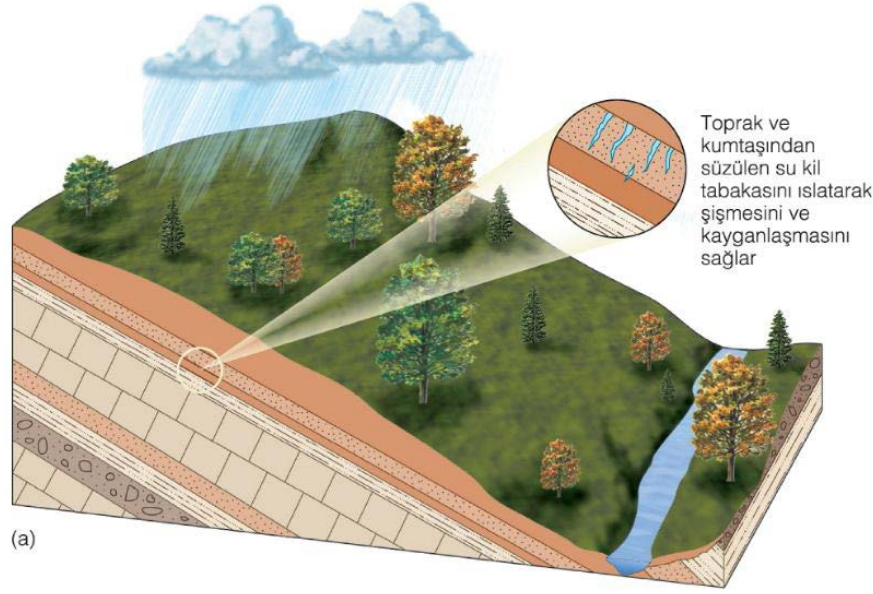


Kaba Kum

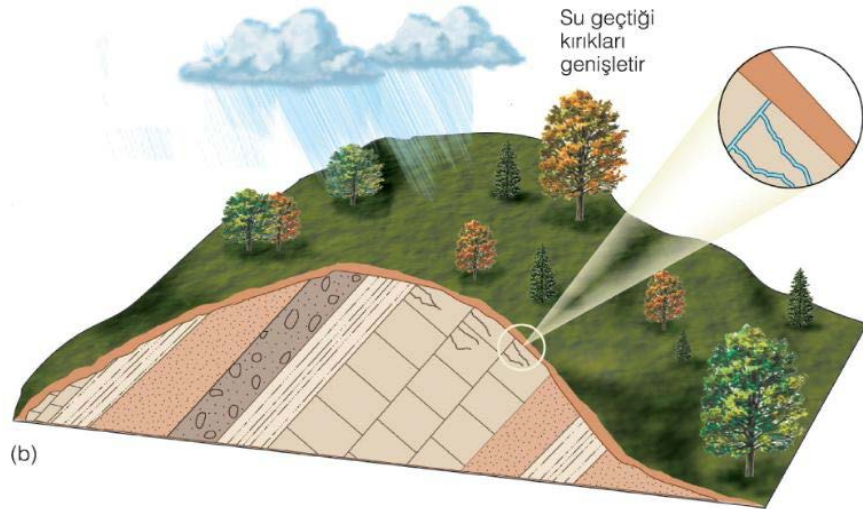


İri Çakıl

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Jeolojik Faktörler



(a)



(b)

Jeolojik Yapı ve Süreksizliklerin şev duraylılığını belirlemede çok belirgin bir rolü vardır. Oluşabilecek problemler yapısal bileşenleri ile **yükseklik, eğim ve yönelim** gibi geometrik şev parametrelerinin birleşimi ile kontrol edilir.

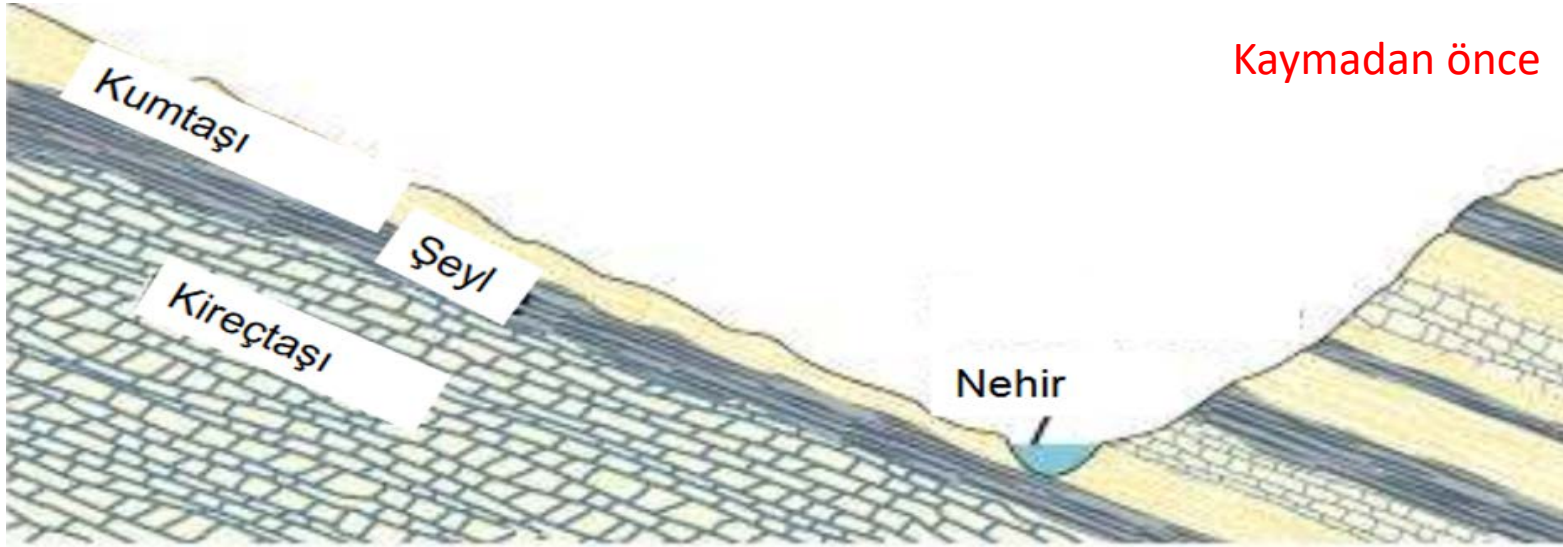
Şevin altında uzanan **kayalar şevle aynı yönde** eğime sahip olduğunda kütle hareketinin olma olasılığı kayaların şevin zıt yönünde yatay ya da eğimli olması durumundan daha yüksektir.

Kayalar şevle aynı eğime sahip olduğunda ise çeşitli düzlemler boyunca süzülen su komşu kaya tabakaları arasında kohezif olma özelliğini ve sürtünmeyi azaltır. Bu, özellikle ıslak olduğunda kaygan hale gelen kil tabakaları mevcut olduğunda doğrudur.

Eklemler boyunca geçen su kayayı ayrıştırarak üstteki kayacın ağırlığı onu düşürene kadar bu açıklıkları genişletir.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Jeolojik Faktörler

Kaymadan önce



Kaymadan sonra



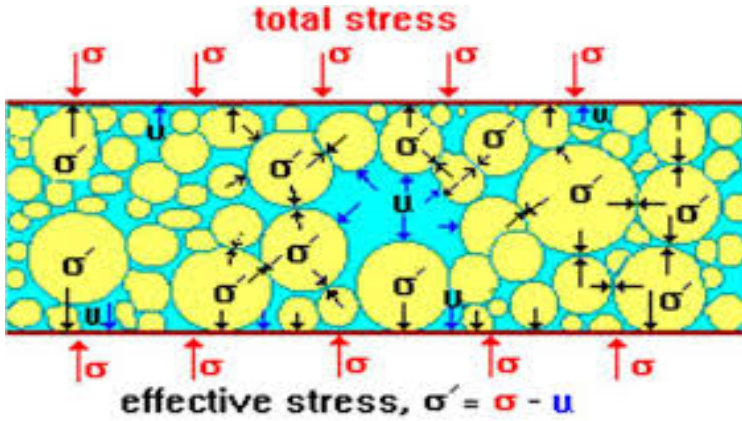
KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ Hidrojeolojik koşullar ve malzemenin hidrojeolojik davranışı

Çoğu yenilmeler yeraltısuyunun boşluk basınçları ve şev malzemesinin aşınmasını da içeren etkilerle meydana gelir. Bir şevde su varlığı zemin dayanımını azaltmakta ve duraysızlığı teşvik eden kuvvetleri de artırarak şev duraylılığını azaltmaktadır.

Suyun etkisi aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- Normal gerilmenin azalmasıyla yenilme yüzeylerinin kesme dayanımında azalma

$$\tau = c + (\sigma_n - \mu) \tan \phi = c + \sigma'_n \tan \phi$$



- Çekme çatlaklarında artan basınç nedeniyle şev aşağı yönde kesme kuvvetinde artış
- Doygunluktan dolayı malzemenin ağırlığında artış
- Su içeriği artışından dolayı yumuşama
- YAS akışı nedeniyle borulanma
- Minerolojik değişimler
- Donma nedeniyle süreksizliklerde açılma

$$\gamma = \gamma_k + S_r n \gamma_w$$

KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ Hidrojeolojik koşullar ve malzemenin hidrojeolojik davranışı

Kum kısmen nemli iken taneler birbirine iyice kenetlenir. Ancak taneler arasındaki boşluğun su ile çok miktarda dolması taneler arasında sürtünmeyi azaltarak kumun sıvı gibi her yönde akmasına neden olur.



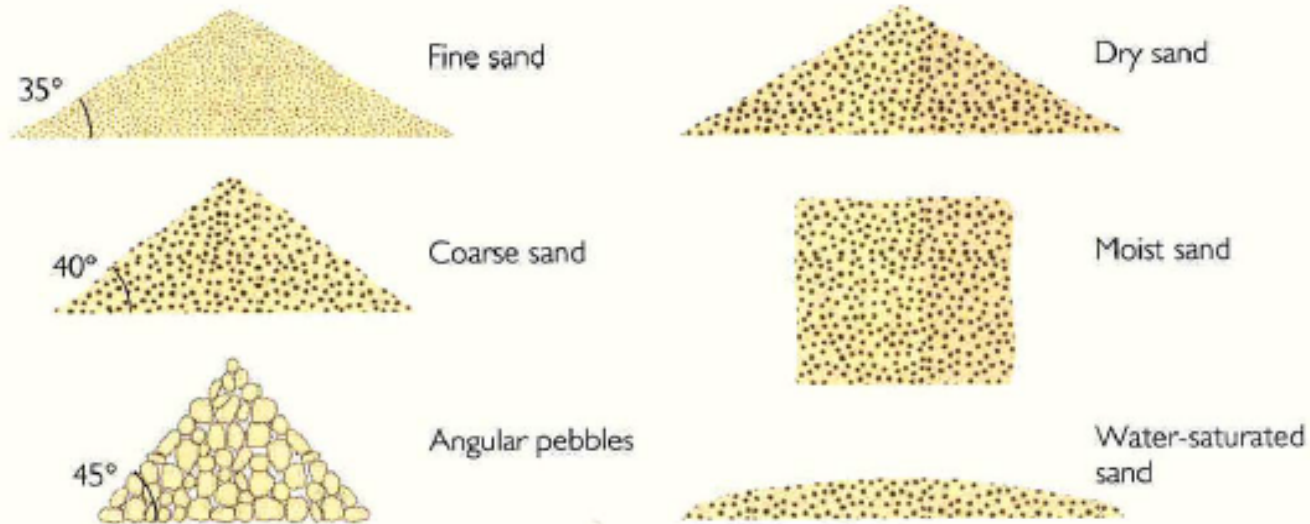
Uzun süreli yağışlar veya bir rezervuar yada göl inşasından sonra yamaçlarda yükselen su seviyesi boşluk suyu basıncını artırarak heyelanları tetikleyebilir (Vajont barajı 1963).

Su seviyesindeki ani düşümlerde şev duraysızlığı açısından en elverişsiz durumu oluşturmaktadır.

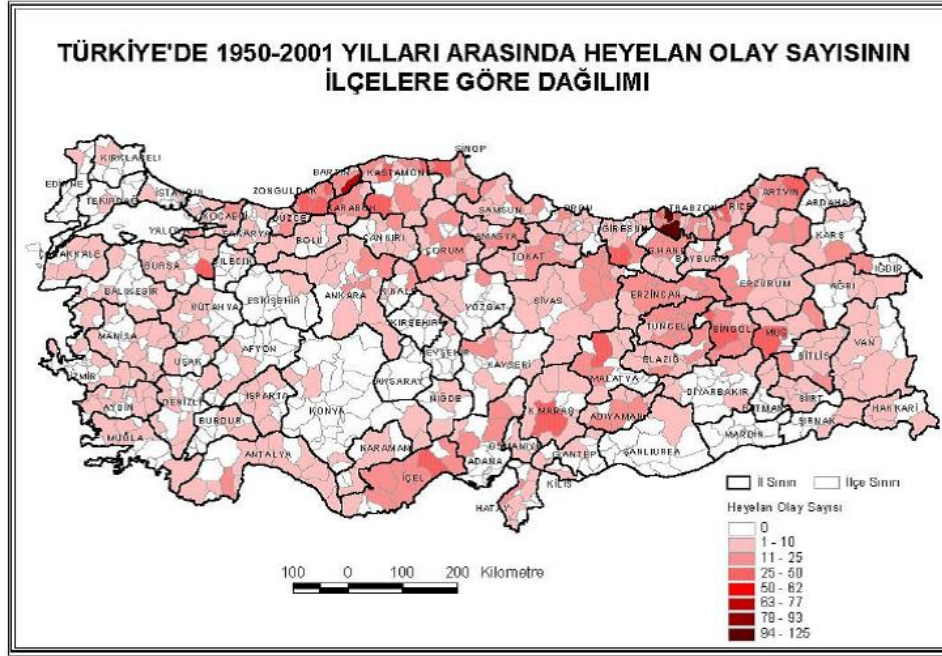
KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ Hidrojeolojik koşullar ve malzemenin hidrojeolojik davranışı

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN UNSURLAR

YAMAÇ MALZEME TÜRÜ	YAMAÇ EĞİMİ	SU İÇERİĞİ	HAREKET OLASILIĞI
Gevşek kum veya kumlu silt	Doğal açı	Kuru Islak	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı Kum suya doygunsa akabilir
Kum, silt ve topraktan oluşan karışım	Orta	Kuru Islak	Kazı ile yamaç eğimi artmazsa duraylı Heyelan, kayma veya akmaya eğilimli
	Yüksek	Kuru Islak	Geçici olarak duraylı Kayma veya akmaya çok eğilimli
Çatlaklı ve deforme kayaç	Orta-yüksek eğimli	Kuru veya ıslak	Kaya düşmesi veya kayması olabilir
Sağlam kayaç	Orta	Kuru veya yaş	Duraylı
	Yüksek	Kuru veya yaş	Kaya düşmesi veya kayması olabilir



