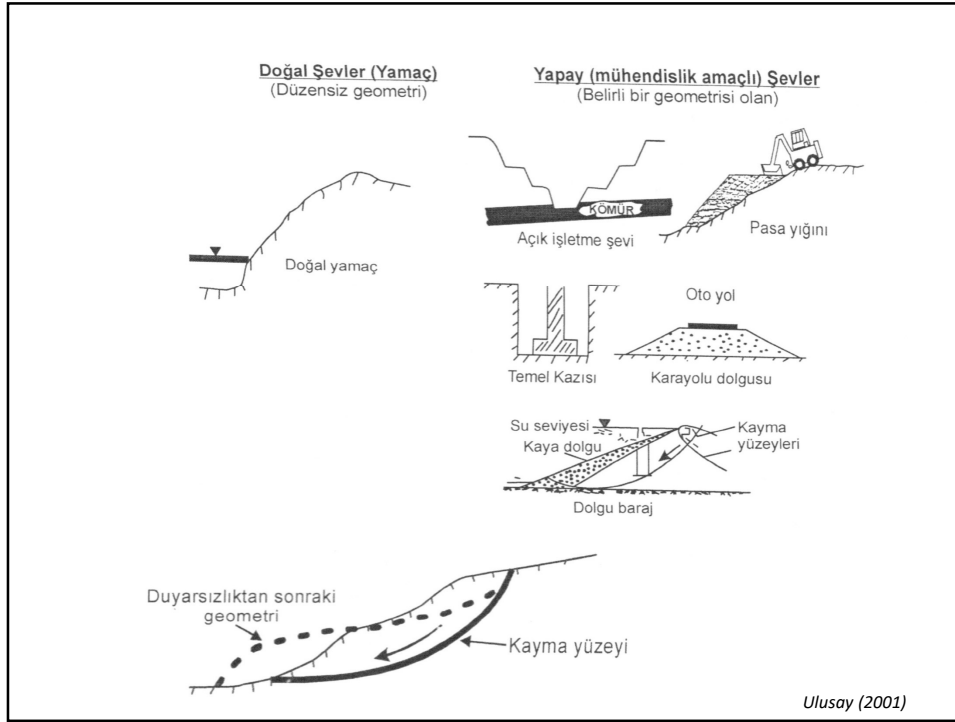


11. ŞEV DURAYLILIĞI

ŞEV DURAYLILIĞI (Slope Stability)

- Şev: Düzensiz veya belirli bir geometriye sahip eğimli yüzeydir.
- Őevler
 - Düzensiz bir geometriye sahip **dođal Őevler** (yamaç)
 - Belirli bir geometriye sahip **yapay** (mühendislik amaçlı) **Őevler**
- Duraylılık: Herhangi bir cismin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşulu
- Şev duraysızlığı: Kayan kütlenin sınırları boyunca gelişen bir makaslama yenilmesine bağlı olarak Őevi oluşturan malzemenin aŐađı yöndeki hareketi

Ulusay (2001)



Duraysızlığın nedenleri:

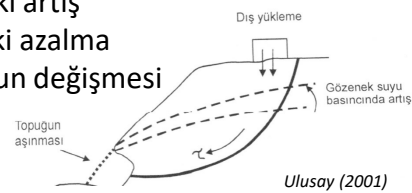
- Dış kuvvetler (örn.: sismik aktivite)
- Gözenek suyu basıncındaki artış
- Makaslama dayanımındaki azalma
- Şevdeki gerilim durumunun değişmesi
- Aşınma, ayrışma vb.

Amaçlar:

- Farklı koşullar, farklı özelliklerde duraylılığın araştırılması
- Duraysızlık mekanizmasının belirlenmesi
- Tasarım ve iyileştirmeye yönelik analizler vb.

