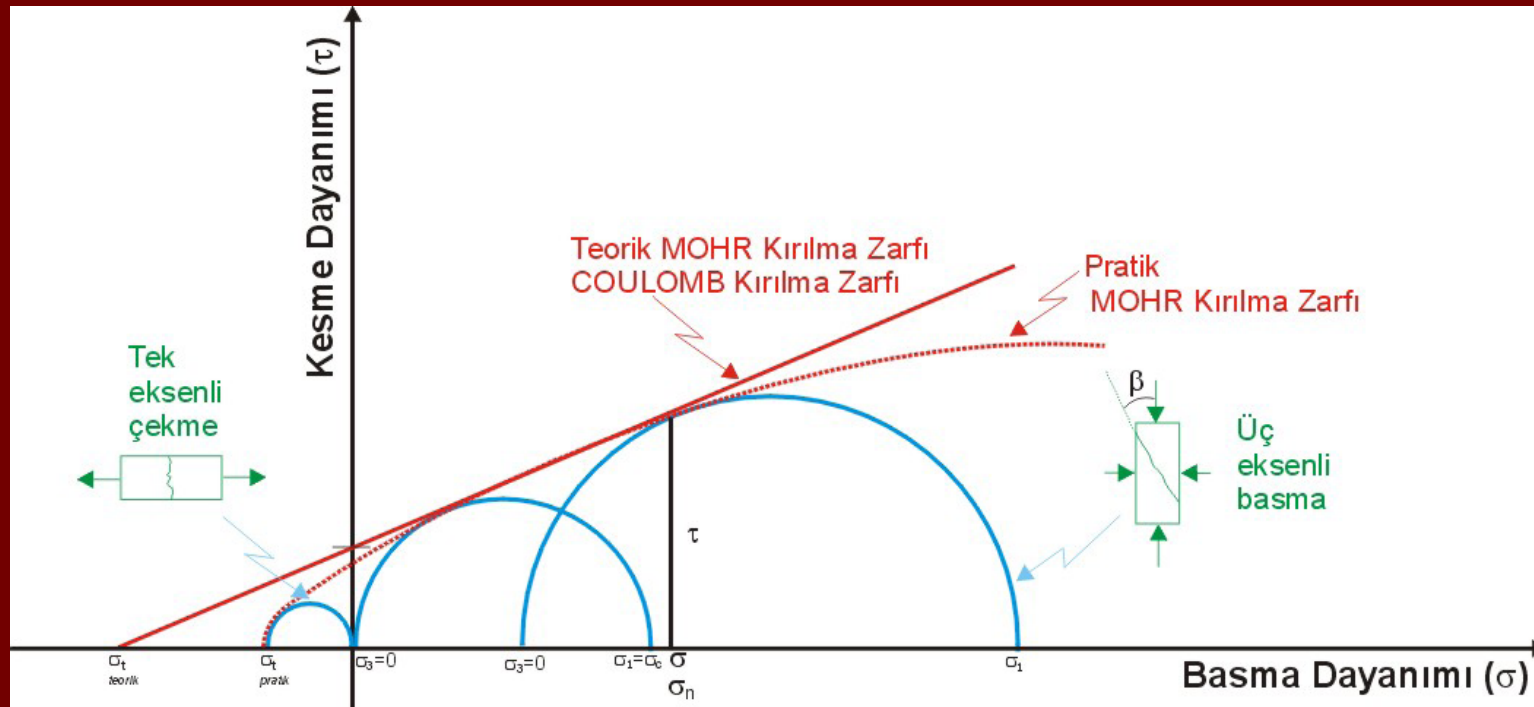


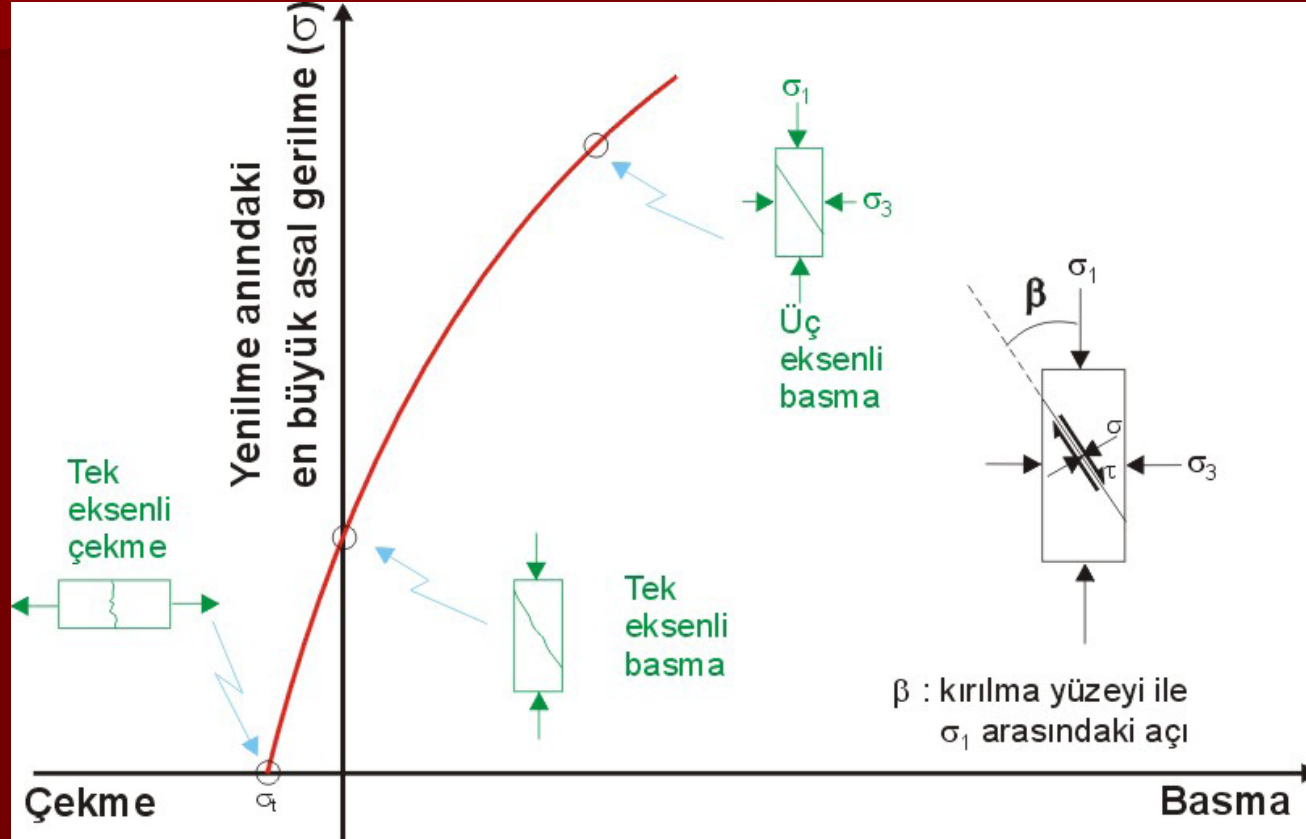
YENİLME KRİTERLERİ

Coulomb ve Mohr Yenilme Kriteri

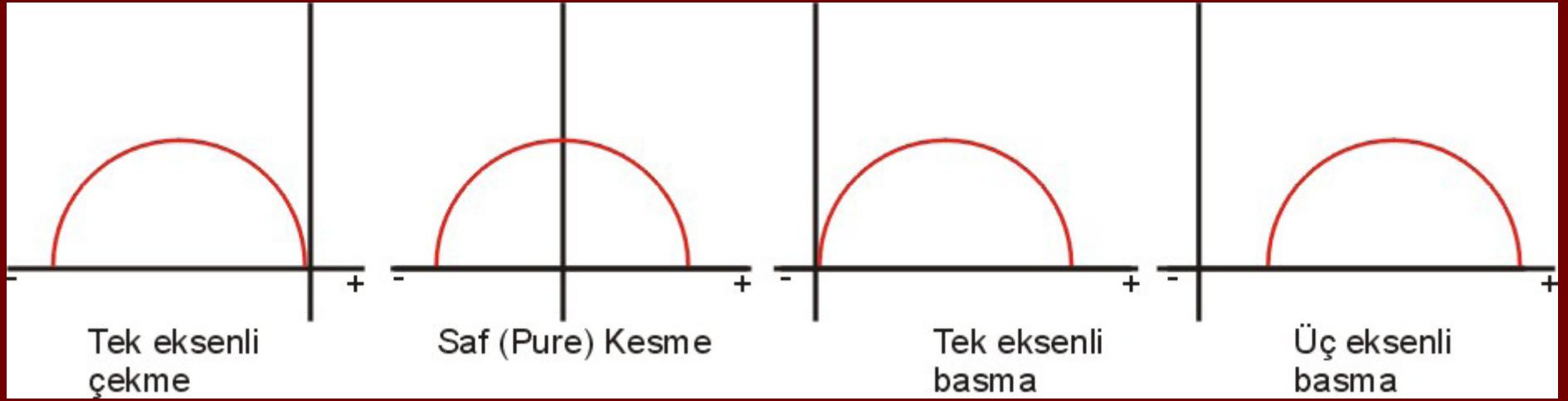
Mohr hipotezine göre (1900 da) bir düzlem üzerinde bir kesme kırılması meydana geldiğinde, bu düzlem üzerindeki normal (σ) ve kesme (τ) gerilmeleri arasında bu malzemenin özelliklerine bağlı olarak aralarında fonksiyonel bir ilişki vardır : $\tau = f(\sigma)$

$$\tau = \sigma \cdot \tan \phi + c$$





Şekil Hoek ve Brown yenilme kriteri



Şekil Mohr zarfı örnekleri

KAYAÇLARIN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ

Yerkabuğunu oluşturan kayaçlar, mühendislik işlerinde değişik amaçlar için (yapı temelleri, malzeme vb.) kullanılmaktadır.

Temel olma durumunda; doğabilecek çeşitli olaylara (oturma, kabarma, sıkışma, kayma vb.) malzeme olarak kullanılmaları halinde; kazılabilme, işlenebilme, parlatılabilme gibi özellikleri; kayaçların jeolojik (petrografik, mineralojik, yapısal), mekanik (direnc, elastisite) ve fiziksel (sertlik, özgül ağırlık, porozite vb.) özellikleriyle yakından ilgilidir.