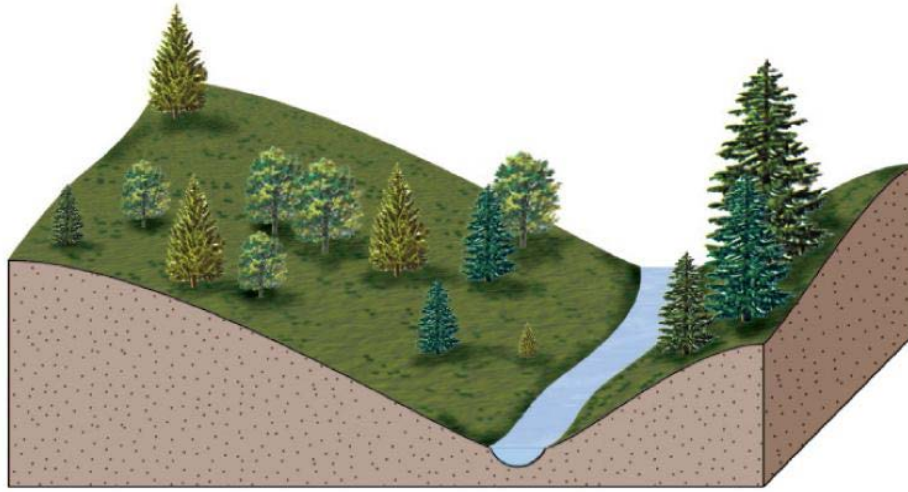
KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ Fiziksel Nedenler



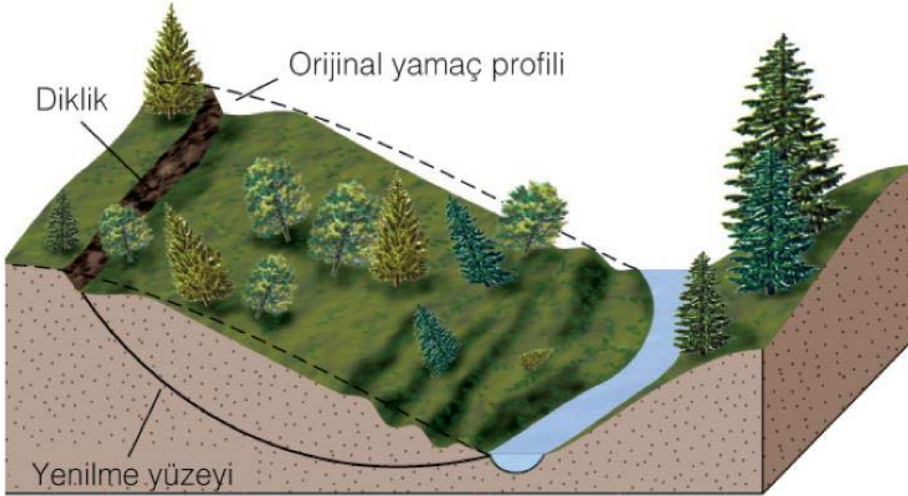
Bitki örtüsü yamaç duraylılığını birkaç şekilde etkiler. Yağmurlu fırtınada suyu emerek alan bitki örtüsü kesme dayanımı yitimine yol açacak biçimde şev malzemesinin suya doygunluğunu azaltır. Bitki örtüsünün kök sistemi de toprak partiküllerini birbirine bağlayarak ve toprağı ana kayaya tutundurarak şevin duraylı hale gelmesine yardım eder. Bitki örtüsünün doğal ya da insan etkinlikleriyle yok edilmesi birçok kütle hareketinin başlıca nedenidir.

Bitki kökleri, derine giden cinsten olanlar yamaçın duraylılığını sağlar şekilde etki yapar. Örneğin heyelanları önlemek için kökü derinlere giden, gövdesi fazla büyümeyen bitkiler önerilir. Kökün derinlere gitmesi, gözenek ve çatlaklardaki suyu alır. Ağaçların gövdesi çok fazla büyürse yamaca ek yük getirir. Bundan dolayı da kayma gerçekleşir.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Morfolojik Nedenler



Şev açısı, genellikle kütle hareketlerinin başlıca nedenidir. Genelde şev açısı ne kadar yüksekse o şevin o denli daha az duraylı olduğu söylenir. Bu yüzden dik şevlerin kütle hareketleri geçirmesi tatlı eğimli olanlardan daha olasıdır.



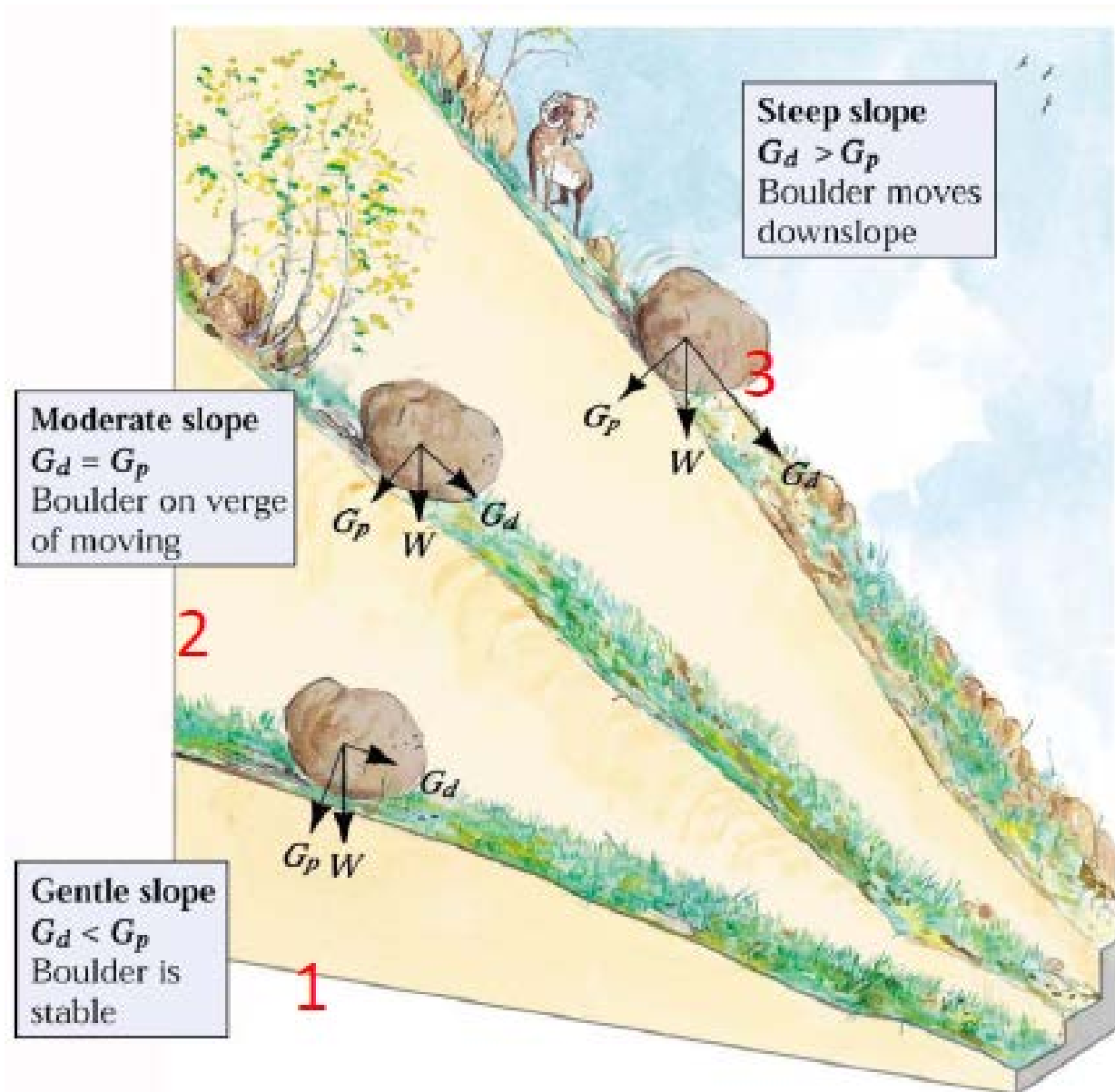
Çökme olmadan bir şevin dayanabildiği **en yüksek açı duruş açısı / güvenlik açısı / doğal yığın açısı (angle of repose)** dır. Bu açı değerinde şev malzemesinin kesme dayanımı ile yerçekimi kuvveti tam olarak dengelenir.

Pekişmemiş malzemelerde normalde duruş açısı 25° ile 40° arasında değişir. 40° den daha yüksek eğimli şevler genellikle bozunmamış kayadan oluşur.

İrmak aşındırmasıyla altının oyulması şev açısını artırarak şevin tabanını kaldırır ve şev yenilmesine yol açabilir.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER/ Morfolojik Nedenler

Hangi Eğim Tehlikeli?



KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ İnsan etkileri



Arazi gerilmelerinin şev duraylılığında önemli rolü vardır. *Malzemenin boşaltılması, doldurulması ya da yığılması şev üzerinde problemlere yol açabilir.*

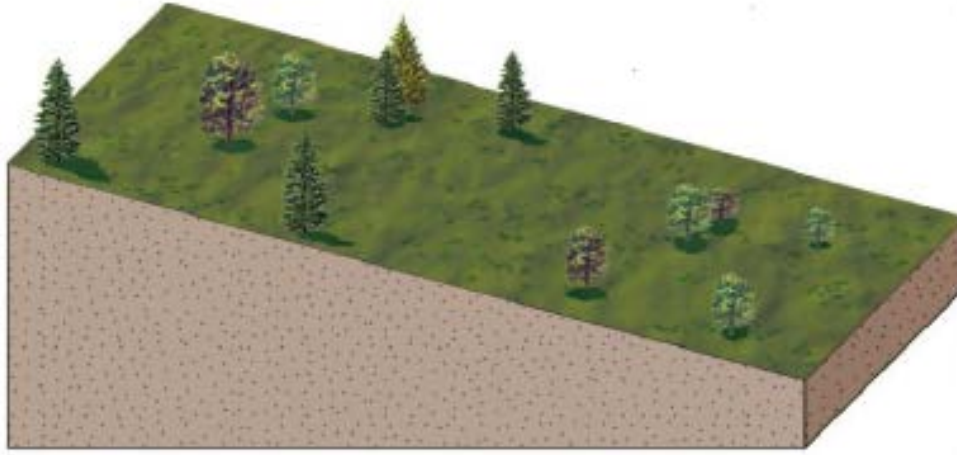
Bir şev kazıldığı zaman yük kalkmasıyla oluşan gerilme rahatlaması malzeme özelliklerini değiştirebilir.

Doğal koşullarda malzemenin yükü şevi destekleyen taneler arasında sürtünme ile birlikte taneler arası dokanaklarla taşınır. Aşırı yüklenmenin ortaya çıkardığı ek ağırlık sırayla kesme dayanımını azaltıp şev malzemesini zayıflatarak malzeme içindeki su basıncını artırır ve şevin yenilmesine neden olur.



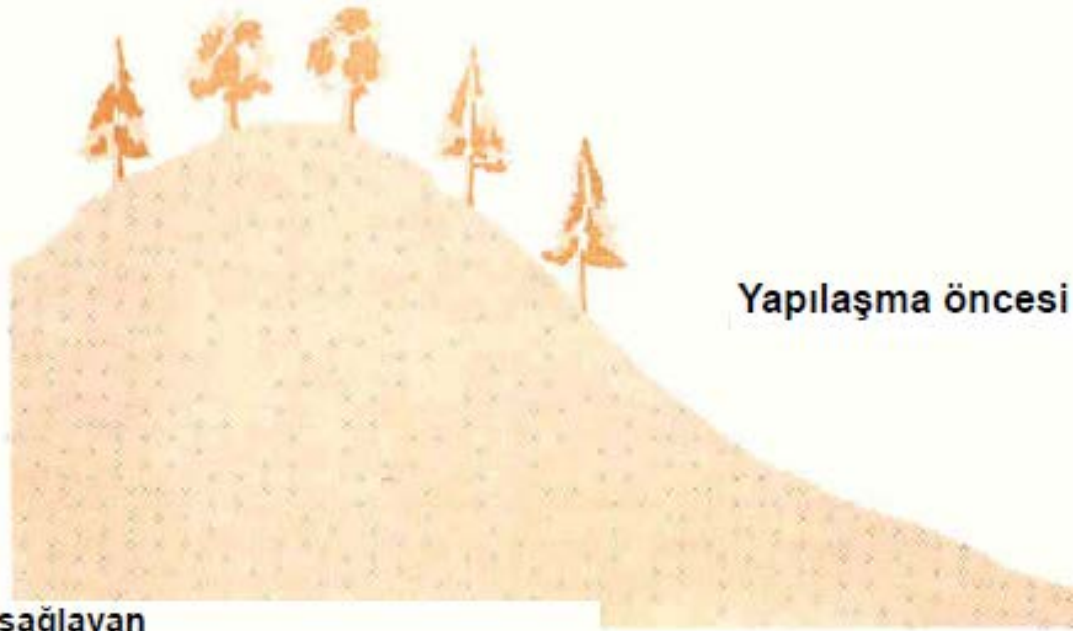
KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ İnsan etkileri

Yol yarmaları ve yamaçta inşaat alanları için yapılan kazılar yamaç yenilmesinin bir başka önemli nedenidir.