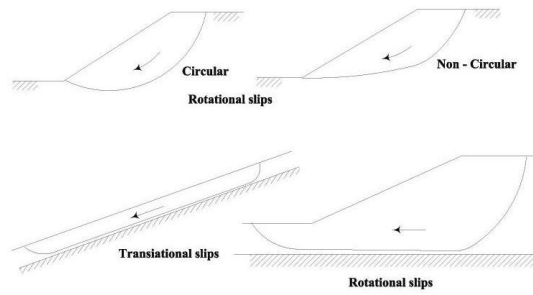
Yöntemler:

- Kinematik Analiz
- **LİMİT DENGE ANALİZİ**
- Nümerik Analiz
- Olasılık Yaklaşımı

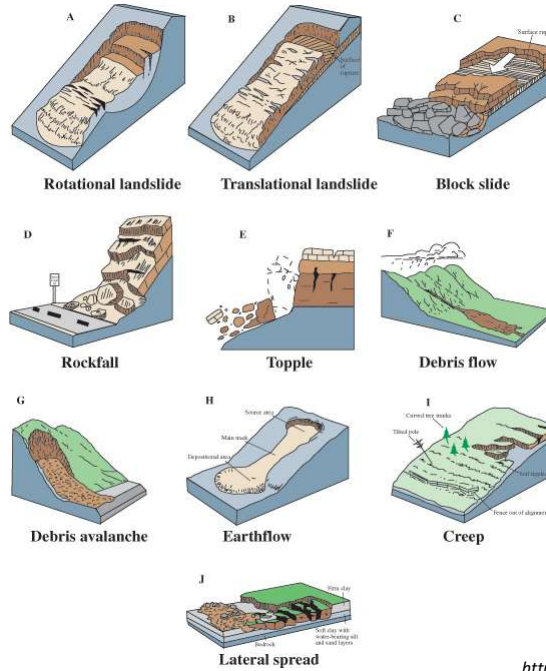


LİMİT DENGE ANALİZİ (Deterministik Yaklaşım)

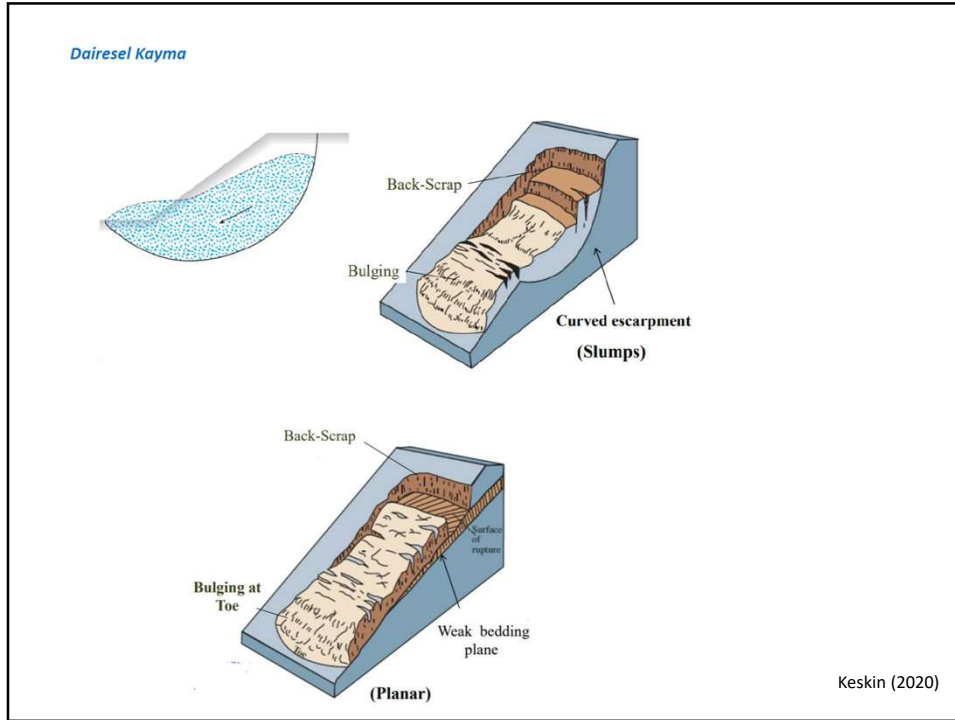
- Duraysızlık modeline bağlı olarak, kayan kütlelerin bölümlenerek, tüm kütle için F hesaplaması
- Düzlemsel, ötelenmeli, **dairesel** vb.
- En küçük güvenlik katsayısını veren kritik kayma yüzeyi
- Kayan kütle ağırlığı, makaslama dayanım parametreleri, gözenek suyu basıncı, şev geometrisi, sismik koşullar, tansiyon çatlaklarının konumu, dış yükler