Kayaçların yapılar ve kazılara etkiyen özellikleri;

- Jeolojik özellikler,
- Kimyasal özellikler,
- Fiziksel özellikler,
- Mekanik özellikler,
- Elastik özellikler,
- Teknolojik özellikler,
- Ekonomik özellikleri'dir.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre;

- a) Çeşitli kayaçların temel olma yönünden, sağlamlıkları, duraylılıkları ve depreme karşı dayanıklılık derecesi,
- b) Çeşitli kayaçların yeraltı sularını depolama ve verme özellikleri
- c) Kayaçların yapı malzemesi olma değerleri ve endüstride kullanılma nitelikleri belirlenir.

KAYAÇLARIN JEOLJİK ÖZELLİKLERİ

- a) Zaman (stratigrafi, paleontoloji, jeokronoloji)
- b) Ortam (fasiyes, homojenlik, heterojenlik)
- c) Taş (litoloji, mineraloji, petroloji)
- d) Doku ve yapı (süreksizlik)
- e) Jeohidroloji'dir.

KAYAÇLARIN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

- Bileşim,
- Erime,
- Ayrışma,
- Suya karşı davranış'tır.

KAYAÇLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

- Birim hacim ağırlık,
- Özgül ağırlık,
- Doğal su içeriği,
- Su emme,
- Porozite,
- Permeabilite,
- Kapillarite
- Doygunluk derecesi'dir.

KAYAÇLARIN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

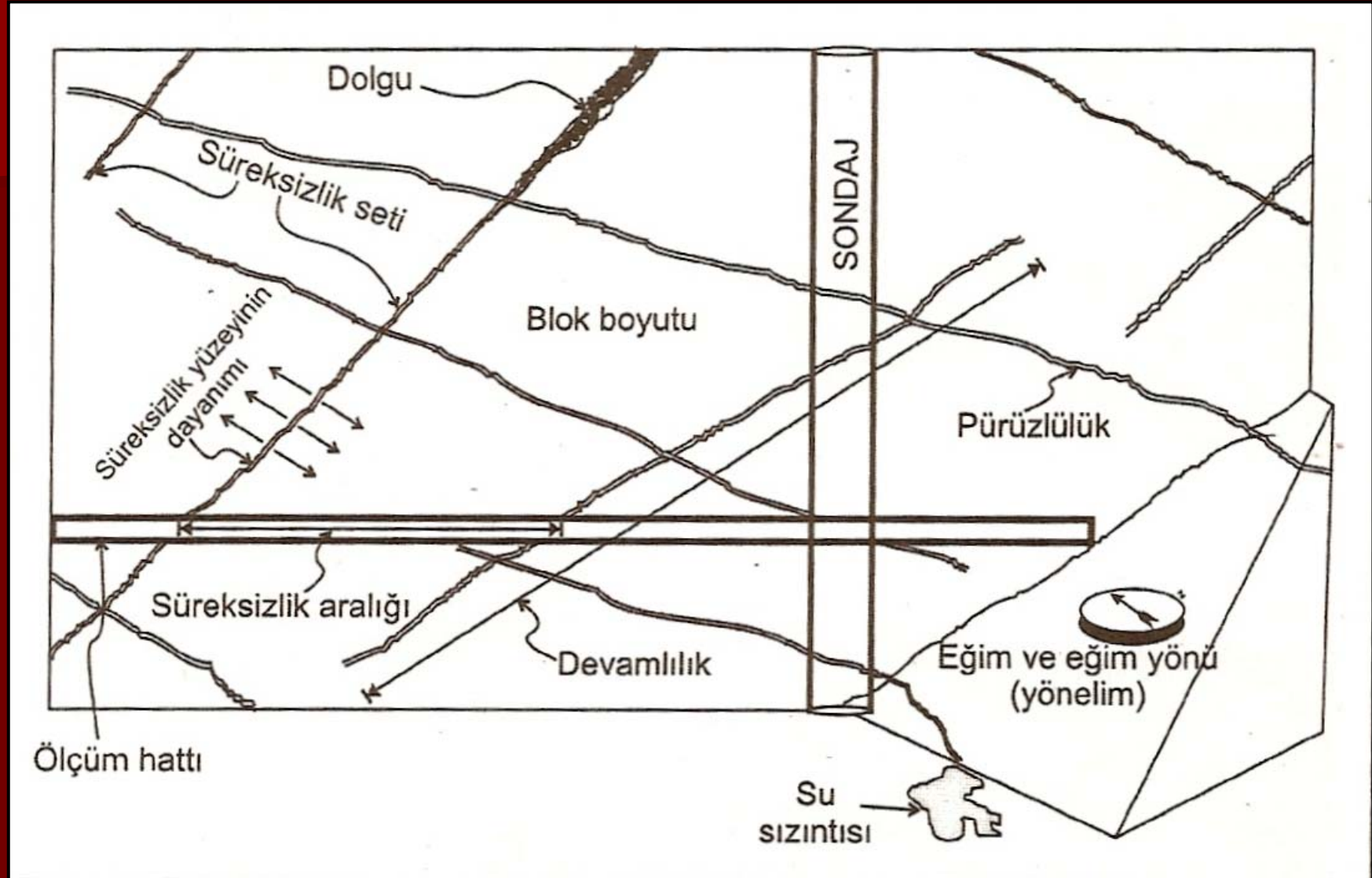
- Basınç direnci,
- Çekme direnci,
- Nokta yük direnci,
- Kesme-kayma direnci,
- Burulma direnci,
- Eğilme direnci'dir.

KAYAÇLARIN DİRENCİNE ETKİYEN FAKTÖRLER

- Bileşim ve doku,
- Kristallenme derecesi,
- Kenetlenme derecesi,
- Çimentolanma derecesi ve çimentonun türü,
- Süreksizlikleri,
- Porozitesi,
- Doygunluk derecesi,
- Anizotropisi,
- Kayacın ayrışma derecesi'dir.

Kaya Kütellerinin Tanımlaması

- Kaya kütleleri; sürekli, homojen ve izotrop malzemelerden olmayıp, çeşitli **süreksizlikler** tarafından kesilir. Süreksizliklerin fiziksel parametreleri;
 1. Süreksizliğin türü
 2. Süreksizlik aralığı
 3. Süreksizliğin devamlılığı
 4. Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülüğü ve dalgalılığı
 5. Süreksizlik yüzeyinin açıklığı
 6. Dolgu malzemesinin özellikleri
 7. Süreksizlik yüzeyinin dayanımı ve bozunmanın derecesi
 8. Süreksizlik yüzeyindeki su durumu
 9. Süreksizliğin yönelimi ve süreksizlik takımı sayısı
 10. Blok boyutu

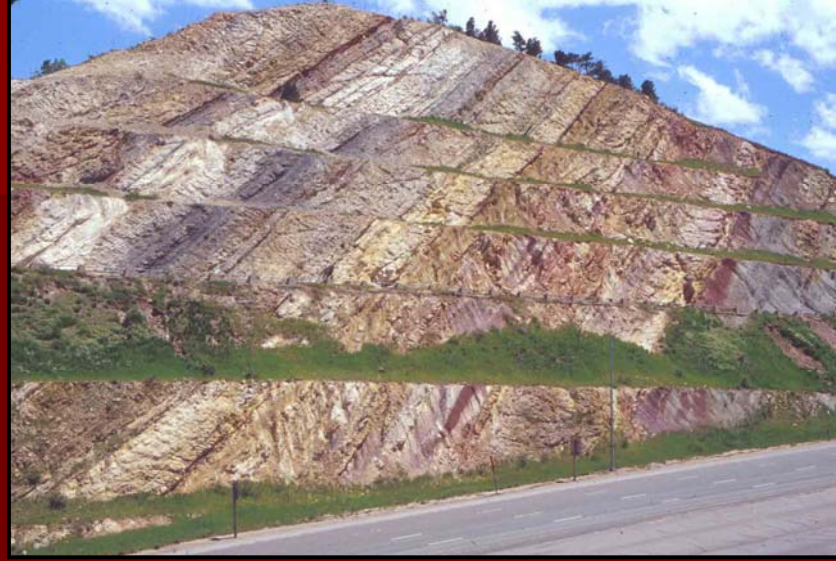


Süreksizlik türleri

- **Dokanak;** iki farklı litolojik birim arasındaki sınır olup, bu sınır uyumlu yada uyumsuz veya geçişli olabilen bir süreksizlik yüzeyidir



Tabaka düzlemi; sedimenter kayaların oluşumu sırasında tane boyu ve yönelimi, mineralojik bileşim, renk ve sertlik gibi faktörlerdeki değişime bağlı olarak gelişen bir yüzeydir.