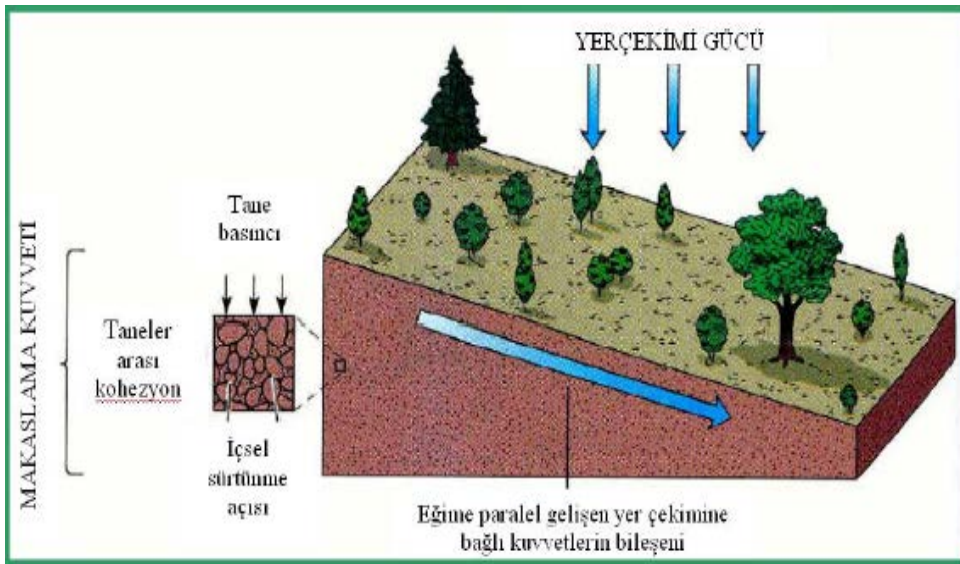
KÜTLE HAREKETLERİNİ TETİKLEYEN FAKTÖRLER/ İnsan etkileri

...BİR NEDEN



ANALİZ-DEĞERLENDİRME YÖNTEMLERİ

Birçok kütle hareketi kütleleri kaydırmaya çalışan kuvvetlerle kaymaya karşı koyan kuvvetlerin oranları tarafından denetlenir. En yaygın kaymaya karşı koyan kuvvet şev malzemesinin muhtemel kayma düzlemleri boyunca gelişen kayma (kesme) dayanımıdır. Kayma dayanımı kohezyon ve içsel sürtünme açısının fonksiyonudur. Duraysızlığı arttıran bu kuvvet şevin kesme dayanımını aştığında **şev yenilmesi** olur.



Şev üzerine etki eden kaydırıcı kuvvetler şevin dayanma kuvvetini aştığında şev yenilmesi olur.

Güvenlik Sayısı

$$\text{Güvenlik Sayısı, } G_s = \frac{\text{Tutucu kuvvetler, } \Sigma W_1 L_1}{\text{Kaydırıcı kuvvetler, } \Sigma W_1 L_1}$$

Güvenlik sayısı 1.0'dan az ise : *Güvenilmez*

Güvenlik sayısı 1.0 - 1.2 ise : *Kuşkulu (kısa süreli şevler)*

Güvenlik sayısı 1.0 - 1.4 ise : *Yarma ve dolgular için*

güvenli (uzun süreli şevler)

Güvenlik sayısı 1.5 den fazla : *Barajlar için emniyetli*

Kaymaya engel olan kuvvetler > Kaydırıcı kuvvetler
(Şev duraylı)

Kaymaya engel olan kuvvetler < Kaydırıcı kuvvetler
(Şev duraysız)

Kaymaya engel olan kuvvetler = Kaydırıcı kuvvetler
(Kritik denge)

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

DURAYSIZLIK TÜRÜ			MALZEMENİN TÜRÜ		
			TOPRAK ZEMİNLER		ANA KAYA
			İNCE TANELİ	İRİ TANELİ	
DÜŞME			Zemin Düşmesi	Moloz Düşmesi	Kaya Düşmesi
DEVİRİLME			Zemin Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Kaya Devrilmesi
KAYMA	DÖNEL (Dairesel)	Sınırlı Sayıda birim	Zeminde Dairesel Kayma	Molozda Dairesel Kayma	Kayada Dairesel Kayma
	ÖTELENMELİ	Çok Sayıda Birim	Zeminde Blok Türü Ötelenme Zemin Kayması	Molozda Blok Türü Ötelenme Moloz Kayması	Kaya Yayılması
YANAL YAYILMA			Zemin Yayılması	Moloz Yayılması	Kaya Yayılması
AKMA			Zemin akması	Moloz Akması	Kaya Akması
			(Zeminde krip)		(Derin Krip)
KARMAŞIK KAYMALAR			Yukarıda belirtilen diğer duraysızlık türleri veya bir kaçının birleşmesi ile gelişen duraysızlıklar		

Hareketin tipi ve malzemenin cinsine göre heyelanların sınıflandırılması (Varnes, 1978).

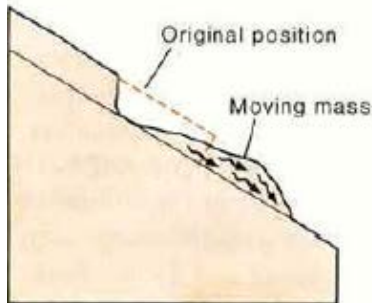
KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

RATE description	VARNES 1978 rate/period	WP/WLI milimeter/second	WP/WLI rate/period-local
extremely rapid	> 3 metres/second	> 5×10^3	> 5 metres/second
very rapid	> 0.3 metres/minute	> 50	> 3 metres/minute
rapid	> 62.5 milimetres/hour	> 0.5	> 1.8 metres/hour
moderate	> 50 milimetres/day	> 5×10^{-3}	> 430 milimetres/day
slow	> 4.1 milimetres/day	> 5×10^{-5}	> 4.3 milimetres/day
vey slow	> 0.164 milimetres/day	> 0.5×10^{-6}	> 0.043 milimetres/day
extremely slow	< 0.164 milimetres/day	< 0.5×10^{-6}	< 0.043 milimetres/day

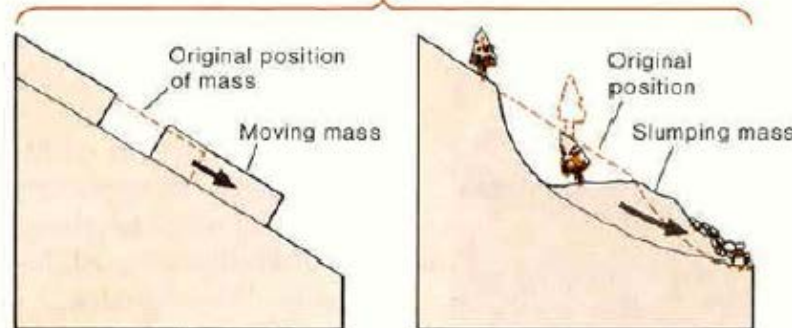
Heyelanların derinliğine göre sınıflandırılması (Zaruba ve Mencil,1969)

Hareketin Tipi	Hareketin maksimum derinliği	Heyelanların aktivite durumları
Yüzeysel kaymalar	1,5m'den küçük	Aktif heyelanlar
Sığ (derin olmayan) kaymalar	1,5-5m	Gizli heyelanlar
Derin kaymalar	5-20m	Aktif olmayan heyelanlar
Çok derin kaymalar	20m 'den büyük	

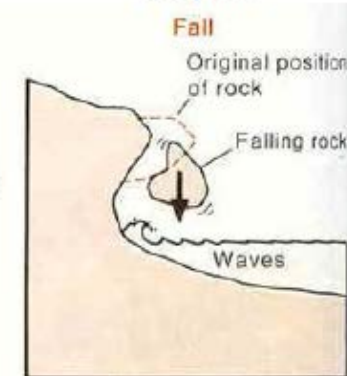
Akma
Flow



Kayma
Slip



Düşme
Fall



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

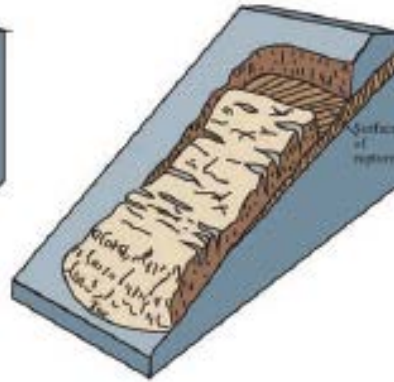
Hız Sınıfı	Nitelik	Hız (mm/sa)	Tipik Değer
7	Olağanüstü Hızlı	$5 \cdot 1000$	5 m/sn
6	Hızlı	$5 \cdot 10$	3m/dk
5	Çok Hızlı	$5 \cdot 1/10$	1.8m/sa
4	Orta Hızlı	$5 \cdot 1/1000$	13m/ay
3	Yavaş	$5 \cdot 1/100000$	1.6m/yıl
2	Çok Yavaş	$5 \cdot 1/10000000$	16mm/yıl
1	Aşırı Yavaş		

Kitle hareketlerinde hız sınıflaması (Varnes, 1978)

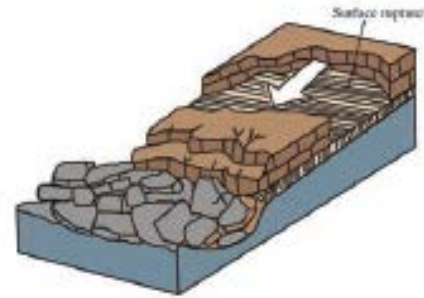
KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI



Rotational slide



Translational slide



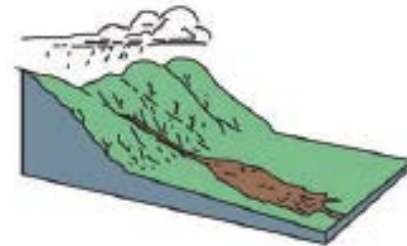
Block slide



Rockfall



Topple



Debris flow



Debris avalanche



Earthflow

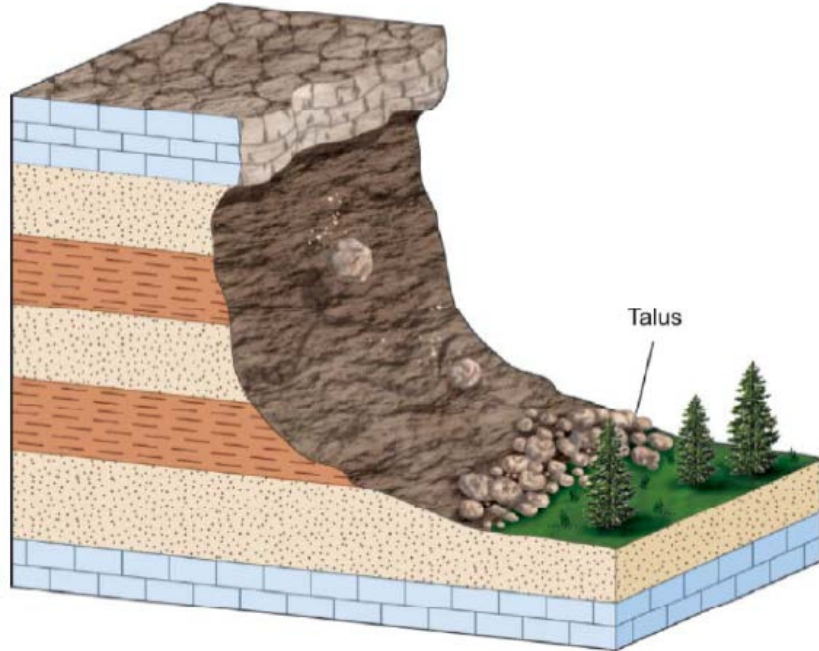


Lateral spread

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Düşme

Üzerinde daha önce kayma hareketi olmamış bir yüzeyden kaya ve zeminin ayrılmasıyla başlar. Malzeme bundan sonra büyük ölçüde havada düşme, takla atma veya yuvarlanmayla yamaç aşağı taşınır.

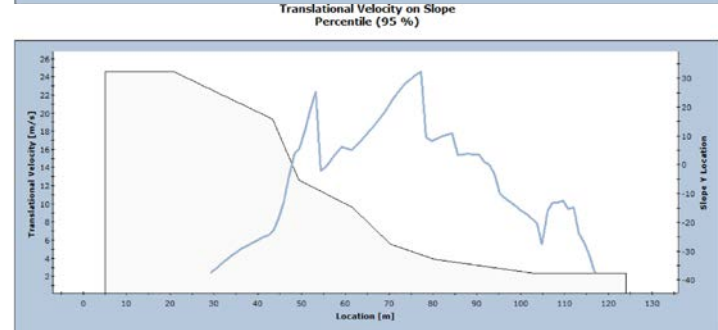
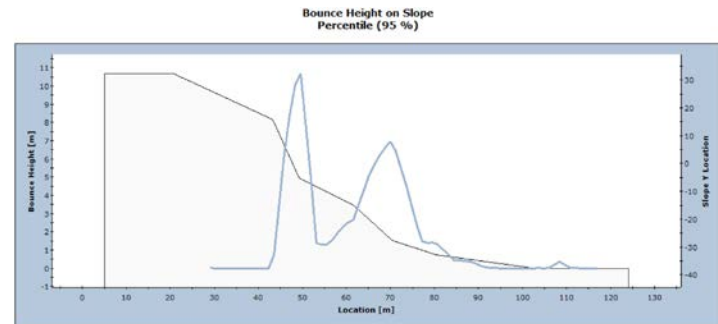
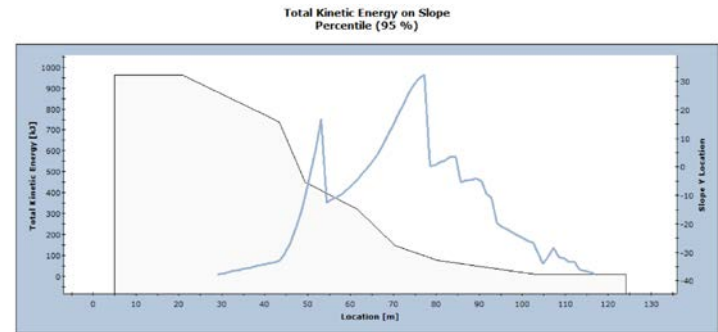
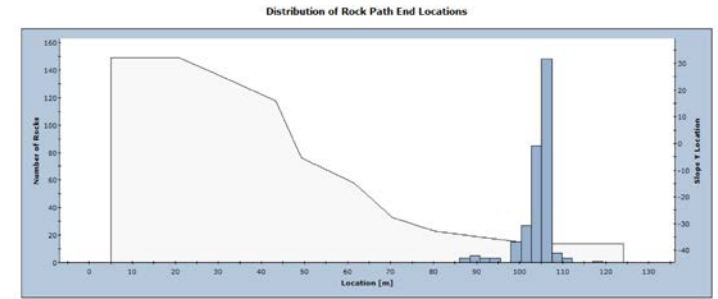
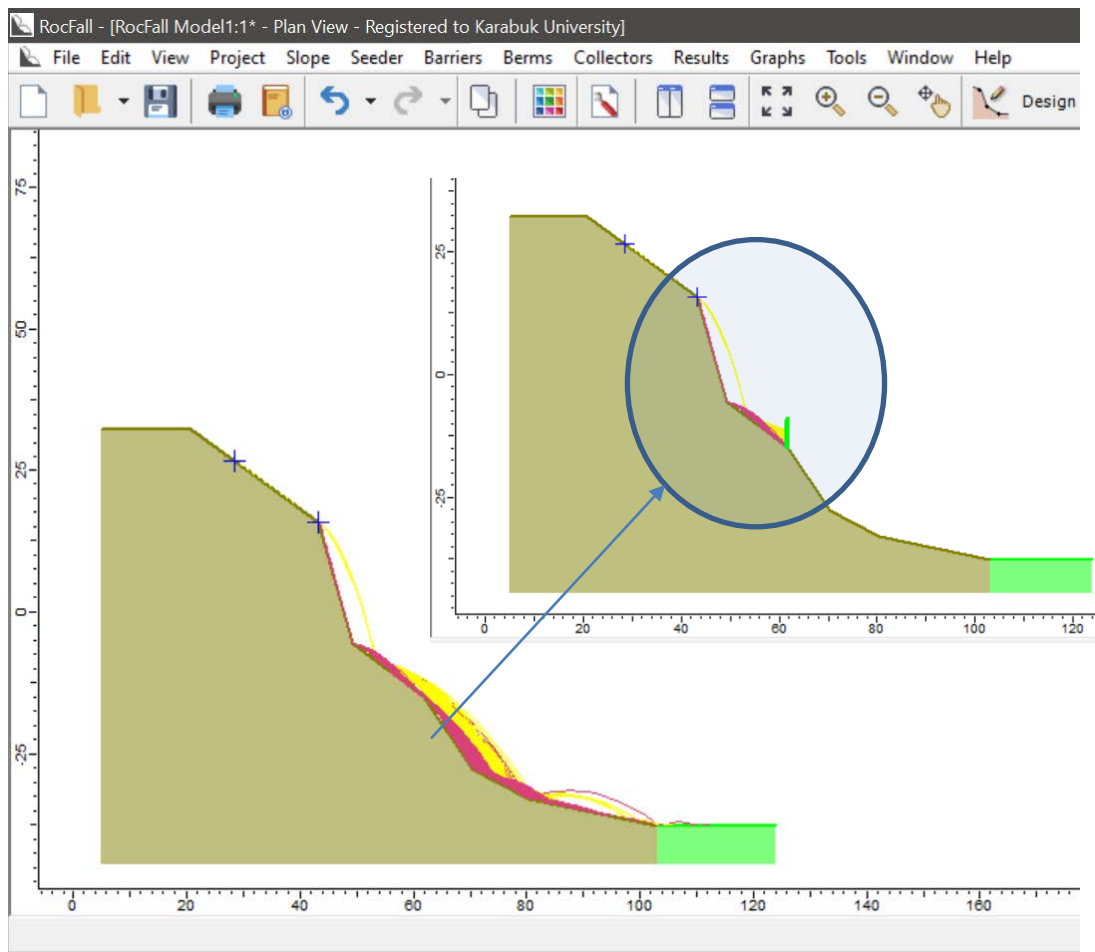
Kaya düşmesinin esas nedeni, topuk oyulmaları, çatlak ve kırıklarda birbirini izleyen erime ve donma olayları, hidrostatik basınç sonucu genişleme ile yer çekiminin bağlayıcı kuvvetlerinden daha büyük hale gelmesidir. Düşen malzemenin türüne göre, olaya Kaya Düşmesi, Blok Düşmesi ya da Toprak Düşmesi adı verilir.