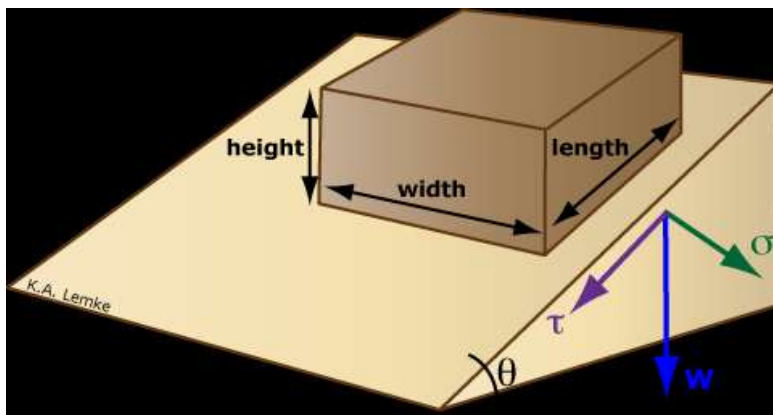
<http://osp.mans.edu.eg>



<http://pubs.usgs.gov>

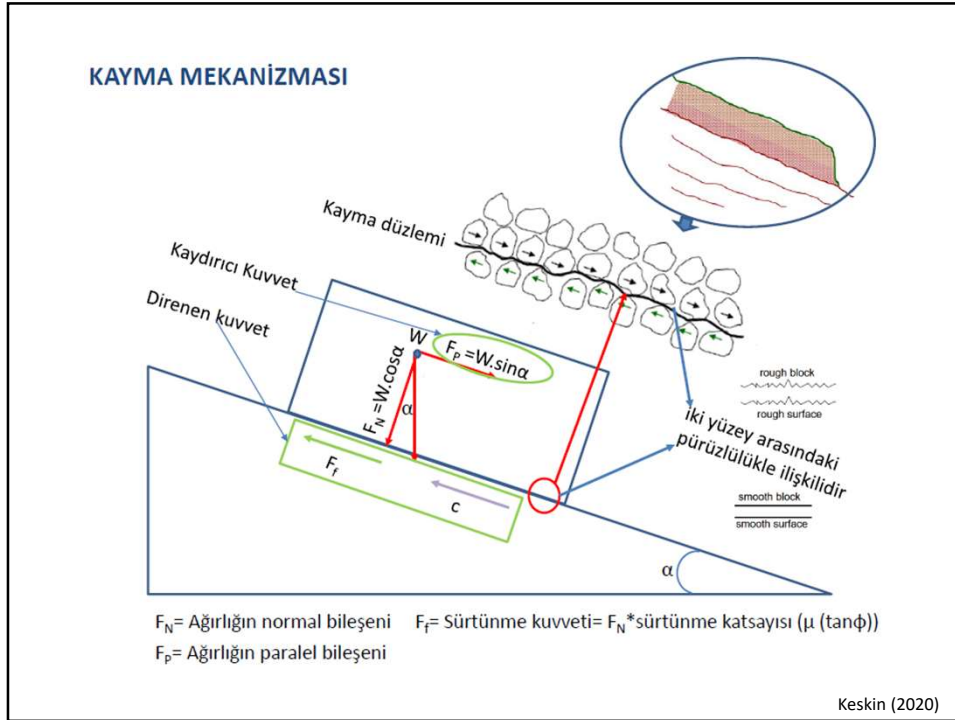


- **Güvenlik Katsayısı Kavramı** (F, Factor of Safety): Kaymaya karşı tutucu kuvvetlerin, kaymaya neden olan kuvvetlere oranı.
- $F < 1$; $F = 1$; $F > 1$