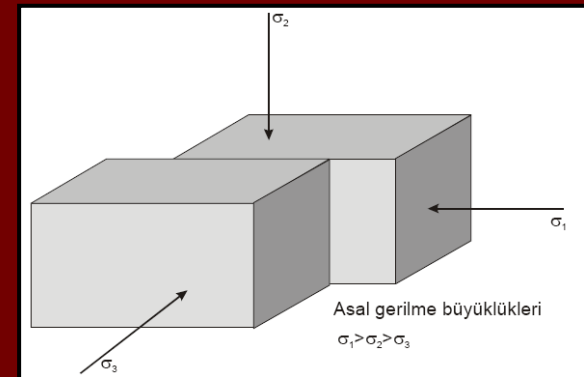
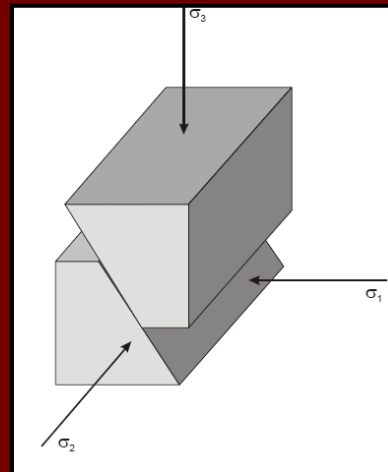
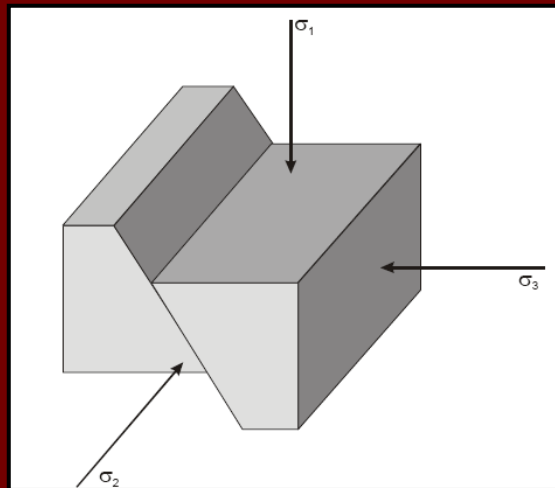
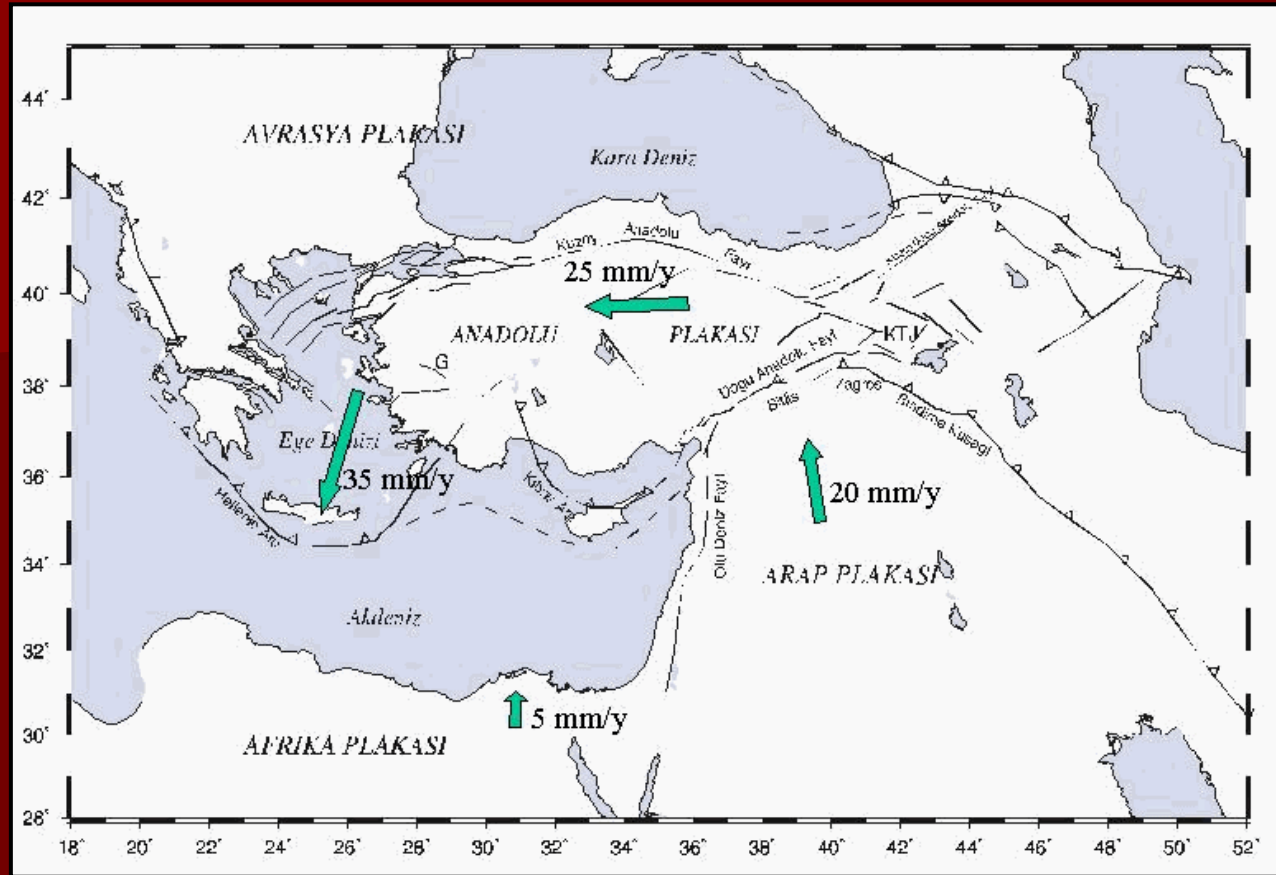


Tabaka kalınlığı: Tabaka, çökeltme ve oluşum sırasında duruşu denetleyen yüzey veya yüzeylerdir (Shroc, 1948).

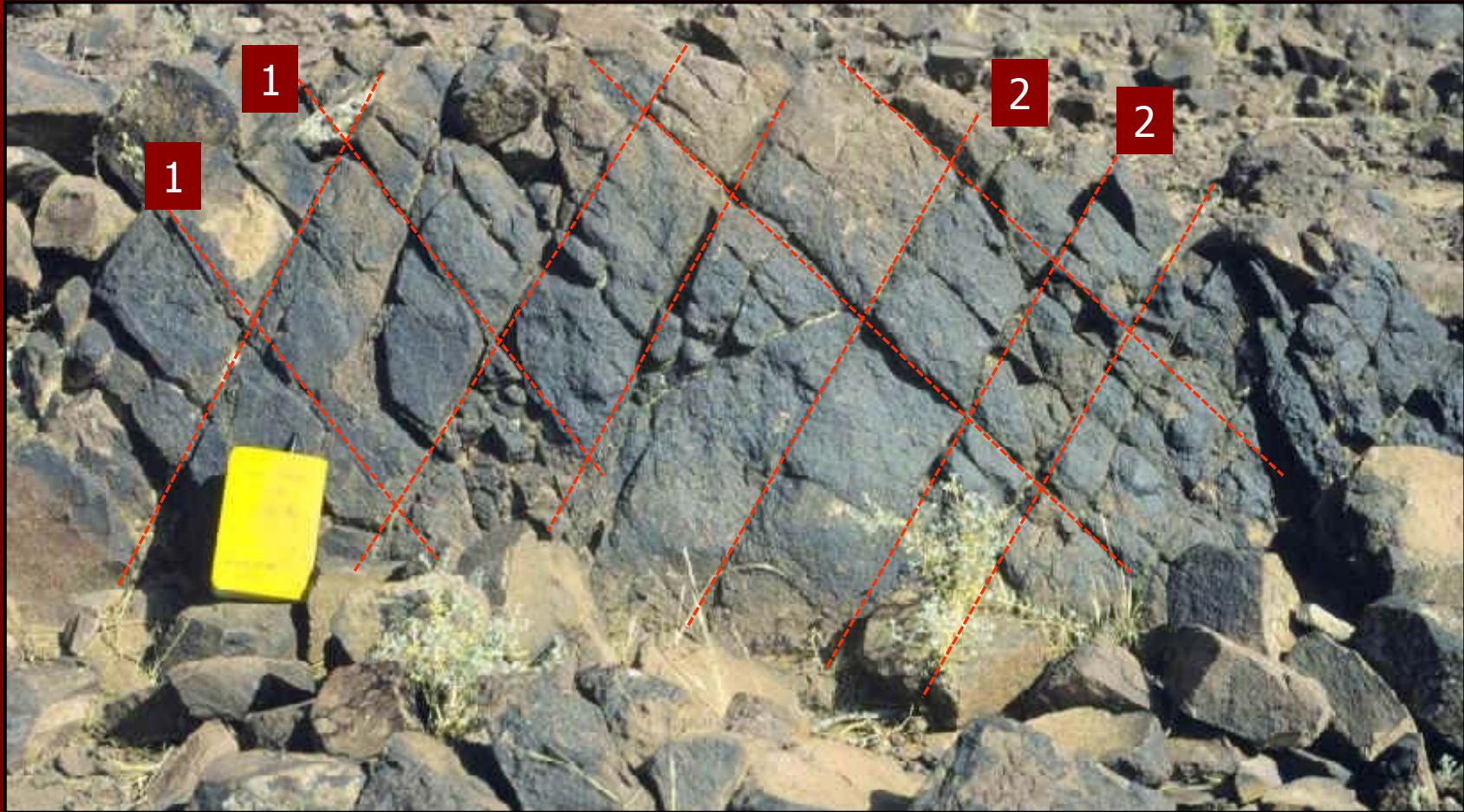
KAYA TANIMI	TABAKA KALINLIĞI (cm)	
	Deere (1963)	Londra Müh. Jeo. Grubu
Çok kalın tabakalı	> 300	> 200
Kalın tabakalı	100-300	60-200
Orta tabakalı	30-100	20-60
İnce tabakalı	5-30	6-20
Çok ince tabakalı	< 5	2-6
Laminalı	-	0.6-2
İnce laminalı	-	< 0.6

- **Fay ve makaslama zonu;** yüzeyi boyunca birkaç santimetreden metrelerce uzunluğa kadar göreceli bir yer değiştirmenin meydana geldiği makaslama yenilmesine maruz kalmış yüzeydir.





- **Eklem**; yüzeyi boyunca herhangi bir yerdeğiştirmenin meydana gelmediği doğal kırıktır. Birbirine paralel olan eklem gruplarına **eklem takımı**, birbirini kesen eklem takımlarına da **eklem sistemi** denir.



- **Dilinim (klivaj);** ince taneli kayalarda, sıkıştırıcı kuvvete dik yönde oluşmuş, sık aralıklı, birbirine paralel yönde gelişmiş zayıflık düzlemleridir.



- **Fisur;** Fookes ve Denness (1969) tarafından "sürekli bir malzemeyi ufak birimlere ayırmadan bölen süreksizlik" olarak tanımlanırken, Fourmaintraux (1975) tarafından ise "iki yönde gözlenebilen, ancak üçüncü yönde sıralanan düzlemsel süreksizlik" şeklinde tanımlanmaktadır.