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Düşme



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Düşme



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Düşme



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Düşme



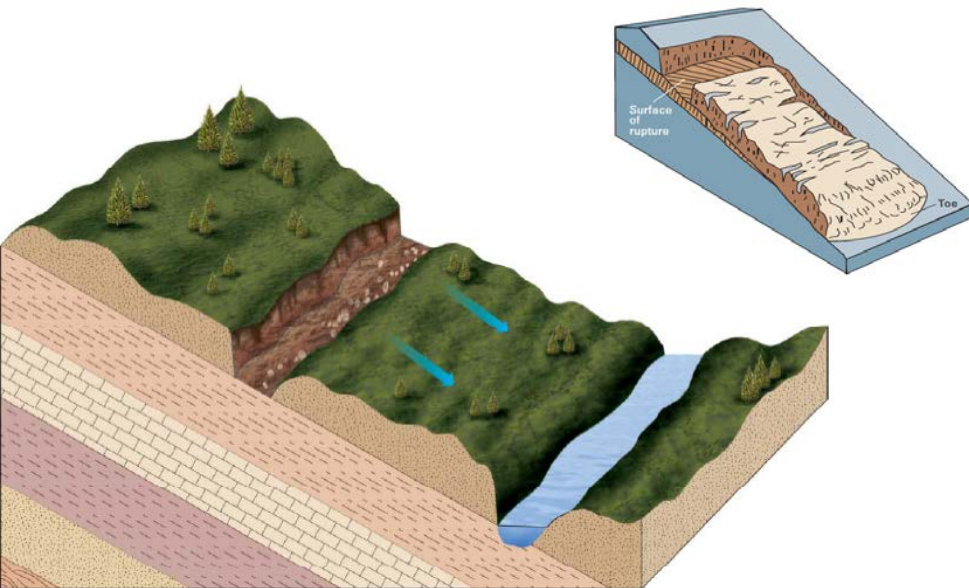
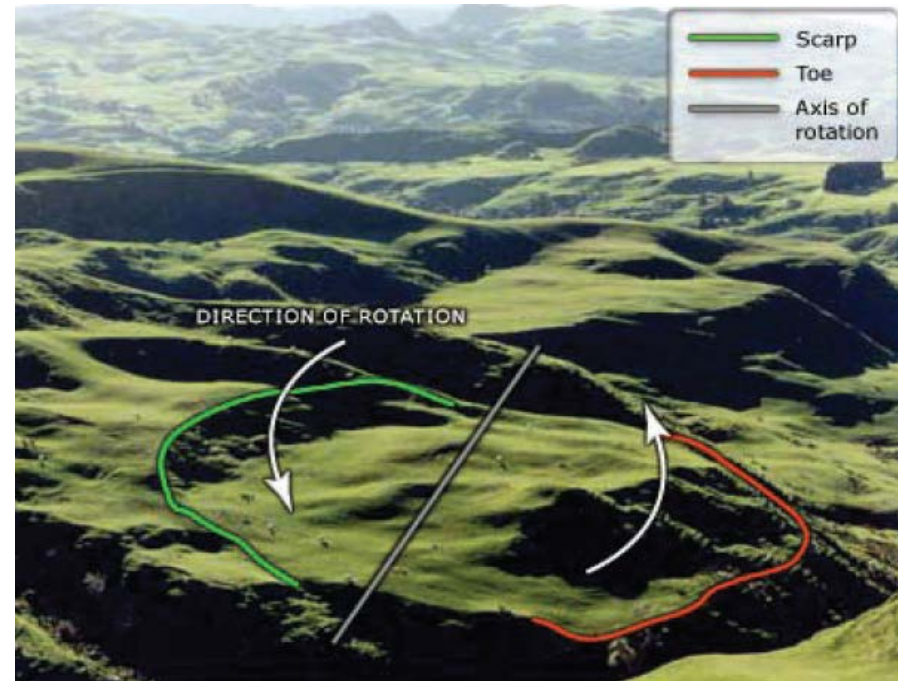
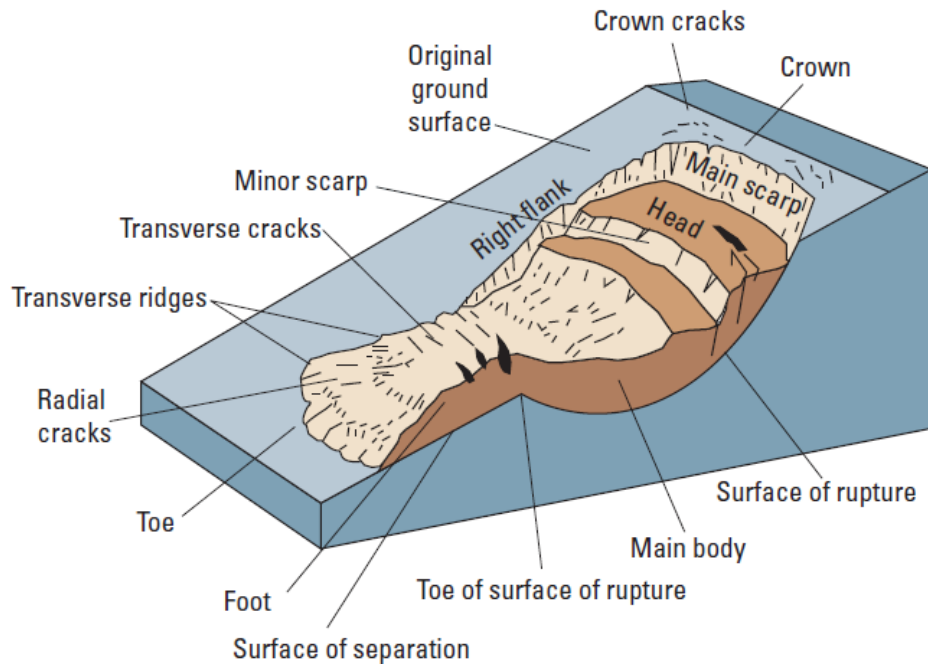
KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Devrilme

Bir zemin veya kaya kütesinin yamaç dışına, kendi ağırlık merkezi altında bir nokta veya eksen boyunca öne doğru dönmesi, eğilmesi, devrilmesidir.

Bu harekette eğik yüzey boyunca kayma söz konusu değildir. Buradaki hareket bir dönme hareketidir. Dönme bloğun eğim açısındaki kenarı boyunca olmaktadır



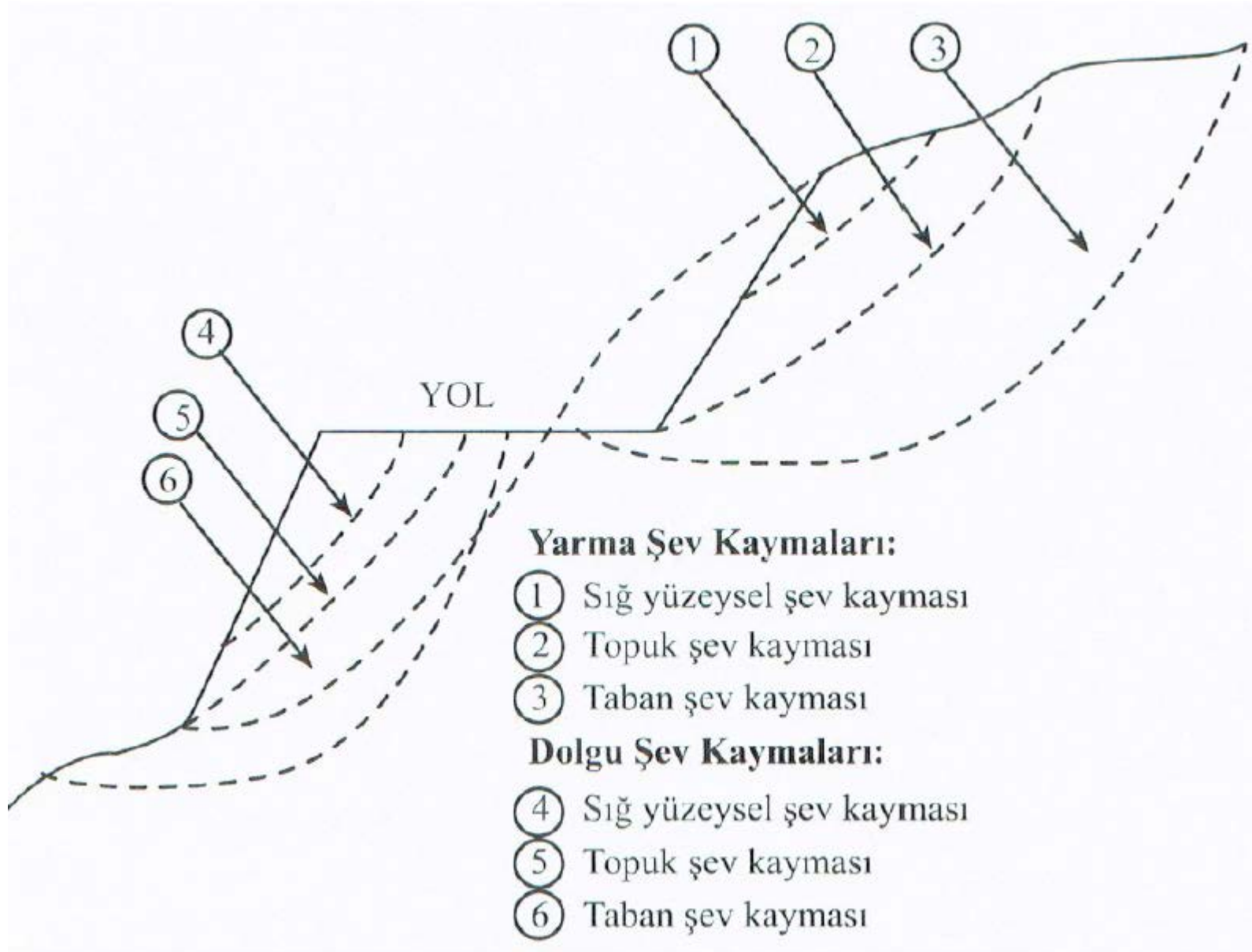
KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Kayma



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Kayma



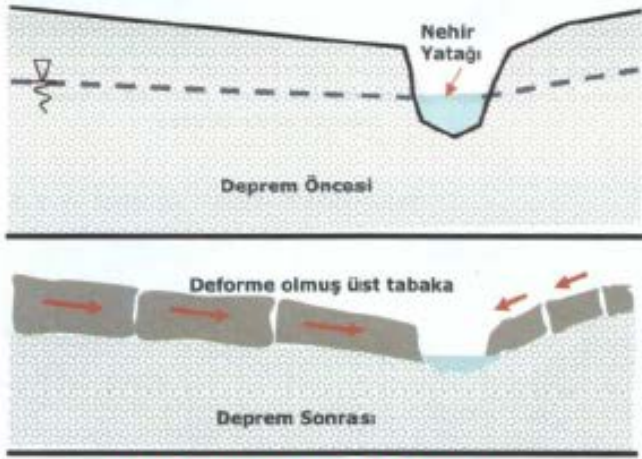
KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Kayma



Yarma ve dolgu şev kaymaları (Tunç, 2010)

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Yanal Yayılma

Kohezyonlu zemin veya kaya kütesinin alttaki yumuşak tabaka içine kırılarak batması sonucu uzamasıdır. Genellikle az eğimli yamaçlarda gelişir.