$$\tau = c + \sigma_n \tan(\phi)$$

σ_n is the normal stress



$$\sigma_n = (W \cos \omega) / A$$

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$$

$$\tau = c + (W \cos \omega) / A \tan \phi$$

$$R = \tau A$$

$$R = cA + W \cos \omega \tan \phi$$

$$W \sin \omega = cA + W \cos \omega \tan \phi$$

$$W \sin \omega + v = cA + (W \cos \omega - u) \tan \phi$$

$$F = \frac{cA + (W \cos \omega - u) \tan \phi}{W \sin \omega + v}$$

ω

$W \cos \omega$

$W \sin \omega$

W

u

v

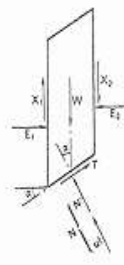
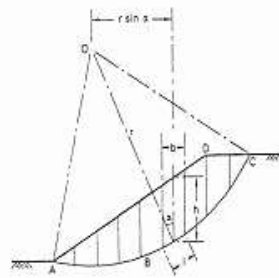
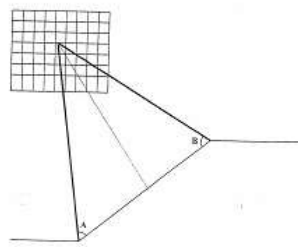
R

Otoyol: $F=1.25-1.5$; Dolgu: 1.3; Toprak Baraj: 1.5.-2

Dairesel Kayma

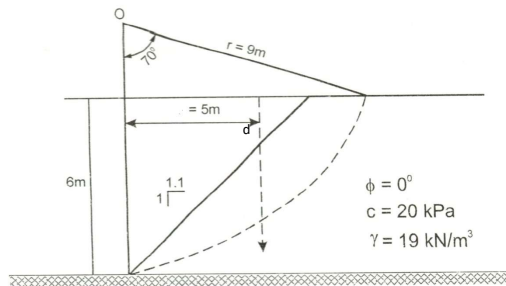
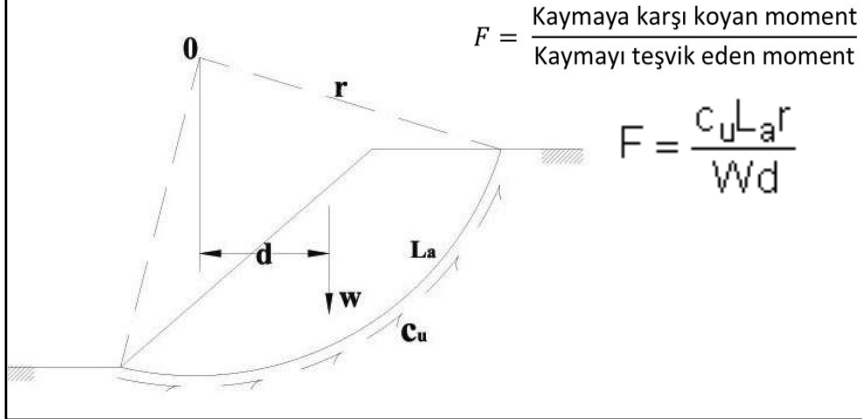
- Genellikle toprak zemin özelliklerine sahip malzemelerde, ileri derecede bozunmuş, ayrışmış veya çok parçalanmış zayıf kayalarda, pasa yığınlarında ve dolgularda dairesele yüzeyler boyunca gelişen kaymaların analizi
- Grafik yöntem
- **Limit denge analizi**
 - Litolojik birimlerin ve süreksizliklerin içsel sürtünme açısı ve kohezyon parametreleri
 - Kayan kütlelerin geometrisi (ağırlığı)
 - YAS koşulları
 - Dış yükler
 - 2 boyutlu analiz (3. boyut, şev genişliği 1 m kabul edilir)