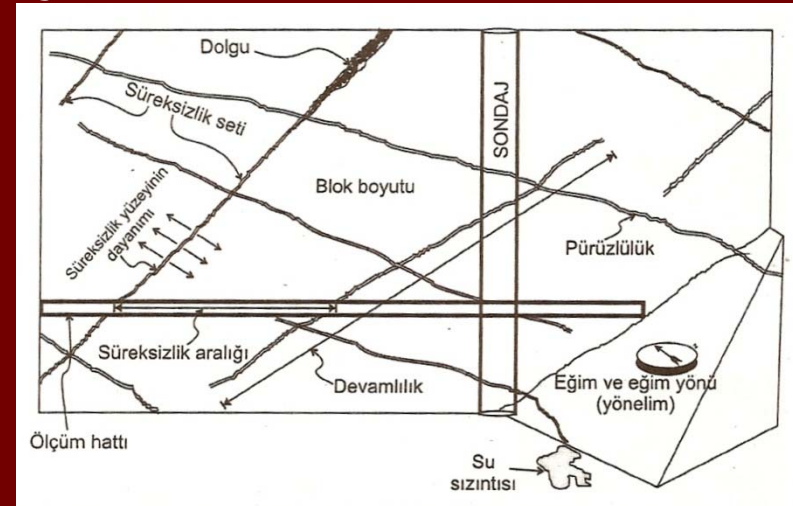




Süreksizlik aralığı

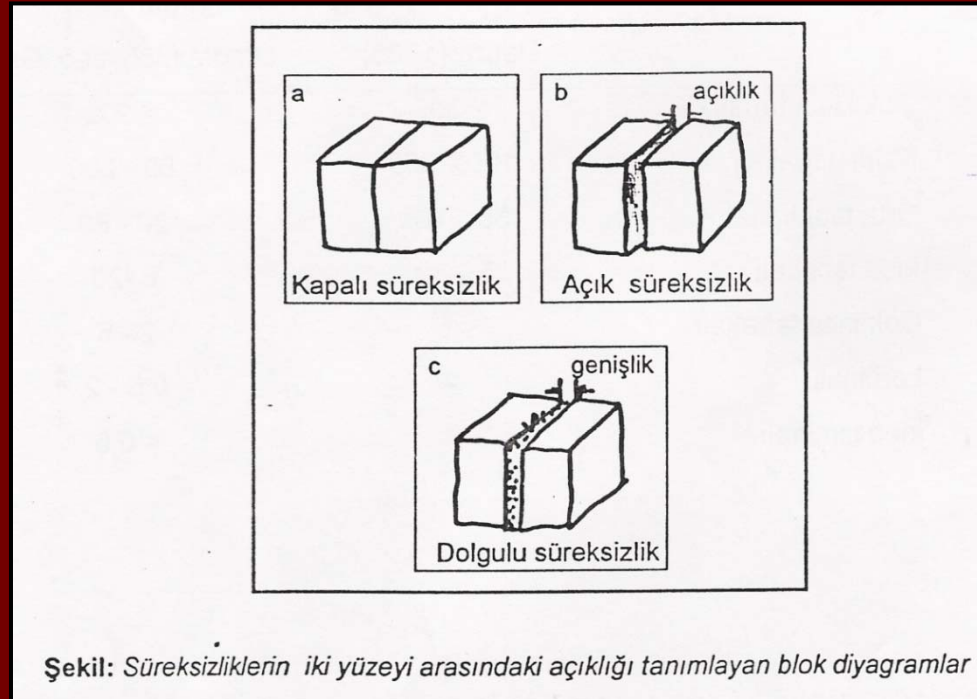
- Süreksizlik aralığı, kaya kütlelerinde komşu iki süreksizlik veya birbirine paralel eklemlerden oluşan bir süreksizlik setindeki iki süreksizliğin arasındaki dik mesafedir. Süreksizlik aralığı, mostra yüzeyi üzerinde belirli bir yönde serilen şerit metre boyunca şerit metreyi kesen süreksizliklerden oluşa bileceği gibi, sondaj karotlarından da tayin edilebilir. Ancak uygulamada şerit metrenin her zaman süreksizlik setlerine dik yönde serilmesi mümkün olmadığından iki tür açıklık ölçülebilmektedir.

- 1) Görünür açıklık
- 2) Gerçek açıklık

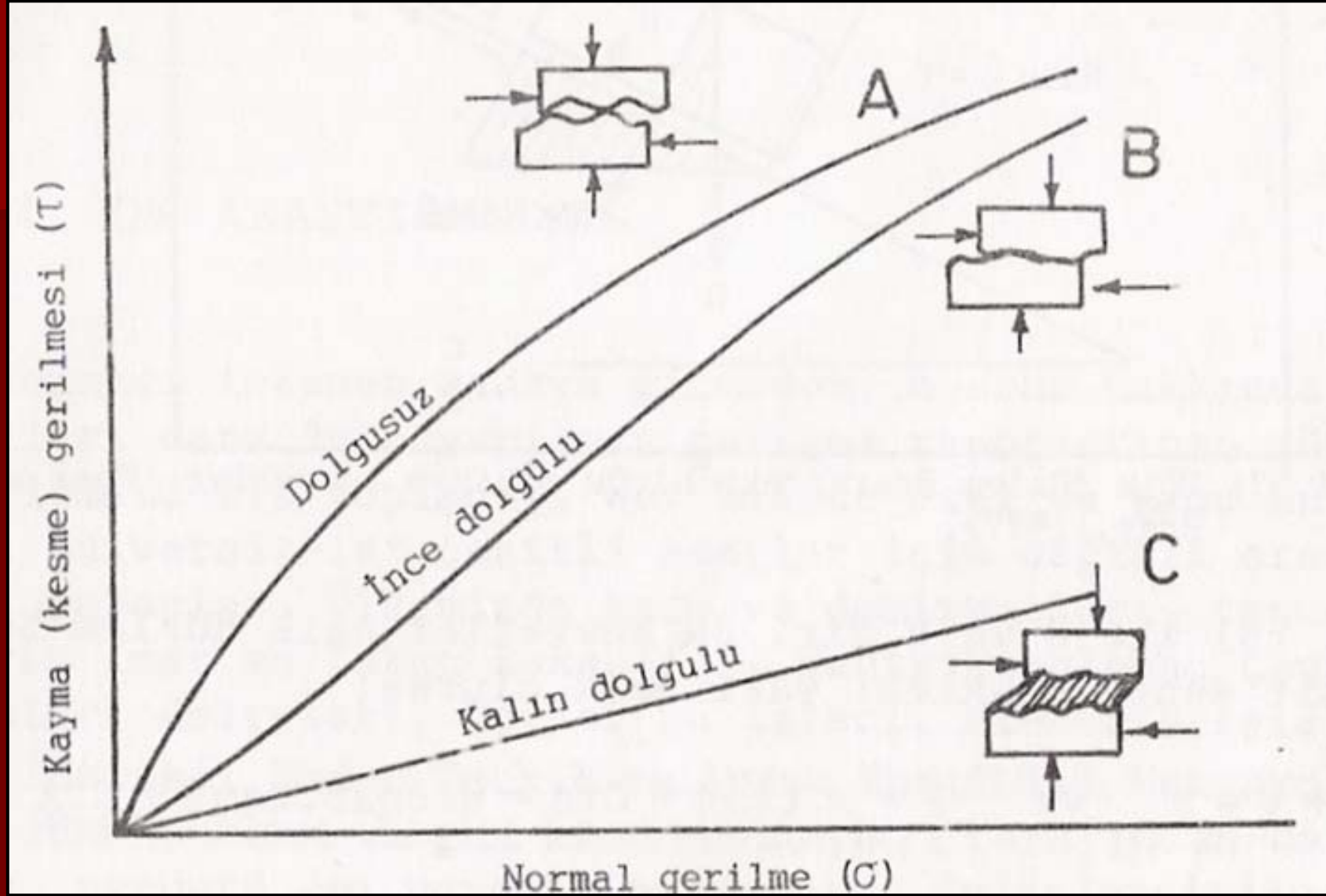


Süreksizlik ara uzaklığına göre kaya tanımı

KAYA TANIMI	ÇATLAK ARA UZAKLIĞI (cm)	
	Deere (1963)	Londra Müh. Jeo. Grubu
Fevkalade sık çatlaklı	-	< 2
Çok sık çatlaklı (kırılmış ve ezilmiş)	5 >	2-6
Sık çatlaklı (çatlaklı)	5-30	6-20
Orta çatlaklı (bloklu)	30-100	20-60
Seyrek çatlaklı (masif)	100-300 <	60-200
Çok seyrek çatlaklı (katı)	300 <	200 <



Şekil: Süreksizliklerin iki yüzeyi arasındaki açıklığı tanımlayan blok diyagramlar

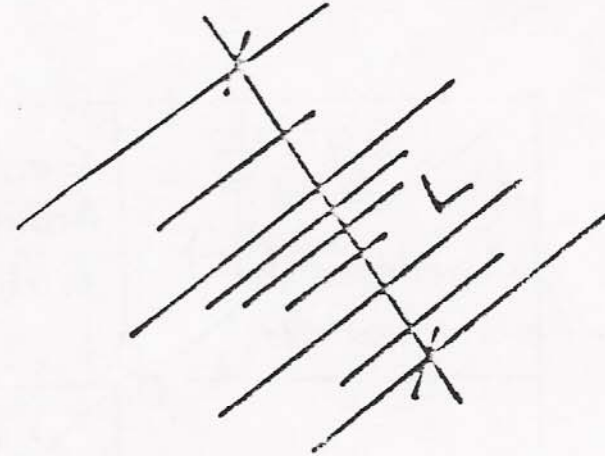


Süreksizlik aralığına göre kaya tanımı

KAYA TANIMI	Süreksizlik aralığı (mm) (dolgu, damar, fay kalınlığı)
Çok geniş aralıklı	< 200
Geniş aralıklı	60-200
Orta genişlikte aralıklı	20-60
Orta derecede aralıklı	6-20
Dar aralıklı	2-6
Çok dar aralıklı	0-2
Sıkı	0

SÜREKSİZLİK SIKLIĞI: Kaya içinde belirli bir uzaklık arasındaki süreksizliklerin tekrarlanma sayısıdır.

Çatlak sıklığı (k) $k = \frac{N}{L}$



Ortalama süreksizlik sıklığı (m⁻¹)

Kaya tanımı

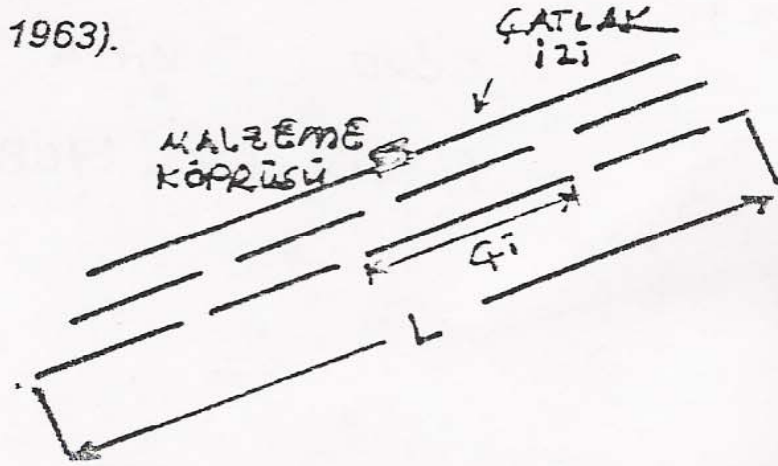
< 1	Masif
1 - 3	Az çatlaklı - kırıklı
3 - 10	Kırıklı
10 - 50	Çok çatlaklı - kırıklı
> 50	Parçalanmış

Çatlak sıklığı (k)	Kaya kalitesi
< 1	İyi
2-3	Orta
4 - 6	Fena
< 6	Çok fena

k = 30 cm'deki çatlak sayısıdır (Deere, 1963).