Yanal yayılma oluşum biçimi



2001 Nisqually depremi Green River boyunca oluşan yanal yayılma



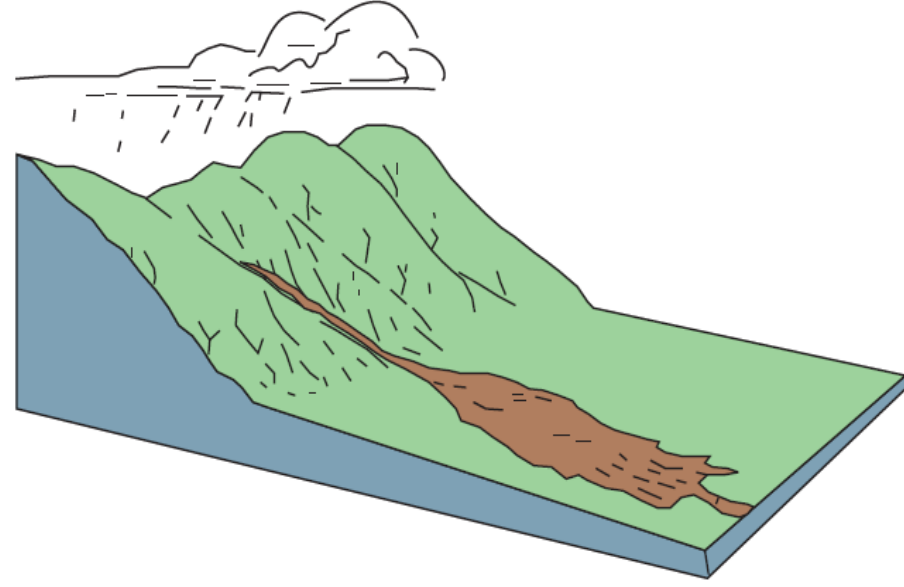
1989 Loma Prieta depreminde devlet parkı yakınında oluşan yanal yayılma



2001 Nisqually, WA depreminde Pajaro Sunset Lake'de yanal yayılma

KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Akma

Toprak ya da taş-toprak karışımı, ayrıışmış yüzeysel örtü, içerisinde bulunan su miktarına göre, bazen bir sıvı gibi akar; bazen de çok yavaş fakat sürekli olarak yer değiştirir ve bu zaman zeminin içinde bir deformasyon oluşur. Akma hareketi hızlı olduğu zaman, akan malzemenin türüne göre Kaya-Blok Akması, Kum Akması, Çamur Akması v.b. isimler alır.



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Akma/Krip-Sürünme

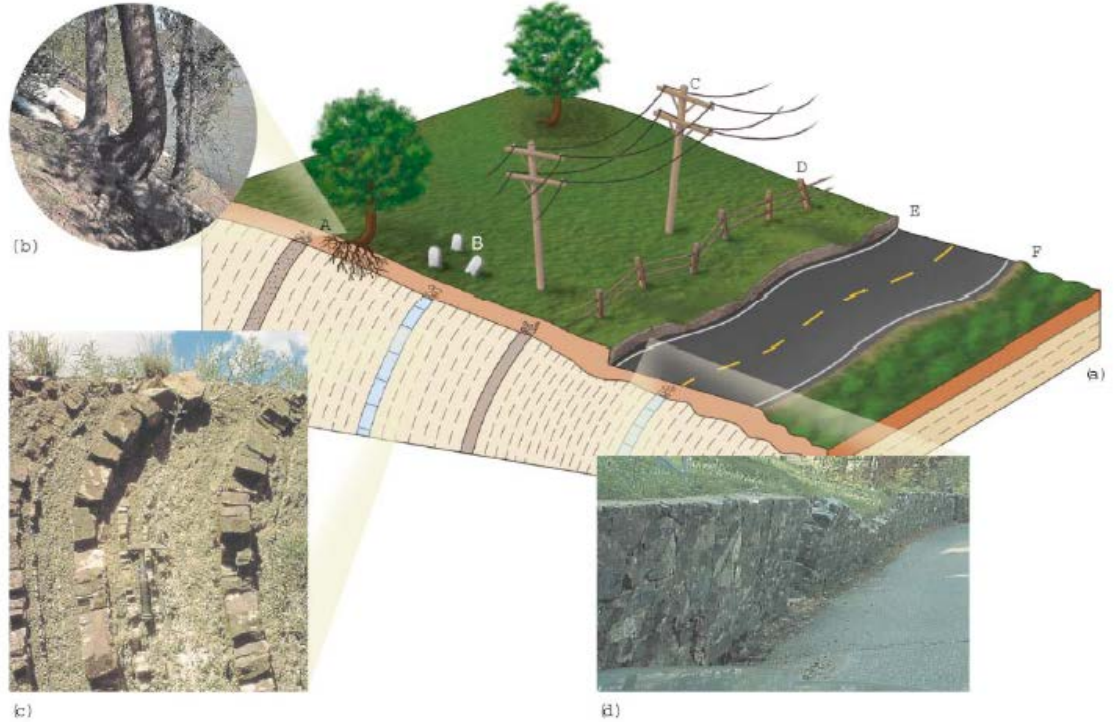
Yamacın/şevin yüzeysel kısmının yavaş yavaş, fakat sürekli, yer değiştirmesine “**Krip**” denir. Kripin ana nedeni yerçekimidir. Fakat yeraltı suyunun varlığı, birbiri ardı sıra ıslanma-kuruma; donma-erime, bitki köklerinin büyümesi, oyucu hayvanların işlevi bu tür hareketi kolaylaştırır.

Yamaç Molozu (talus) Krip:

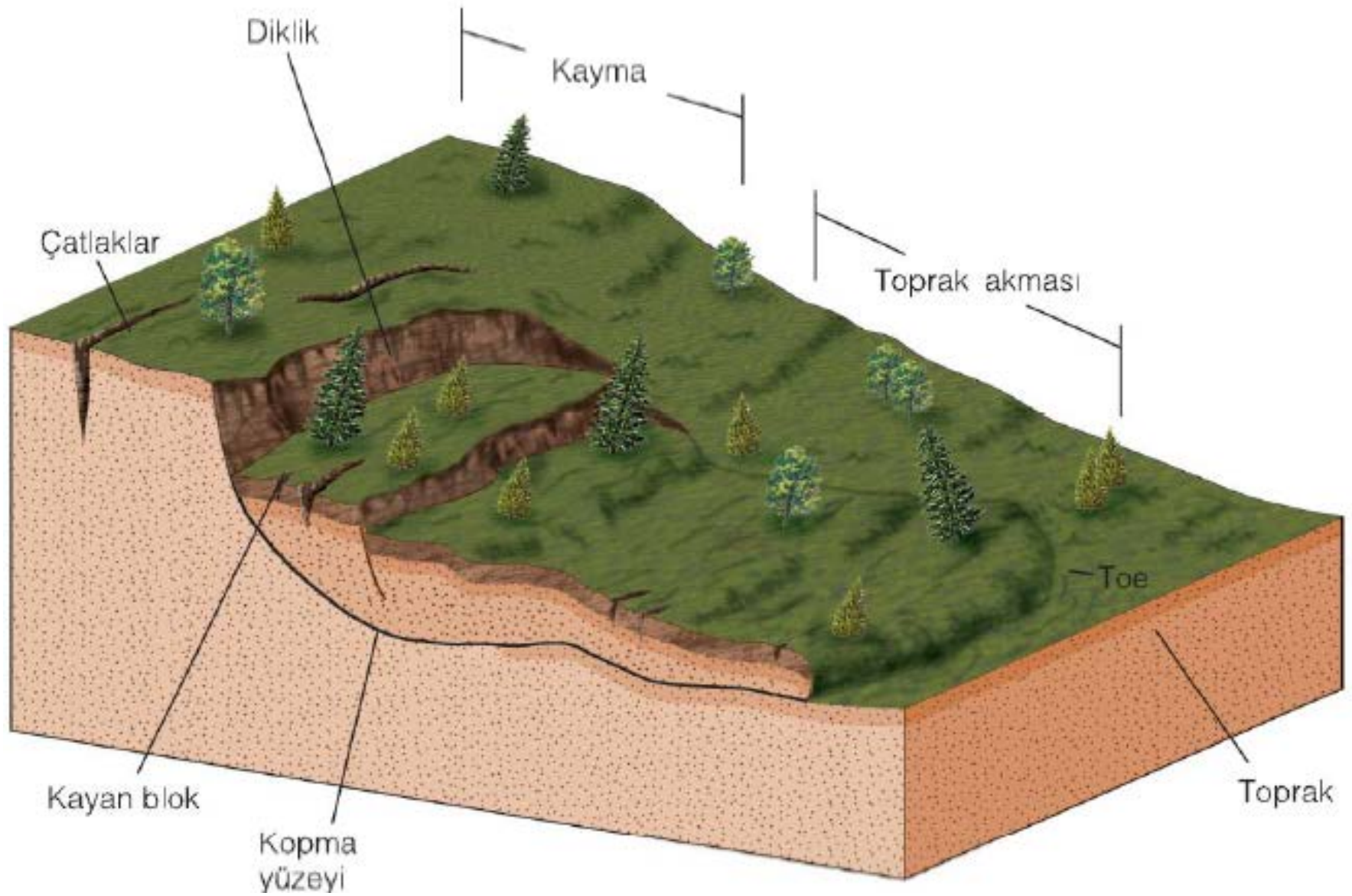
Yamaçların dibinde biriken taş parçalarına “Yamaç Molozu”, “Talus” adı verilmektedir. Bunlar çok büyük bloklardan ve oldukça iri molozlardan oluşmuştur.

Kaya Krip:

Yamaçlardaki yerli kayaların eğim düzlemleri boyunca yavaş yavaş hareket etmesine “Kaya Krip” denir.



KÜTLE HAREKETLERİNİN SINIFLANDIRILMASI/Karmaşık Kaymalar



KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTILMA YÖNTEMLERİ

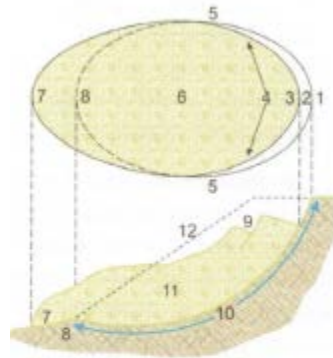


KÜTLE HAREKETLERİNİ İNCELENMESİ

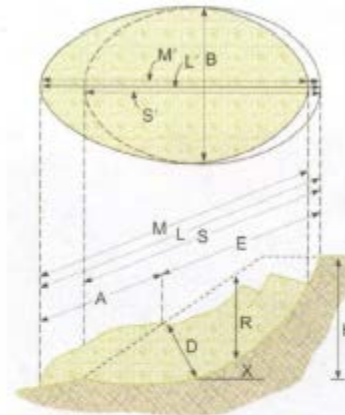
Amaç	Aşamalar	Yöntem ve teknikler	Hedef
← Duraysız alanların araştırılması → ← Spesifik heyelanların araştırılması →	Ön incelemeler	Mevcut bilgi ve haritaların gözden geçirilmesi	Süreçlerin ve hareket tiplerinin saptanması Belirleyici faktörlerin saptanması Alanın duraylılığının genel değerlendirmesi
		Hava fotoğrafları yorumlama ve uzaktan algılama	
	Genel gözlemler	Arazi gözlemleri Süreçlerin haritalanması Faktörlerin haritalanması	
	Süreçlerin ve nedensel faktörlerin incelenmesi	Arazi gözlemleri	Süreçlerin ve malzemelerin tanımlanması ve sınıflanması Mevcut süreçlere ve belirleyici faktörlerin birlikteliğine dayalı olarak duyarlılık analizleri
		Ön yeraltı araştırmaları: Jeofiziksel yöntemler	
		Mostrada gözlem ve ölçümler	Hareketlerin tanım ve sınıflanması Morfolojik, jeolojik, hidrojeolojik ve jeomekanik verilerin toplanması
	Ayrıntılı araştırma	Sondajlar, jeofizik yöntemler, arazi deneyleri, örnekleme	
		Laboratuvar deneyleri	
	İzleme	İnklinometreler, ekstansometreler, tiltmetreler, piyezometreler	Hız, yön, yenilme düzlemlerinin durumu, su basınçlarına dair veri toplama
	Duraylılık analizi	Sınır denge yöntemleri Gerilme-birim deformasyon sayısal yöntemleri	Yenilme modelleri ve yenilme mekanizmalarının tanımı Duraylılığın değerlendirilmesi Düzeltilici önlemlerin tasarımı

KÜTLE HAREKETLERİNİ İNCELENMESİ/ Ayrıntılı Araştırmalar

Malzeme özellikleri	Yenilme yüzeyleri	Hareket hızı
Jeofizik yöntemler (özdirenç, sismik kırılma)	Arazi gözlemleri Sismik ve elektrik yöntemler	Çekme çatlakları ve sarpıklarda ölçümler
Araştırma çukurları ve hendekleri	Kazılar ve araştırma çukurları	İşaret ve kazıkların yerleştirilmesi
Sondajlar	Sondaj kuyularında ölçümler	Olağan topoğrafik yöntemler
Laboratuvar deneyleri	Kuyularda ayrıntılı jeoteknik loglama	İnclinometre ve ekstansometreler
Arazi deneyleri	Büyük çaplı kuyularda gözlemler	Elektronik ve GPS ölçümleri
Geriye analiz	İnclinometre ve ekstansometreler	Uygu görüntülerinin analizi
	Geriye analiz	(interferometri)



1. Taç
2. Ana sarplık
3. Tepe
4. Heyelanın üst kısmı
5. Yakalar
6. Heyelanın ana gövdesi
7. Heyelanın topuğu
8. Yırtılma yüzeyinin topuğu
9. Tali sarplık
10. Yırtılma yüzeyi
11. Kaymış kütle
12. Orijinal yamaç yüzeyi



- B. Maksimum genişlik
- H. Topuktan taca yükseklik
- L. Toplam uzunluk
- M. Yerdeğiştirmiş kütle genişliği
- S. Yırtılma yüzeyinin uzunluğu
- L', M', S'. Sırayla L, M, S'ye karşılık gelen yatay mesafeler
- A. Birikme zonu
- E. Tükenme zonu
- D. Yerdeğiştirmiş kütle kalınlığı
- R. Yırtılma yüzeyinin maksimum derinliği
- X. Yırtılma yüzeyinin eğim açısı

KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

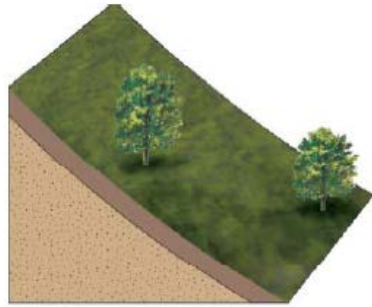
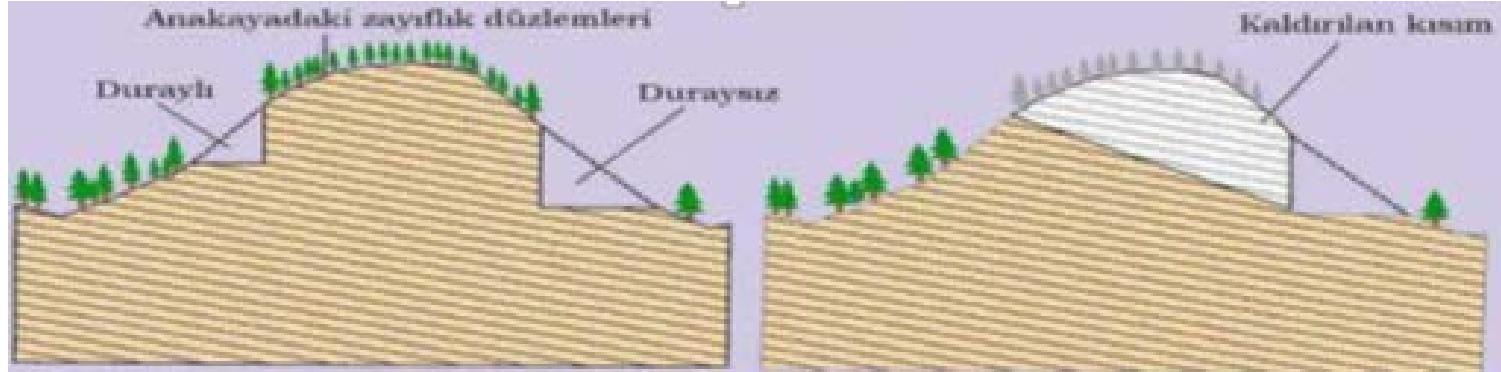
Kütle hareketlerinin önlenmesi için yapılacak işlemler temel olarak; bu olayları meydana getiren sebepleri ortadan kaldırmak, **kaydırıcı kuvvetleri azaltarak ve, tutucu kuvvetleri çoğaltmak**la olanaklıdır. Bu kapsamda alınacak önlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- A. Şev geometrisinin değiştirilmesi
 - 1. Şev açısının düşürülmesi
 - 2. Şevin tepesinden ağırlık kaldırılması
 - 3. Şev topuğunda ağırlık konulması yada artırılması
 - 4. Palye inşaatı (basmaklama)
- B. Drenaj
 - 1. Yüzey drenajları
 - 2. Derin drenajlar
- C. Şev içerisine drenajlı yapısal bileşenler yerleştirerek zemin dayanımının artırılması
 - 1. Kazıklar ve mikro kazıklar gibi makaslanmayan elemanların yerleştirilmesi
 - 2. Civata ve ankrajlar gibi sürtünme kuvvetlerini artıran elemanların yerleştirilmesi
 - 3. Jet enjeksiyonu kolonları
- D. Duvar yada diğer istinat bileşenlerinin inşaatı
- E. Yüzey koruma yöntemleri

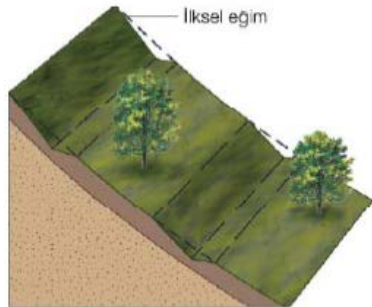
KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Şev geometrisinin değiştirilmesi

Dengeyi bozacak ek yük ve kazıların etkisini ortadan kaldırmak için şeyin eğim açısı küçültülür. Bunun için şey yüzeyi tıraşlanır veya şekillenir.



Önce



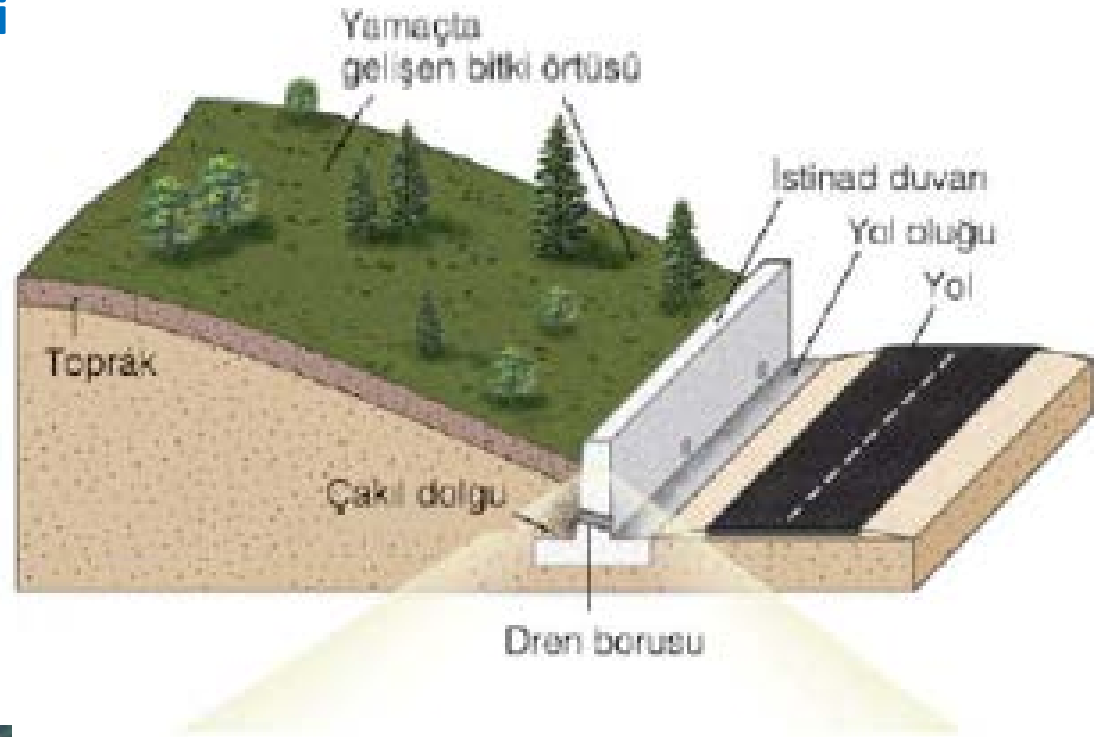
Şimdi



KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Şev geometrisinin değiştirilmesi

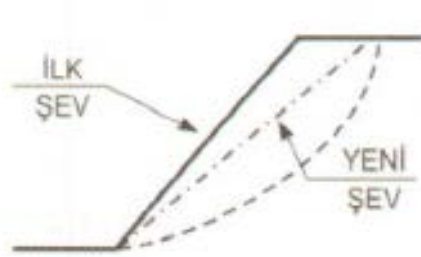
Topuğa basit taş-duvar örme, beton istinat duvarları yapma, ahşap, beton yada çelik kazık çakma vb gibi yöntemler uygulanır. Bu yapılar yeterince derine indirilmelidir. Bunun içinde kayma yüzeyinin derinliği ve su tablasının konumu bilinmelidir



Ana kayaya sağlam tutturulup çakılla doldurulan ve dren borularıyla donatılan koruma duvarları şevin tabanını destekleyebilir ve heyelanları azaltabilir.

KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

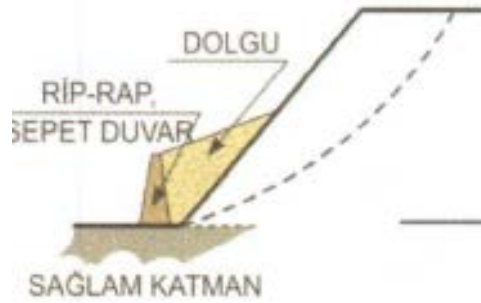
Şev geometrisinin değiştirilmesi



a) Şev açısının düşürülmesi



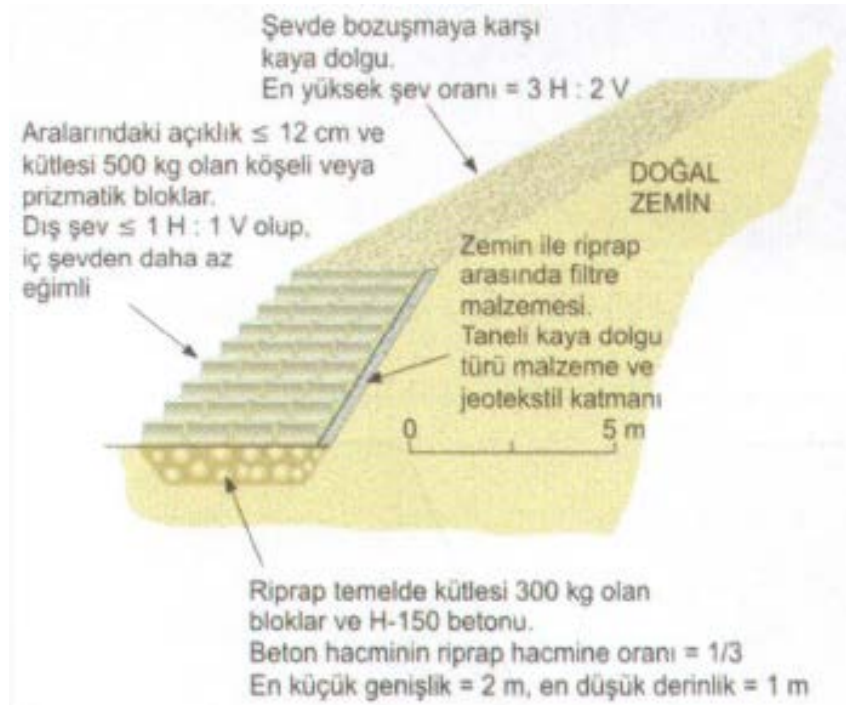
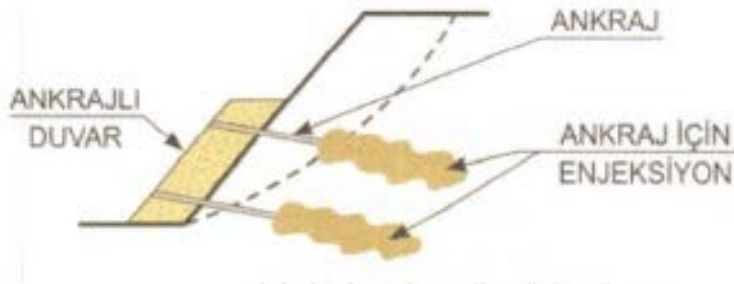
b) Şev tepesinde ağırlığın azaltılıp, topuğunda artırılması