- Limit denge yöntemleriyle dairesele kaymaların analizi yapılırken:
 - Bir kayma yüzeyi ve bunun bir merkez etrafında döndüğü kabul edilir.
 - Bu yüzey üzerine etkiyen kuvvetlerin dengesi araştırılır.
 - Çok sayıda merkez ve bu merkezleri esas alan değişik çapta dairesele kayma yüzeyleri denenecek, en kritik kayma yüzeyi tayin edilene kadar bu işleme devam edilir.
 - Toplam gerilme analizi; İsveç dilim yöntemi; Efektif gerilme analizi



TOPLAM GERİLME ANALİZİ ($\phi=0$ analizi)-Kısa süreli duraylılık

- Kazı veya dolgu şevlerinin inşaat işleminin tamamlanmasından hemen sonraki duraylılıklarının incelenmesinde kullanılır.
- Toprak kütlelerinin drene olabilmesi için yeterli sürenin **olmadığı** kabul edilir.
- Bu nedenle, analizlerde zeminin drenajsız koşuldaki makaslama dayanımı parametreleri kullanılır.



SORU: Yandaki şekilde zemin parametreleri ve şev geometrisi verilen ve kohezyonlu malzemeden oluşan bir dolgunun kısa süreli duraylılığı araştırılacaktır. Belirlenen dairesel kayma yüzeyi üzerindeki kütlelerin ağırlığı 346 kN ise, bu şevin duraylılığını tartışınız.

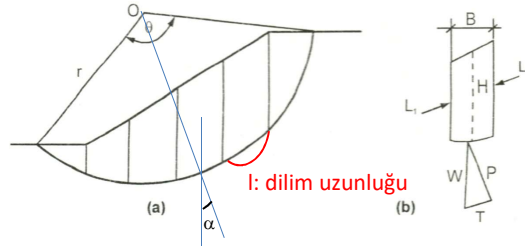
Kaymayı teşvik eden moment = $W \times d = 346 \times 5 = 1730 \text{ kNm}$

Kaymaya karşı koyan moment = $c_u \times L_a \times r = 20 \times 10.99 \times 9 = 1978.2 \text{ kNm}$

$F = 1978.2 / 1730 = 1.14 \rightarrow$ **GÜVENLİ**

İsveç Dilim (Fellenius) Yöntemi

- En basit dilim yöntemidir.
- Mohr-Coulomb yenilme ölçütünü dikkate alır.
- Moment dengesine dayanır ve sadece dairesel kaymalarda kullanılır.
- Kayan kütle belirli sayıda düşey dilimlere ayrılarak durayılığın incelenmesini amaçlar.

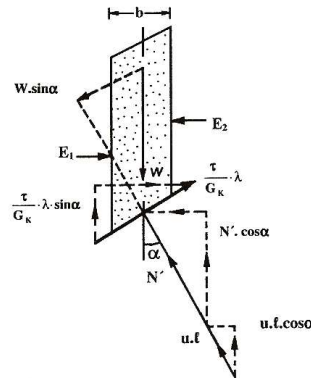


- Dilim kenarlarında etkiyen L_1 ve L_2 kuvvetlerinin birbirlerine eşit olduğu kabul edilir
- Her dilimin ağırlığı (W), normal (P) ve teğet (T) kuvvet bileşenlerine ayrılır.
- $P = W \cos \alpha$
- $T = W \sin \alpha$

$$F = \frac{\sum(c'l + (W \cos \alpha - ul) \tan \phi')}{\sum W \sin \alpha}$$

Efektif Gerilim Analizi (Bishop Yöntemi)-Uzun Süreli Duraylılık

- En yaygın kullanılan yöntemdir.
- Moment dengesine dayanan Basitleştirilmiş yöntem; hem moment, hem de kuvvet dengesini değerlendiren Karmaşık yöntem olmak üzere ikiye ayrılır.