Ayrılma Derecesi

$$X_i = \frac{\sum \zeta_i}{L}$$



Ortalama ayrılma derecesi

$$X_i = \frac{\sum_{i=1}^n \zeta_i}{n}$$

$$0 < X_i < 1$$

SÜREKSİZLİK PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE DALGALILIĞI: Süreksizlik yüzeyinin düzlemsellikten sapmasının ölçüsüdür. Pürüzlülük arttıkça sürtünme direnci, dolayısıyla da kayma direnci artar.

Yüzey Pürüzlülüğü

Yüzeyi sahada tanıma

Düz

Dokunulduğunda pürüzsüzdür. Kayma izi bulunabilir.

Hafif pürüzlü

Yüzeyde girinti ve çıkıntılar açıkça görülür ve hissedilir.

Orta pürüzlü

Yüzeyde pürüzler açıkça görülür ve aşındırıcı görünüştedir.

Pürüzlü

İri pürüzler görülebilir. Çıkıntılar ve yüksek açılı (dik) basamaklar belirgindir.

Çok pürüzlü

Dik basamaklar ve çıkıntılar vardır.

(Piteau, 1970)

Pürüzlülük derecesi

Zımpara kağıdı no.su

Kayma izli

00

Düz

00 - 01

Hafif pürüzlü

01 - 02

pürüzlü küçük basamaklar

02 - 03

Çok pürüzlü

03 - 04

Fookes ve Denness (1969)

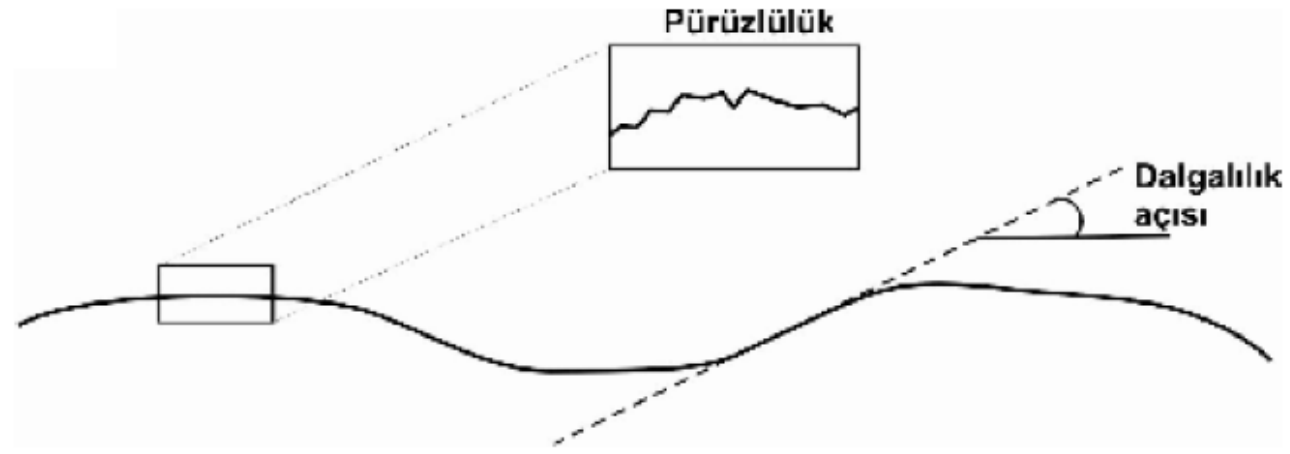
SÜREKSİZLİK DEVAMLILIĞI: Bir kaya içindeki süreksizlik izinin gözlenen uzunluğudur.

Süreksizlik izinin ölçülen uzunluğu (m)	Tanımlama
< 1	Çok düşük devamlı
1 -3	Düşük devamlı
3 -10	Orta devamlı
10 - 20	Yüksek devamlı
> 20	çok yüksek devamlı

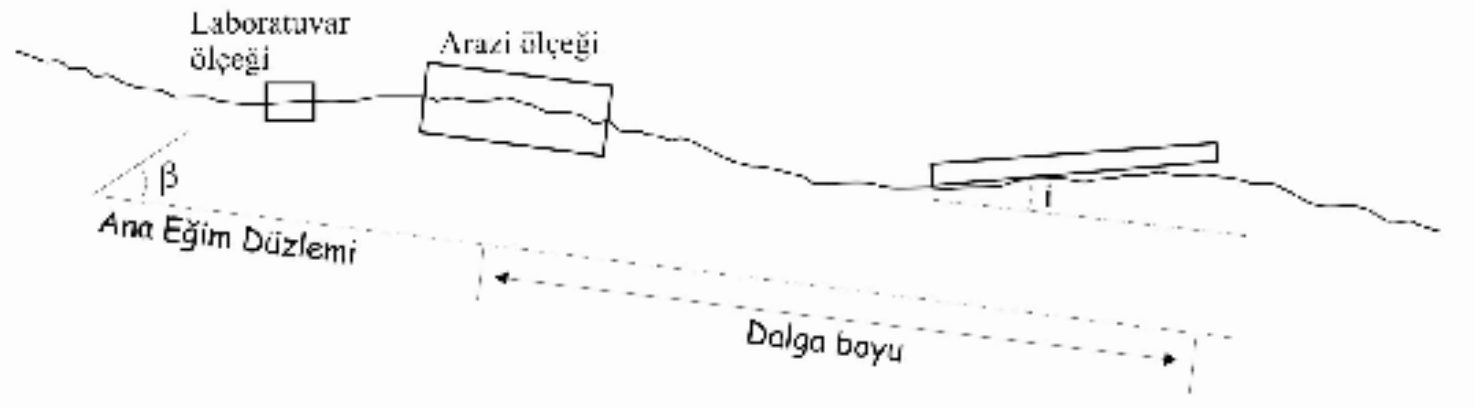
SÜREKSİZLİK DOLGUSU: Bir süreksizliğin açıklığını dolduran ve genel olarak ana kayadan daha zayıf özellikteki malzemedir. Kum, silt, kil, breş veya milonit özelliğinde olduğu gibi, kalsit, kuvars gibi minerallerden oluşan damarlar da dolgu malzemesidir.

Süreksizlikler boyunca kaymaya karşı direnç:

- Dolgu malzemesinin kalınlığına,
- cinsine,
- dayanımına,
- ayrışma derecesine bağlıdır.



Süreksizlik düzlemlerindeki pürüzlülük ve dalgalık ilişkisi.



Düz - parlak

1. Sınıf

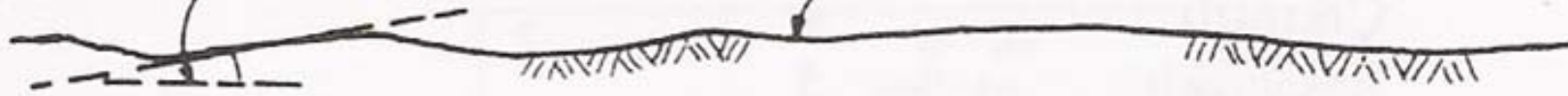


2. Sınıf



Pürüzlülük açısı

3. Sınıf



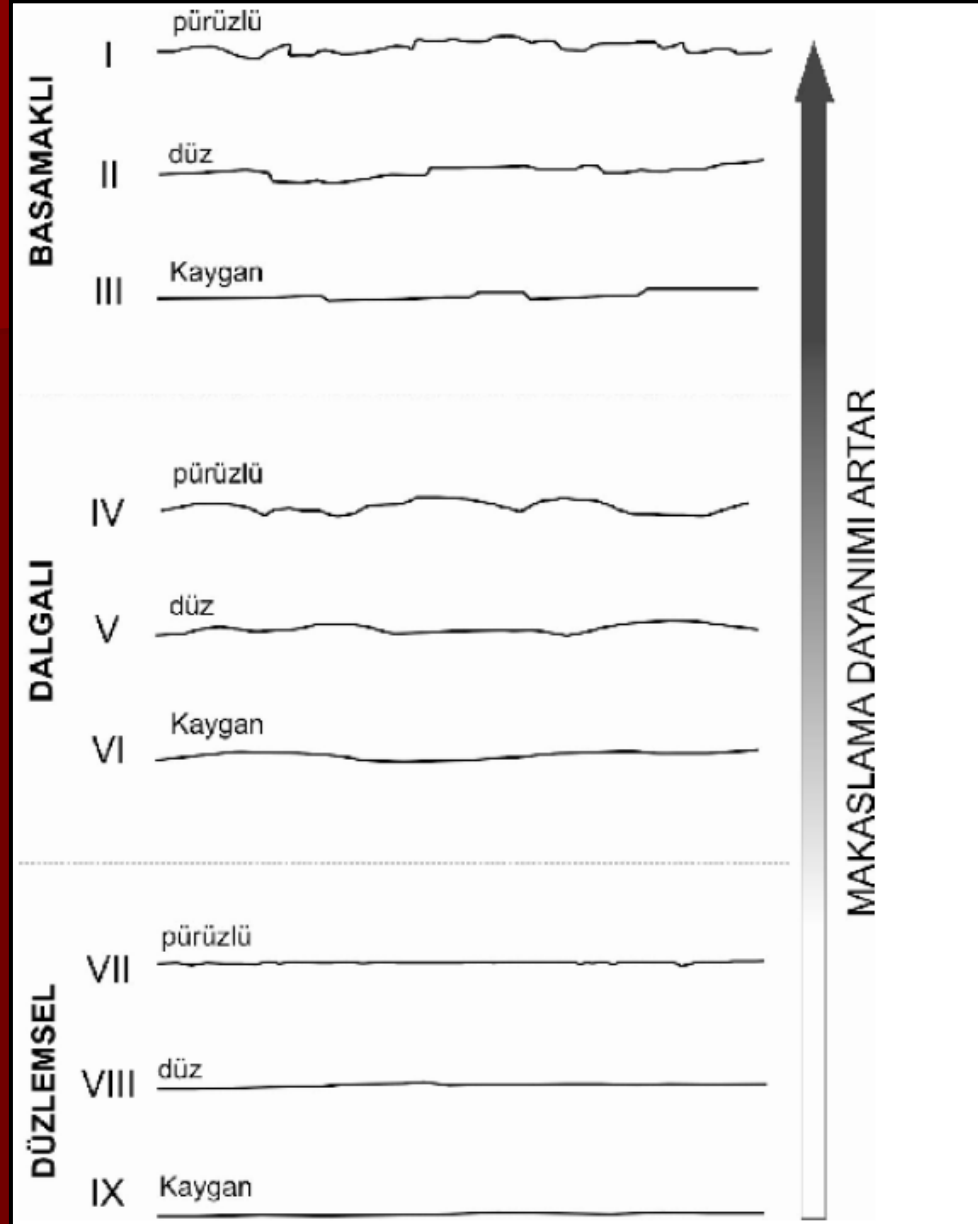
4. Sınıf



5. Sınıf



Pürüzlülük Sınıfları



ISRM, 1981'e göre pürüzlülük görüntüleri ve kesme dayanımı arasındaki ilişki.