c) Topukta güçlendirme ve ağırlık uygulaması

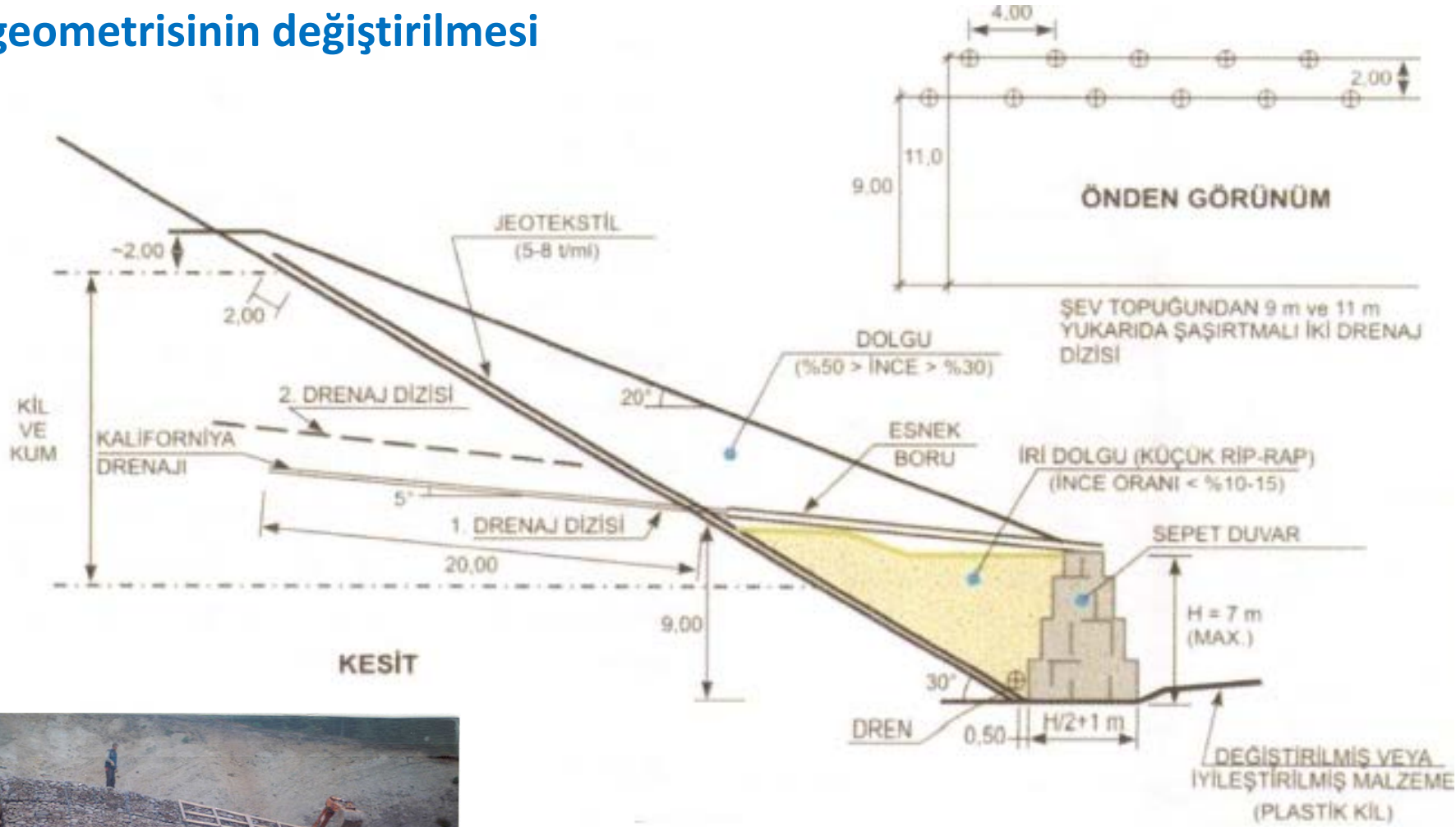


d) Drenaj ile su seviyesinin düşürülmesi



KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

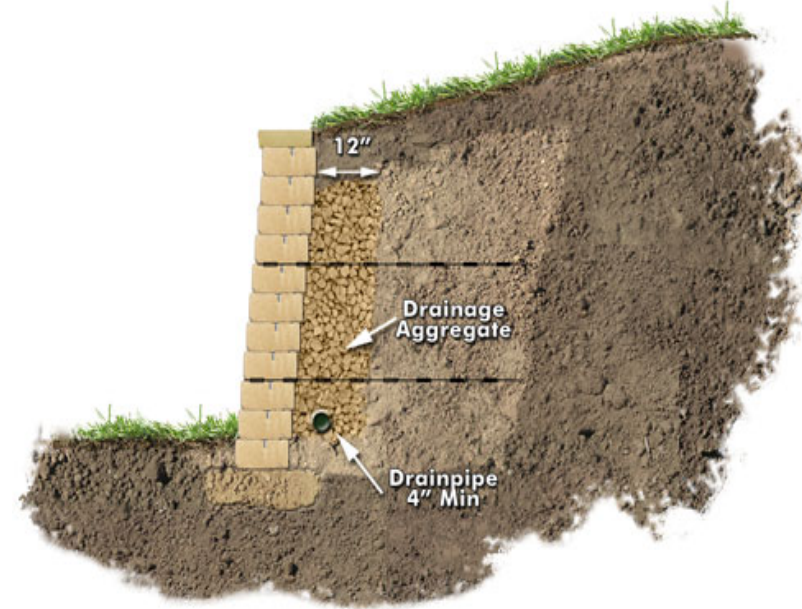
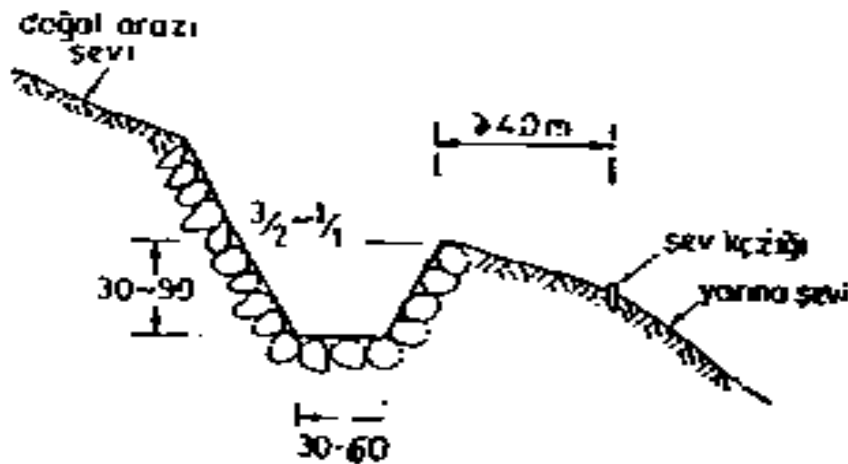
Şev geometrisinin değiştirilmesi



KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

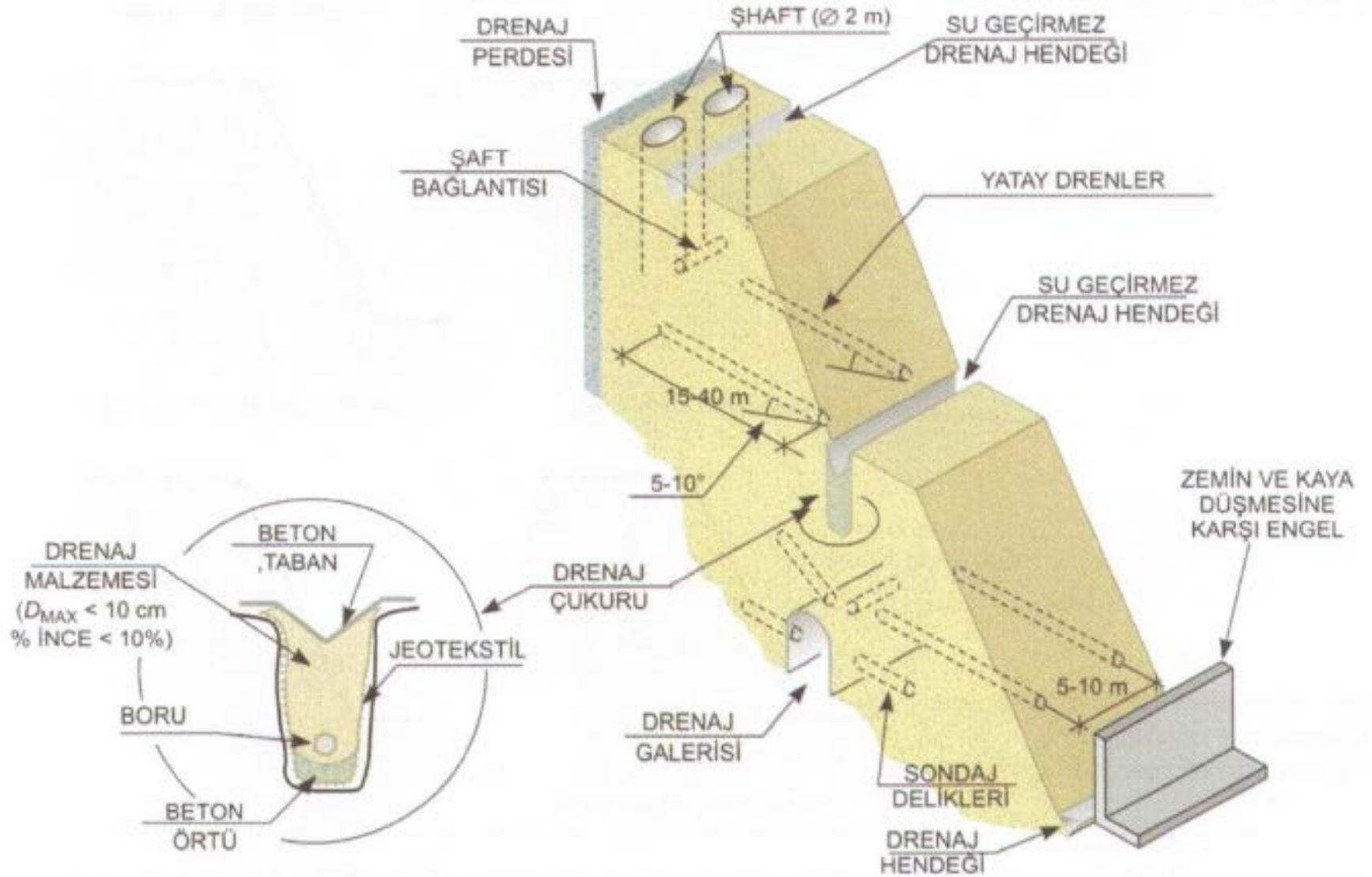
Drenaj

Yüzey suları genellikle eğimli yerlerde birbirine dik veya balık sırtı drenlerde toplanır ve şevden dışarı atılır. Heyelanın başlangıç noktası gerisinde boydan boya uzanan çevirme hendekleri yapılarak yağış sularının heyelan olacak alana girişi önlenir. Şevlerdeki yeraltı suyu boru, hendek, yatay sondaj, tünel, galeri vb ile drene edilerek veya pompaj kuyuları yapılarak dışarı atılır. Böylece boşluk suyu basıncı azalacak, kohezyon artacak ve dolay ısıyla kaydırıcı kuvvetlerin etkisi azalmış olacaktır.



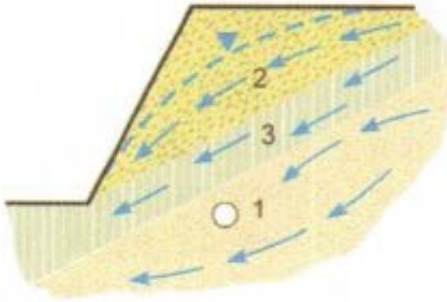
KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Drenaj

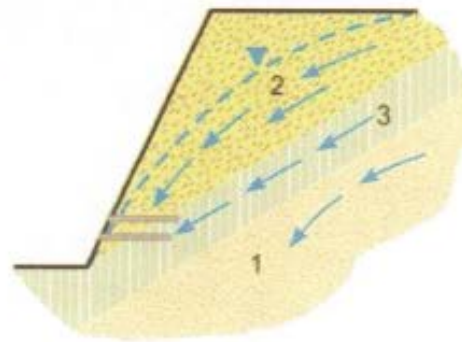


KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

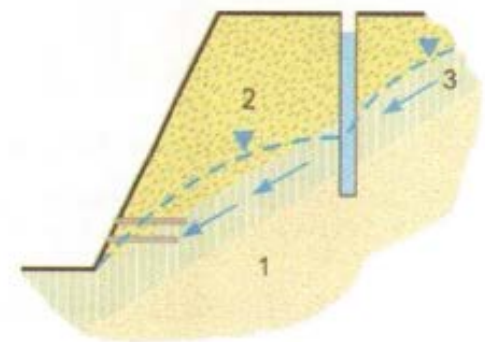
Drenaj



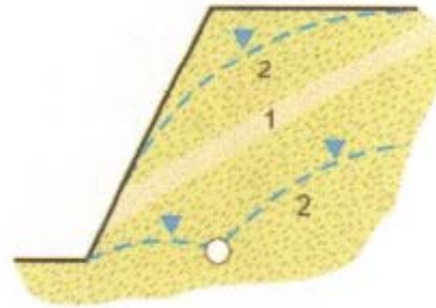
Drenaj galerisi. Uygun değil.



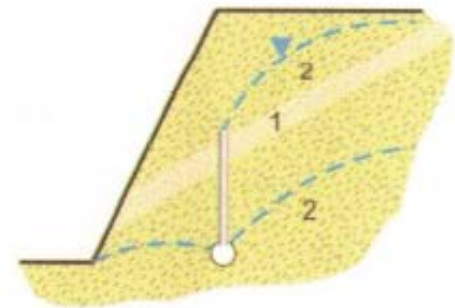
Yatay drenler. Uygun değil.



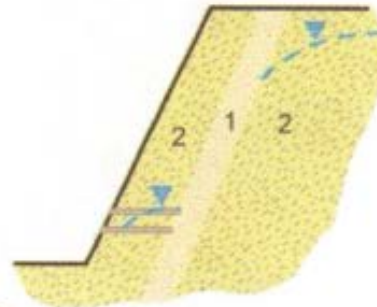
Pompaj kuyuları ve yatay drenler. Uygun.



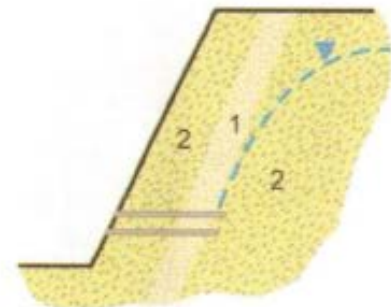
Drenaj galerisi. Uygun değil.



Galeri ve düşey drenaj. Uygun.



Yatay drenler. Uygun değil.



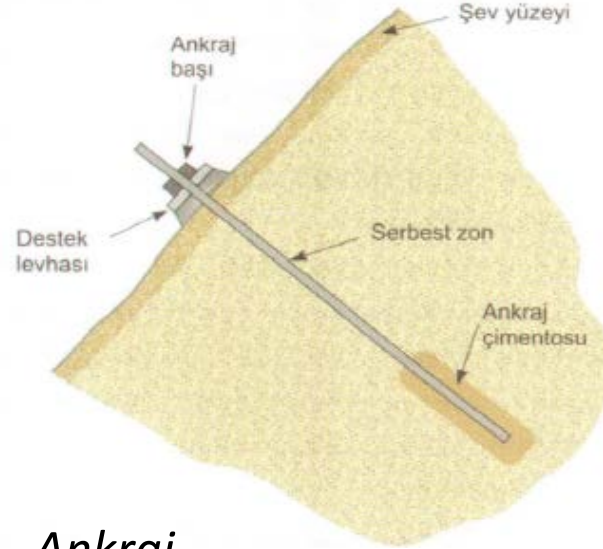
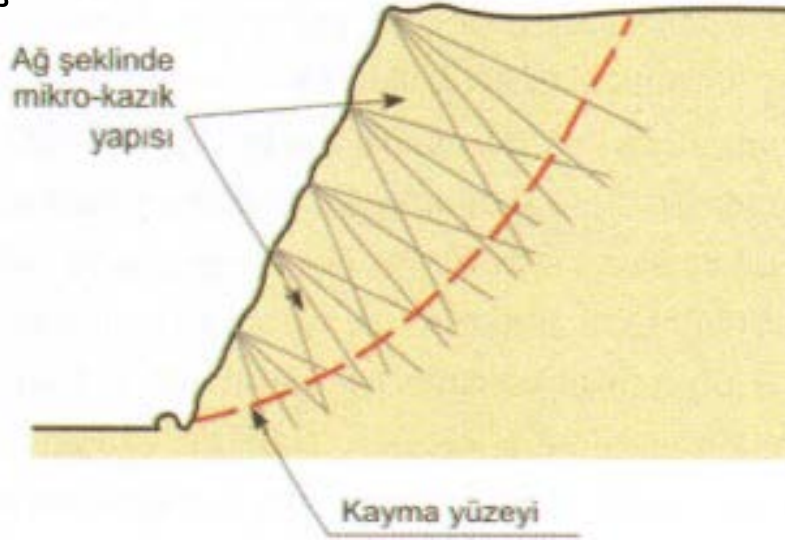
Yatay drenler. Uygun.