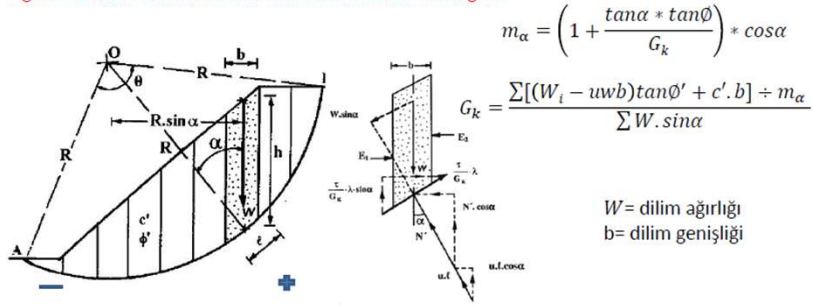


Şekil - a. Bishop yönteminde dilime etkiyen kuvvetler

Bishop 1954 de dairesel kayma yüzeyinde hem kuvvet hemde momet denge koşullarını sağlayan yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem,

- * Dilimler arası normal kuvveti (E) hesaba dahil eder (yatay)
- * Dilimler arası kayma kuvveti (X) ihmal eder (0 alır).
- * Moment dengesini gözeterek hesap yapar.

Bishop denkleminin her iki tarafında da G_k olduğu için tek bir çözüm yoktur ve iterasyon yapmak gereklidir. Genelleştirilmiş Bishop yöntemi çok uzun olduğu için yaygın uygulama alanı bulmamış onun yerine sadeleştirilmiş Bishop yöntemi kullanılmaktadır. Genel varsayım dilinin ağırlık vektörünün dilinin tabanının tam ortasında etki ettiğiidir.



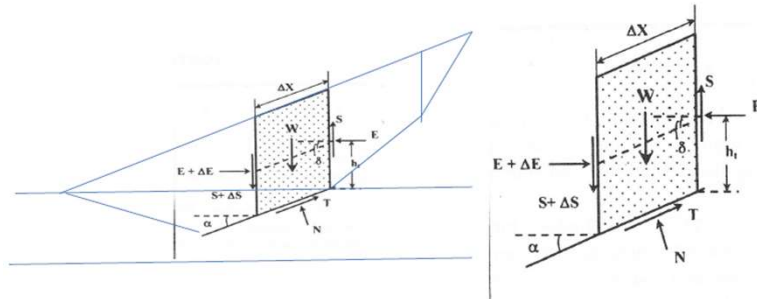
Keskin (2020)

JANBU YÖNTEMİ

Sadeleştirilmiş Bishop yöntemine dayandırılan ve Janbu tarafından önerilen bu yöntem, genel şekilli kayma yüzeylerine uygulanmaktadır. Sadeleştirilmiş Bishop yönteminde farklı iki temel özelliği vardır.

Temel Varsayımları

1. Kayma yüzeyi bir seri kritik daire kabulü yerine bir kayma yüzeyi kabulüne dayandırılır.
2. Güvenlik Sayısı düzeltme sayısı (f_0) ile belirlenir.
3. Yatay kuvvetleri dengede kabul eder.



Keskin (2020)

$D = 18 \text{ kN/m}^2$
 $C = 10 \text{ kN/m}^2$
 $\phi = 28^\circ$
 $t_{cm} = 2 \text{ m}$
 $\angle OAB = 67^\circ$

$A = a \times b$

$2\pi r \quad 360^\circ$
 $? \quad 67^\circ$
 $L = 17.77 \text{ m}$

Diline No	Alan (m^2)	Aparlık (kN/m)	α°	$w \cos \alpha$	$w \sin \alpha$
1	1.8	32.4	3	32.3	1.69
2	7.68	138.24	8	136.9	19.2
3	10.4	187.2	20	175.9	64.0
4	10.2	183.6	33	153.9	99.9
5	2.5	45	45	31.8	31.8
				530.8	216.59

$$F = cL + \frac{(\sum w_i \cos \alpha_i) \cdot \tan \phi}{\sum w_i \sin \alpha_i} = \frac{10 \times 17.77 + 530.8 \cdot \tan 28}{216.59}$$

$$F = \frac{177.7 + 282.2}{216.59}$$

$$F = 2.12$$