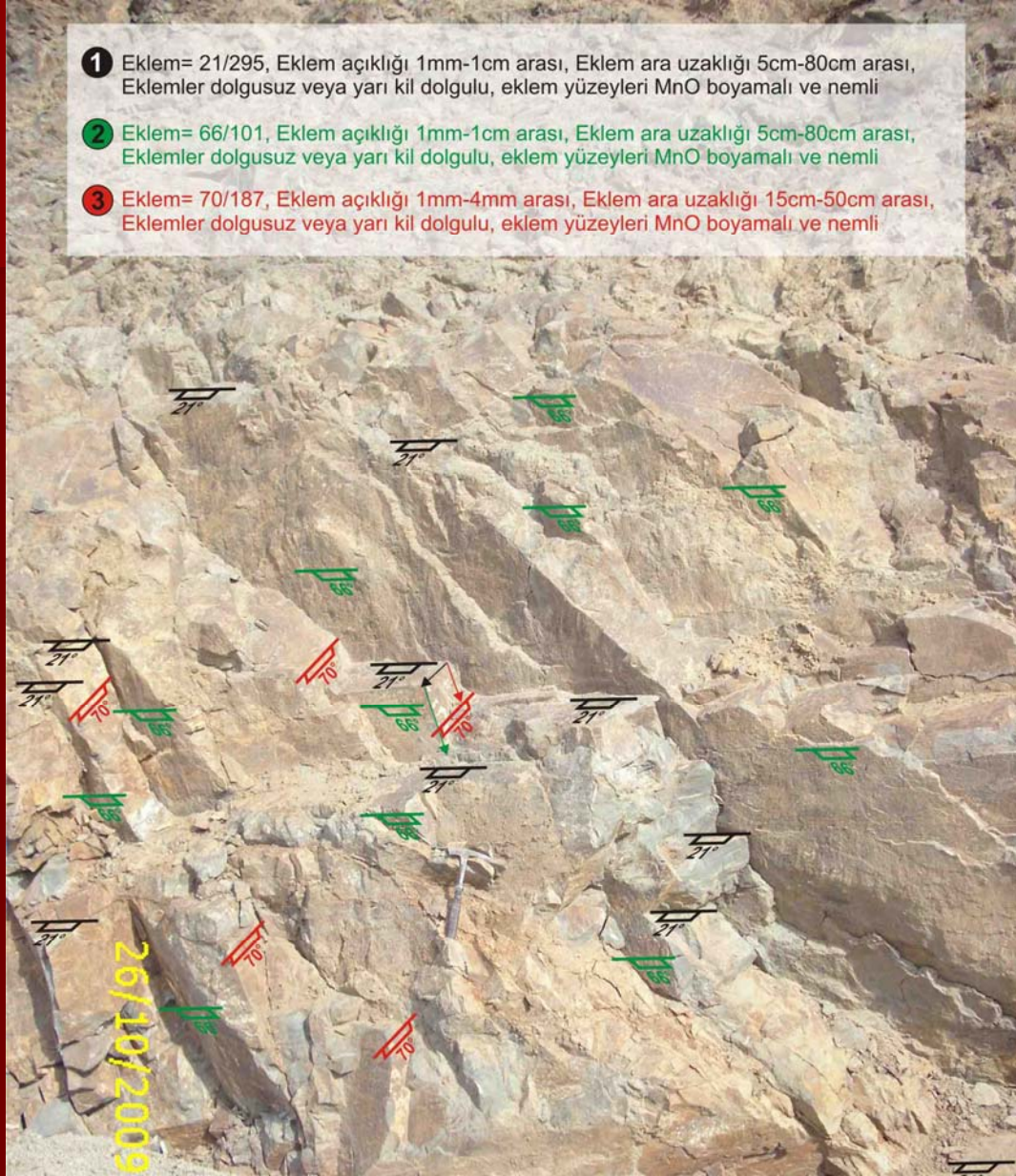
	Tanımlama	Sınıf
Pürüzlülük	Kaygan-parlak	1
	Düz	2
	Pürüzlü	3
	Çıkıntılı	4
	Basamaklı	5
Dalgalılık	Düzlemsel	1
	Az dalgalı	2
	Dalgalı	3
	Kavisli	4
	Kıvrımlı	5



- 1 Eklem= 88/285, Eklem açıklığı 1 mm-5 mm arası, Eklem ara uzaklığı 20 cm-50 cm arası, Eklem dolgusu MnO ve CaCO₃,
- 2 Eklem= 86/250, Eklem açıklığı 2 mm-4 mm arası, Eklem ara uzaklığı 5 cm-50 cm arası, Eklem dolgusu MnO ve CaCO₃,
- 3 Eklem= 45/218, Eklem açıklığı 2 mm-1 cm arası, Eklem ara uzaklığı 5 cm-120 cm arası, Eklem dolgusu FeO-MnO ve CaCO₃,
- 4 Eklem= 78/213, Eklem açıklığı 1 mm-1 cm arası, Eklem ara uzaklığı 5 cm-120 cm arası, Eklem dolgusu FeO-MnO ve CaCO₃,



- 1 Eklem= 21/295, Eklem açıklığı 1mm-1cm arası, Eklem ara uzaklığı 5cm-80cm arası, Eklemler dolgunsuz veya yarı kil dolgulu, eklem yüzeyleri MnO boyamalı ve nemli
- 2 Eklem= 66/101, Eklem açıklığı 1mm-1cm arası, Eklem ara uzaklığı 5cm-80cm arası, Eklemler dolgunsuz veya yarı kil dolgulu, eklem yüzeyleri MnO boyamalı ve nemli
- 3 Eklem= 70/187, Eklem açıklığı 1mm-4mm arası, Eklem ara uzaklığı 15cm-50cm arası, Eklemler dolgunsuz veya yarı kil dolgulu, eklem yüzeyleri MnO boyamalı ve nemli