1. Geçirgenliği düşük (10^{-7} cm/s) malzeme
2. Geçirgen (10^{-3} cm/s) malzeme
3. Orta derecede geçirgen (10^{-5} cm/s) malzeme

KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Şev içerisine drenajlı yapısal bileşenler yerleştirilerek zemin dayanımının artırılması

Çoklu mikrokazık



Ankraj



Ankrajlı mikro kazık



Donatılı beton kiriş

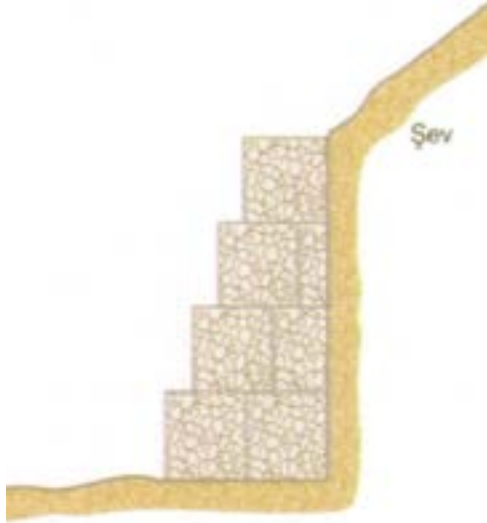


Kablolu ankraj

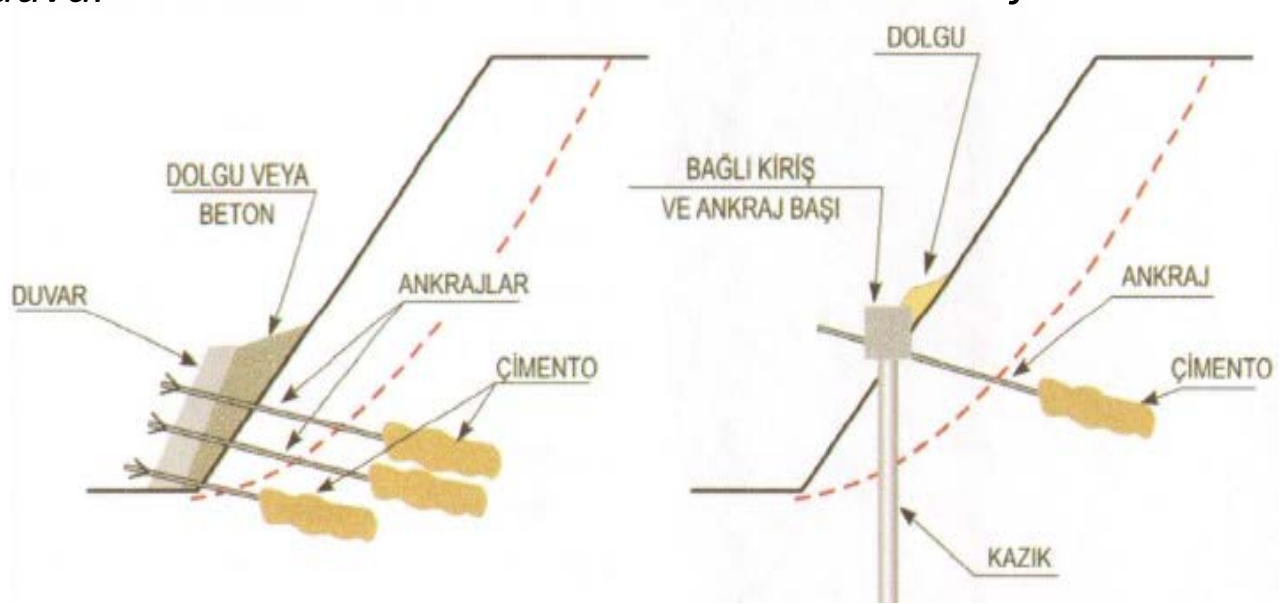
KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Duvar yada diğer istinat bileşenlerinin inşaatı

Dış yüzü basamaklı Sepet duvar

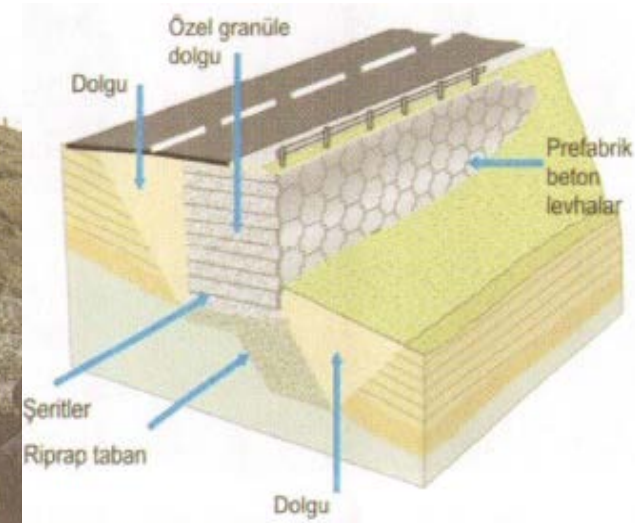


Ankrajlı kazık duvar



Şev topuğunda sepet duvar

Donatılı toprak duvar



İç yüzü basamaklı Sepet duvar

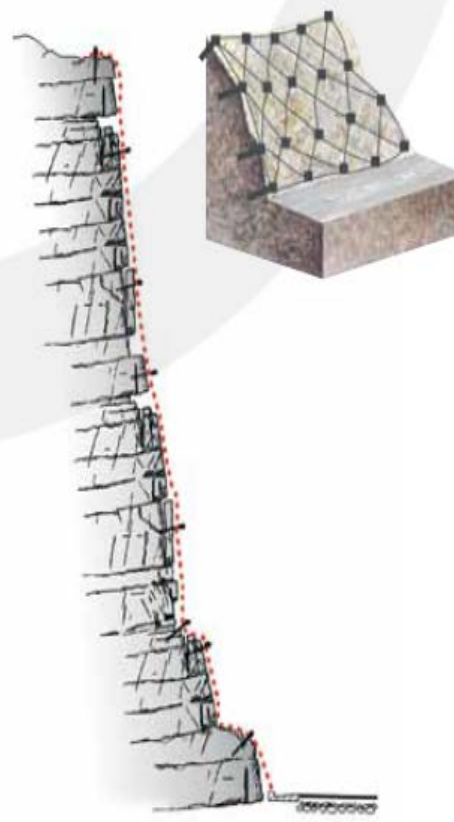
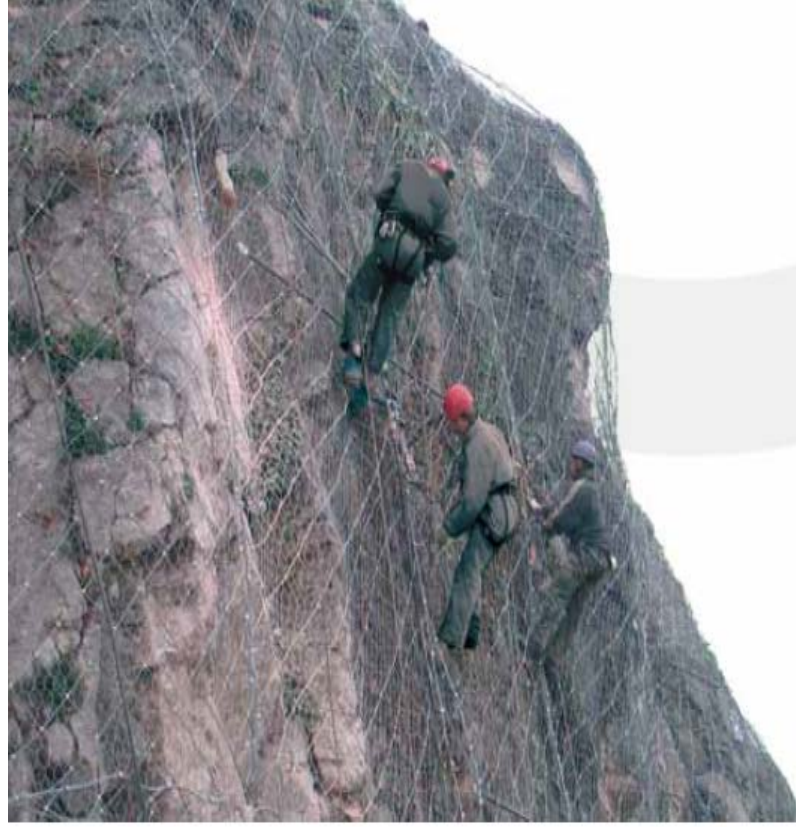
KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Yüzey koruma yöntemleri

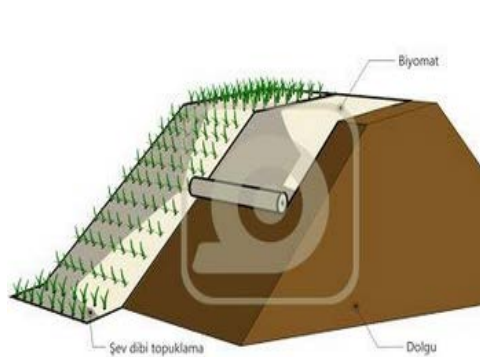


KÜTLE HAREKETLERİNİ ÖNLEME VE ZARARLARINI AZALTMA YÖNTEMLERİ

Yüzey koruma yöntemleri



Bunlar özellikle şevleri dış etkilerden, en önemlisi de yüzey sularının girişinden korumaya yönelik çalışmalardır. Bunun için şev yüzeyi çimlenir, taş yada betonla örtülür veya çelik levhalarla kaplanır. Kimi yerde ağaçlandırılır. Yamaçlara su seven, köklü ve bodur ağaçlar dikilir. Böylece köklerin toprağı tutması sağlanır.



TÜRKİYE’DE MEYDANA GELMİŞ BAZI HEYELANLAR

1985 BATI KARADENİZ HEYELANLARI:Aşırı kar yağışlı kış mevsiminden sonra bahar başlangıcında karların ani erimesi sonucu Zonguldak,Kastamonu ve Sinop illerinde yaklaşık 1684 konutu etkileyen heyelan olayları meydana gelmiştir.

23.06.1988 ÇATAK HEYELANI: Trabzon-Maçka-Çatak mevkiinde meydana gelen heyelanda 46 kişi hayatını kaybetmiştir.

21.07.1988 RİZE HEYELANLARI: Rize iline bağlı 3 ilçeyi etkileyen taşkın ve heyelan olayları meydana gelmiştir. Heyelandan 3 kişi hayatını kaybetmiştir.

19/20.06.1990 TRABZON-GİRESUN-GÜMÜŞHANE HEYELANLARI: Her üç ilde 65 kişinin ölümüne ve büyük maddi kayıplara yol açan heyelan ve taşkın olayları meydana gelmiştir.

13.07.1995 SENİRKENT ÇAMUR AKMASI: Isparta - Senirkent ilçesinde meydana gelen çamur akması olayında 74 kişi hayatını kaybetmiştir.

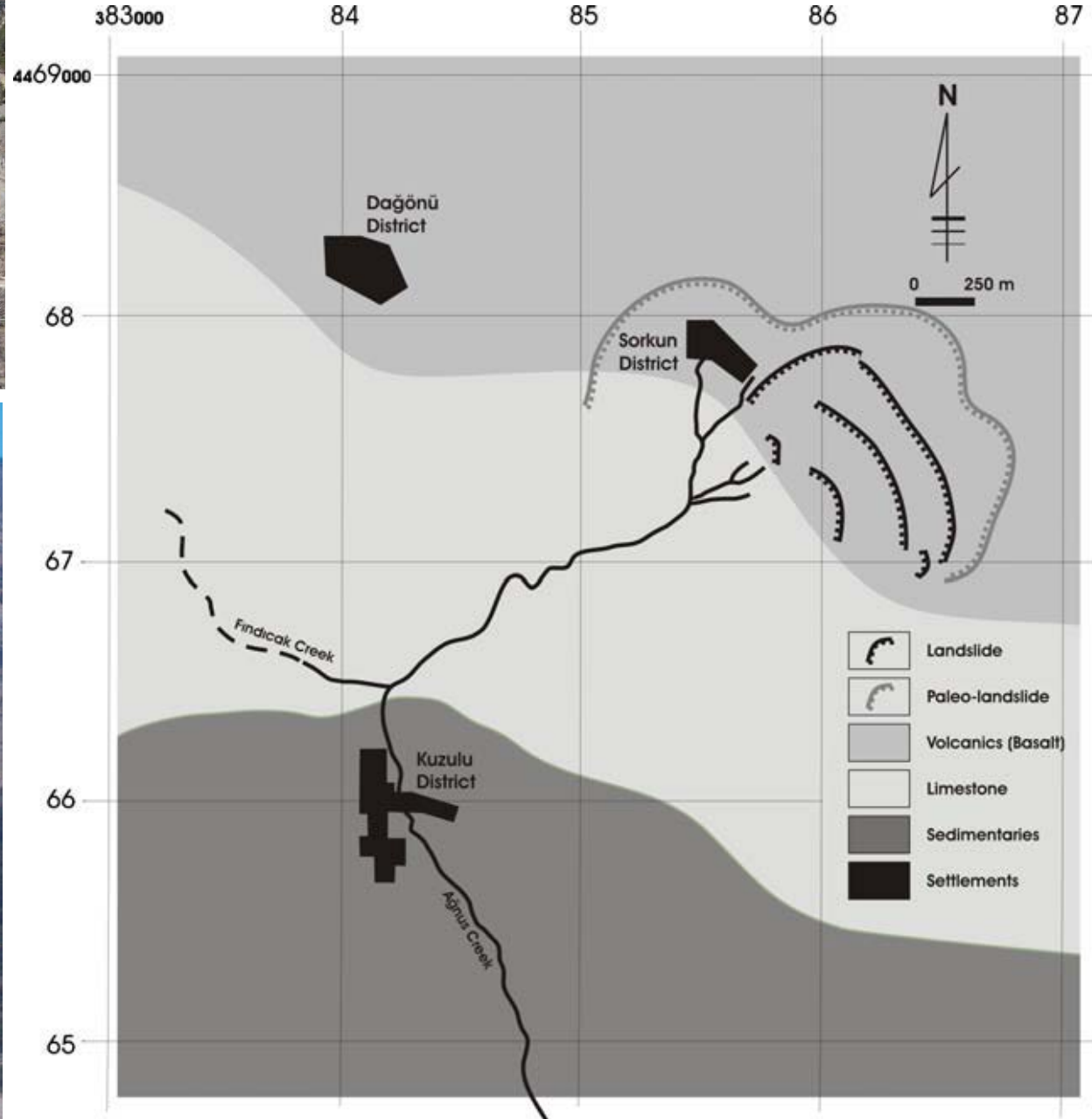
20/21.05.1998 BATI KARADENİZ HEYELANLARI:Karabük, Bartın, Zonguldak ve Bolu illerinde 1330 konutu etkileyen heyelan, 5500 konutu ve işyerini değişik derecelerde etkileyen taşkın olayları meydana gelmiştir.

07/08.08.1998 TRABZON-BEŞKÖY HEYELANI: 50 kişi hayatını kaybetmiş, 100 konut yıkılmıştır.

23/24.07.2002 RİZE HEYELANLARI: Selamet köyünde 20 olmak üzere toplam 27 kişinin öldüğü heyelan olayları meydana gelmiştir.

17.03. 2005 SİVAS-KOYULHİSAR İLÇESİ SUGÖZÜ KÖYÜ KUZULU HEYELANI: Sivas-Koyulhisar-Sugözü Köyü-Kuzulu Mahallesi’nde yaşanmıştır. 17.03.2005 tarihinde Saat: 10:30 sularında meydana gelen heyelan olayında 15 kişi hayatını kaybetmiştir.

17 MART 2005 KUZULU (SİVAS KOYULHİSAR) HEYELANI



Kahramanmaraş Afşin-Elbistan B Termik Santraline kömür sağlayan 6 Şubat 2011 ve 10 Şubat 2011 tarihlerinde iki kez şev kayması meydana gelmiştir. İlk olayda bir işçi, ikinci olayda ise biri maden mühendisi, diğeri jeoloji mühendisi olmak üzere kayan malzemenin altında kalan 10 kişi olmak üzere toplam 11 kişi yaşamını yitirmiştir.