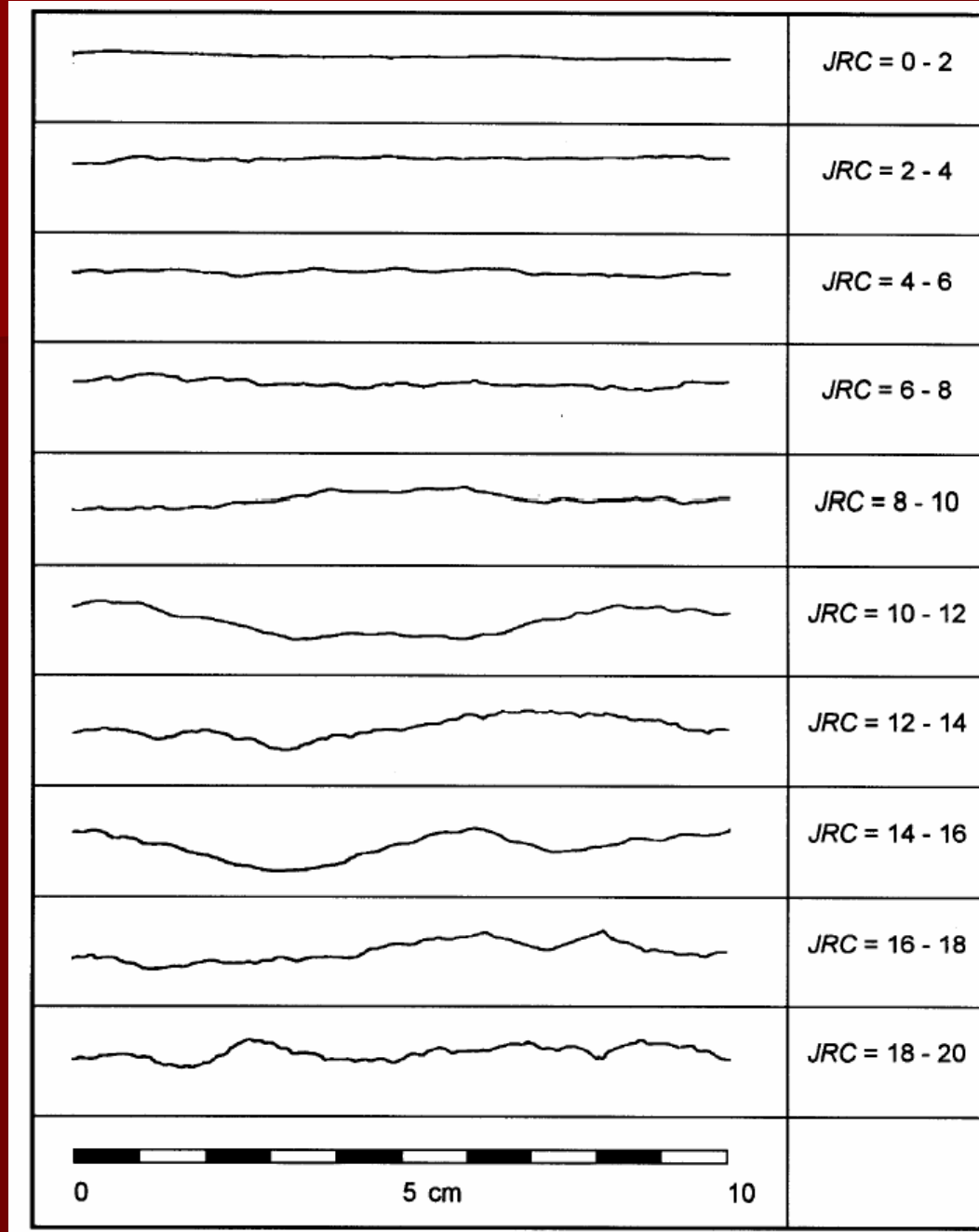




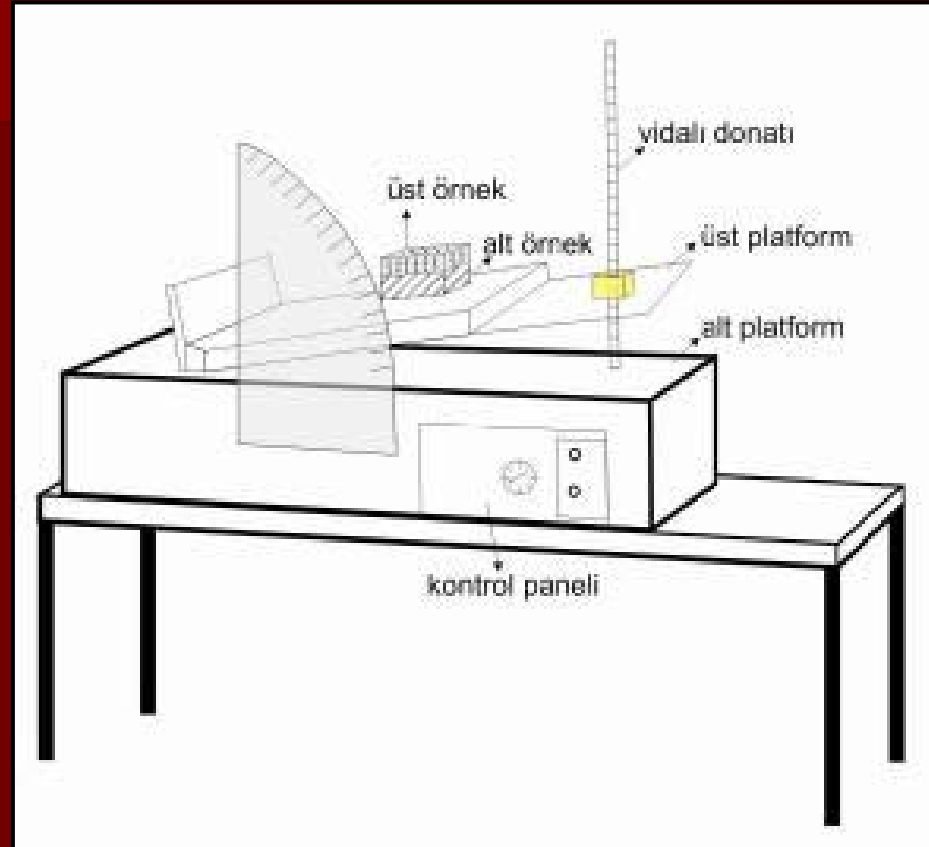
Pürüzlülük ve dalgalılığı ölçme yöntemleri

- Doğrusal profil alma yöntemi
- Pusula ve disk şeklindeki klinometre ile
- Mekanik profilometreler ile





Şekil. Pürüzlülük profilleri ve JRC (Eklem Pürüzlülük Katsayısı) değerleri (Barton ve Choubey, 1977)



Süreksizliklerin özelliklerinin yüzeyde ve sondajlarda tayini

- Kaya mekaniği uygulamalarında kaya kütlelerinin önemli bir elamanı olan süreksizlik özelliklerinin, yönelimlerinin ve dağılımlarının tayini amacıyla çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden başlıcaları; hat etüdü, sondaj karotlarının jeoteknik amaçlarla loglanması, yönlendirilmiş karot ve sondaj kamerası veya tarayıcısı gibi tekniklerdir.

TEMEL ARAŐTIRMA SONDAJLARINDAN ALINAN KAROT VE DİĐER PARÇALAR

1. ≥ 10 cm
2. < 10 cm
3. Kùçùk parçalar
4. Kuyu tabanına çöken parçalar
5. Eriyebilen parça ve malzemeler

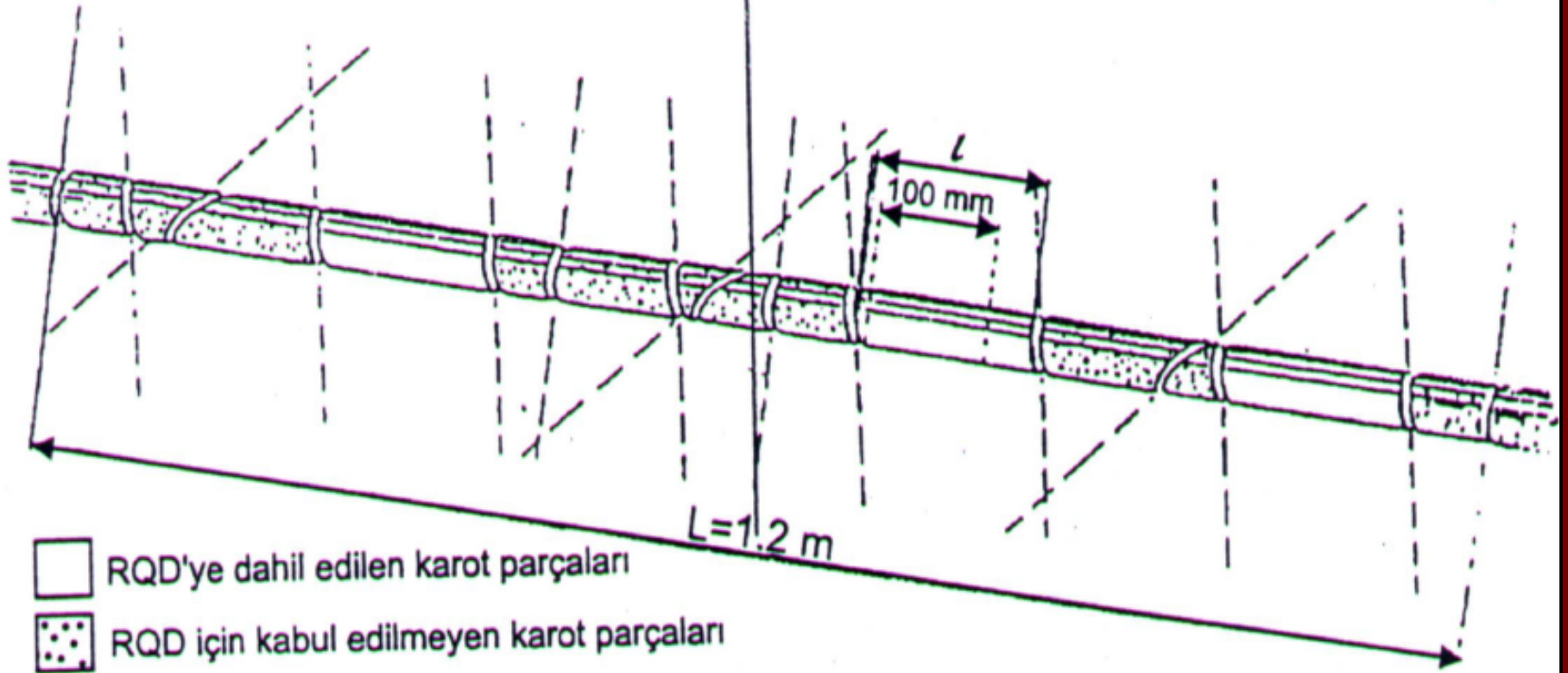
TCR - Toplam karot yüzdesi (*Total core recovery*)

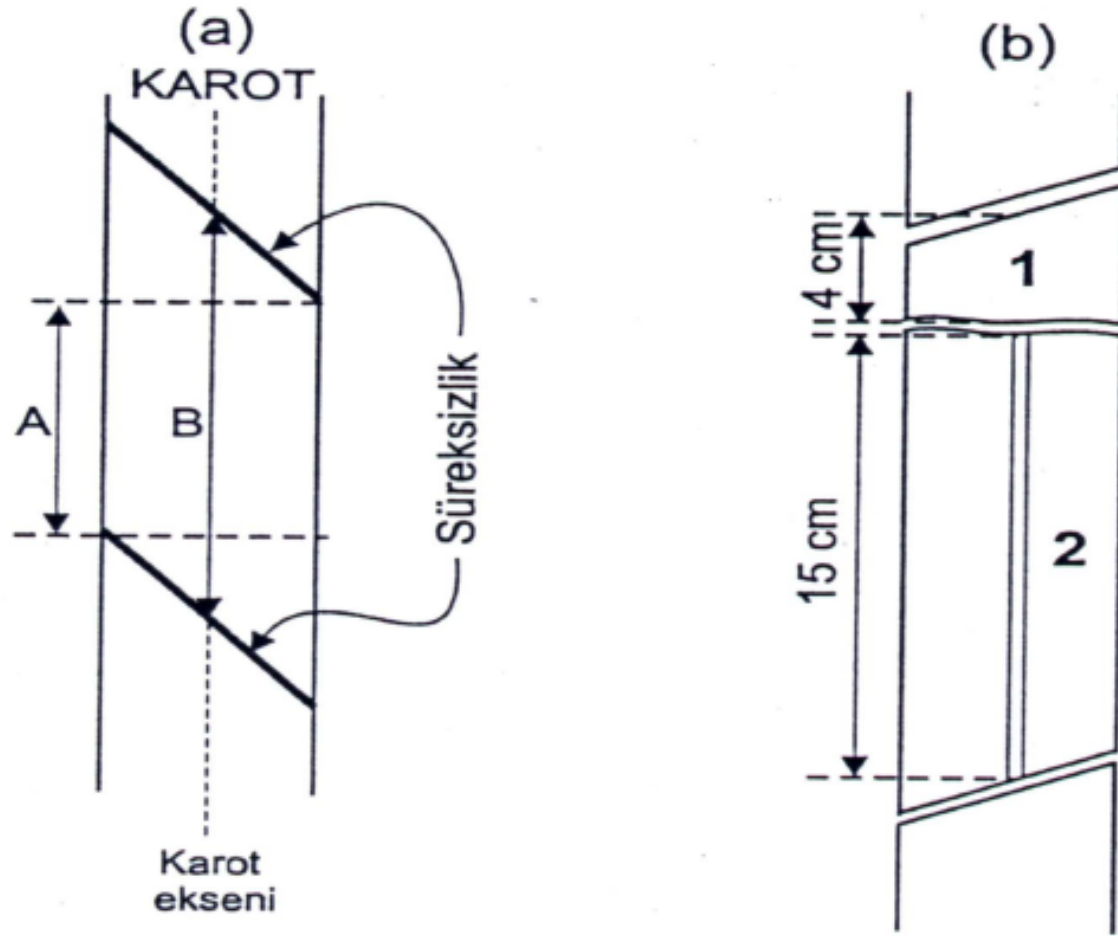
$$\text{TCR} = \frac{1+2+3}{L} \times 100 \quad \text{L: Manevra boyu}$$

SCR - Katı parça karot yüzdesi (*Solid core recovery*)

$$\text{SCR} = \frac{1+2}{L} \times 100$$

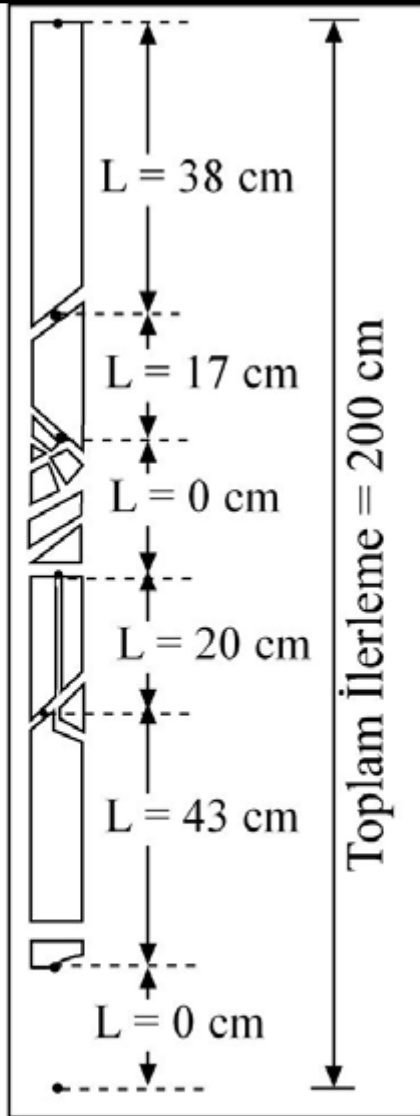
- **Kaya kalitesi Göstergesi (RQD)** : RQD , bir ilerleme aralığında doğal süreksizliklerle ayrılmış, boyu 10 cm ve daha büyük olan ve silindirik şeklini koruyan karot parçalarının toplam ilerleme aralığının uzunluğuna oranının yüzde olarak ifade edildiği kantitatif bir indekstir.





A: Sağlam kısmın uzunluğu

Şekil (a) Eğimli süreksizlik yüzeyleri arasında RQD'nin ölçümü ve (b) dik ve dike yakın eğimli süreksizliklerin RQD'ye dahil edilmesi (1 no.lu süreksizliğin boyu < 10 cm olup, RQD'ye dahil edilmezken, ortasından dik bir süreksizlikle bölünmüş ve boyu 15 cm olan 2 no.lu süreksizlik RQD'ye dahil edilir).



$$\text{RQD} = \frac{38+17+20+43}{200} = \% 59$$

RQD kaya kalite sınıflaması (Deere, 1964)

RQD, %	Kaya kalitesi
0-25	A : Çok düşük
25-50	B : Düşük
50-75	C : Orta
75-90	D : İyi
90-100	E : Çok iyi

KAYA KALİTE İNDİSİ (RQD)

$$1. RQD = \frac{\sum L_{10}}{L} \times 100 \quad (\text{Deere, 1953})$$

$$2. RQD = 115 - 3.3 J_v \quad (\text{Palmstrom, 1974})$$

J_v : Çatlak sayısı / m³

$J_v = 4.5$ ise RQD = %100'dür.

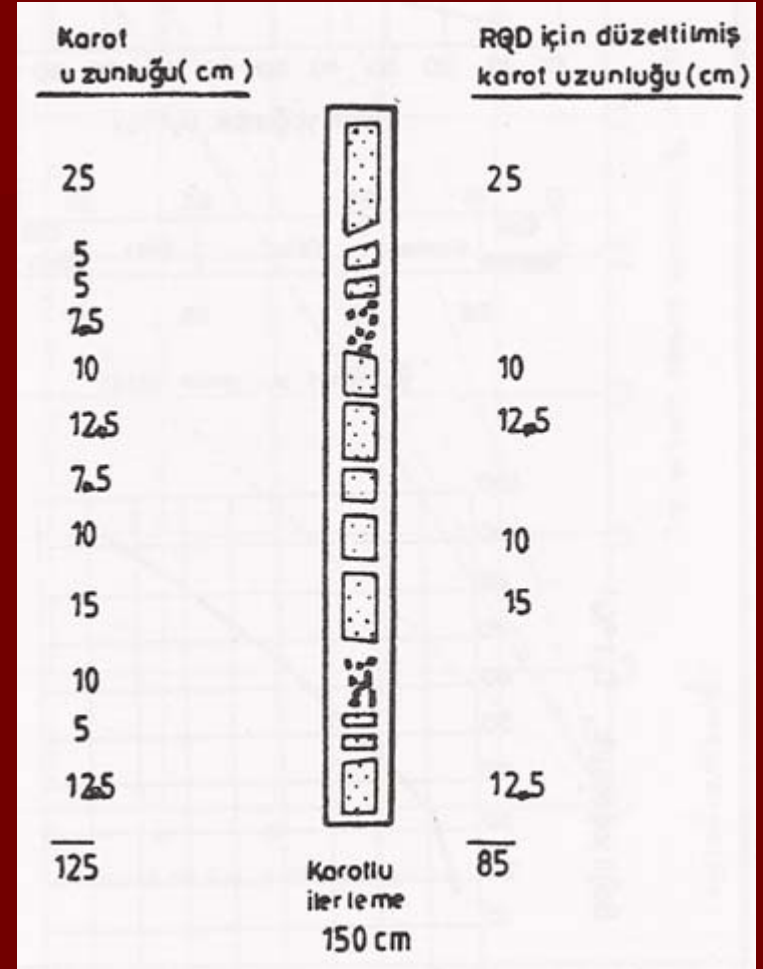
$$3. RQD = 100 e^{-0.1\lambda} (0.1\lambda + 1) \quad (\text{Priest ve Hudson, 1976})$$

λ : çatlak sayısı / m

1. ≥ 10 cm
2. < 10 cm
3. Küçük parçalar
4. Kuyu tabanına çöken parçalar
5. Eriyebilen parça ve malzemeler

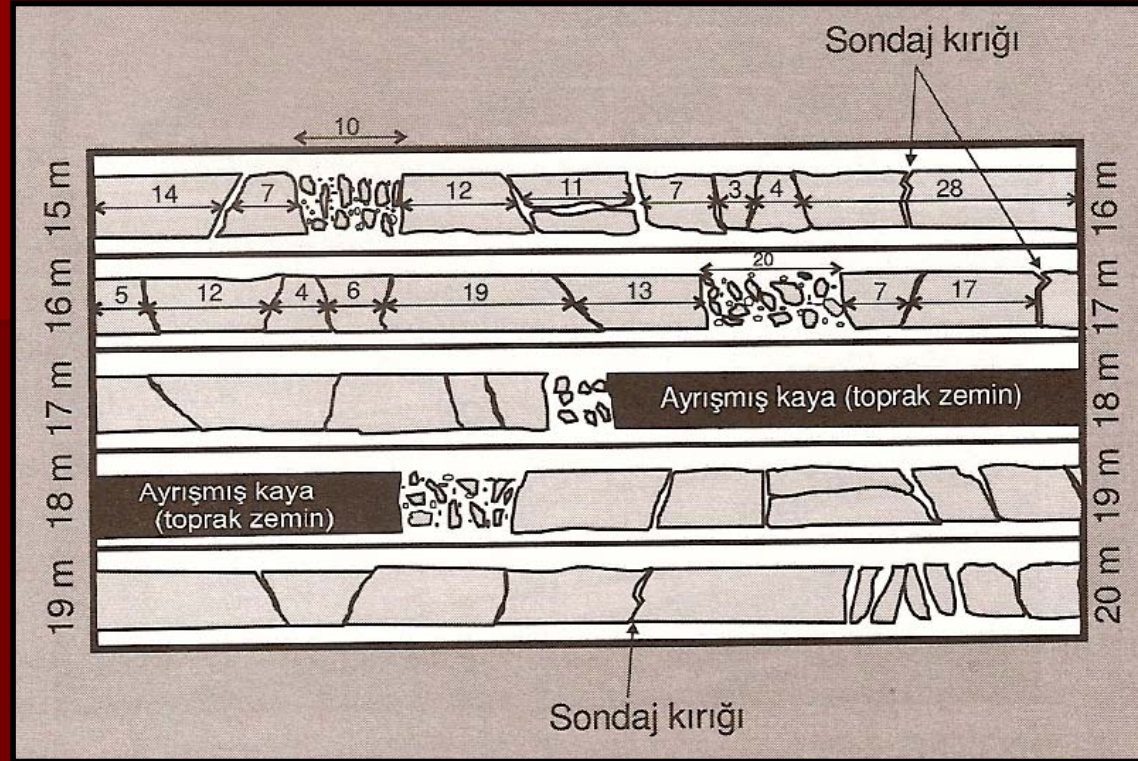
RQD - Kaya kalite indisi (Rock Quality Designation)

$$RQD = \frac{1}{L} \times 100$$



Karot verimi = $125 / 150 = \% 83$

RQD = $85 / 150 = \% 57$



$$TKV = \frac{14 + 7 + 10 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{96}{100} = \% 96$$

$$SKV = \frac{14 + 7 + 12 + 11 + 7 + 3 + 4 + 28}{100} = \frac{86}{100} = \% 86$$

$$RQD = \frac{14 + 12 + 11 + 28}{100} = \frac{65}{100} = \% 65$$

$$FF = \frac{9}{1\text{ m}} = 9\text{ m}^{-1}$$