

JEO 358-02 Toprak Mekaniği

Prof. Dr. Murat Ercanođlu

<http://yunus.hacettepe.edu.tr/~murate>

murate@hacettepe.edu.tr

1. GİRİŞ

Amaç ve İçerik

- **Ön Koşul** → JEO152+JEO153
- **Amaç** → Toprak zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak, bunları analiz etmek ve yorumlamak, toprak zemin-yeraltısuyu ilişkisi ile şev duraylılığı analizlerine ve temel tasarımına yönelik teknik bilgiye ve analiz yeteneğine sahip olmak.
- **İçerik** → Zeminlerle ilgili mühendislik problemleri. Zeminlerin indeks ve fiziksel özellikleri ve mühendislik sınıflaması. Efektif gerilim prensibi. Sıkışabilirlik ve konsolidasyon teorisi. Üç eksenli sıkışma ve makaslama dayanımı. Farklı gerilim koşulları altında zemin davranışları. Taşıma kapasitesi, oturma kavramları ve ilgili hesaplama yöntemleri. Şev Duraylılığı ve Analizi.
- **Kaynaklar**
 1. *Uzuner, B.A., Temel Zemin Mekaniği, Derya Kitabevi, 7. Baskı, 2007.*
 2. *Kumbasar, V., Kip, F., Zemin Mekaniği Problemleri, Çağlayan Kitabevi, 1999.*
 3. *Das, B.M., Principles of Geotechnical Engineering, 2. edition, Pws publishing, 1998. .*
 4. *Aytekin, M., Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Kitabevi, 2004.*

Temel Kaynak: Soil Mechanics (R. F. Craig)

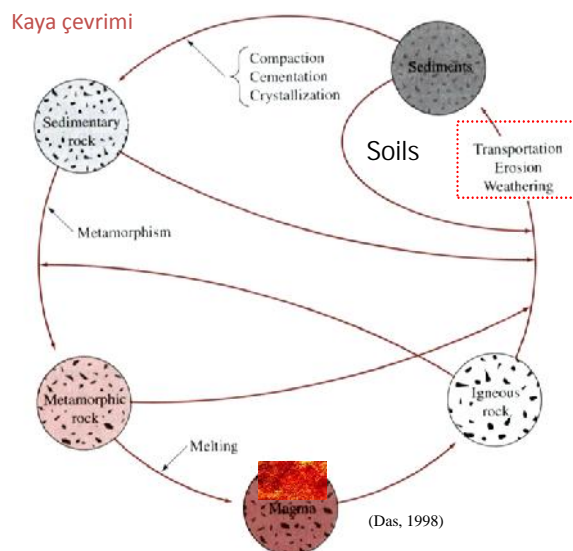
Ders Planı

Tarih	Konu	Tarih	Konu
28.02.2023	GİRİŞ	18.04.2023	TOPRAĞIN DAYANIMI
07.03.2023	TOPRAKLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ	25.04.2023	TOPRAK ZEMİNLERİN TAŞIMA GÜCÜ
14.03.2023	MÜHENDİSLİK AMAÇLI TOPRAK SINIFLAMASI	02.05.2023	TOPRAKTA GERİLME DAĞILIMI
21.03.2023	KOMPAKSİYON	09.05.2023	KONSOLİDASYON
28.03.2023	YERALTISUYU & SIZMA BASINCI	16.05.2023	2. ARA SINAV
04.04.2023	TOPLAM VE ETKİN GERİLME KAVRAMLARI	23.05.2023	ŞEV DURAYLILIĞI
11.04.2023	1. ARA SINAV	30.05.2023	GENEL TEKRAR

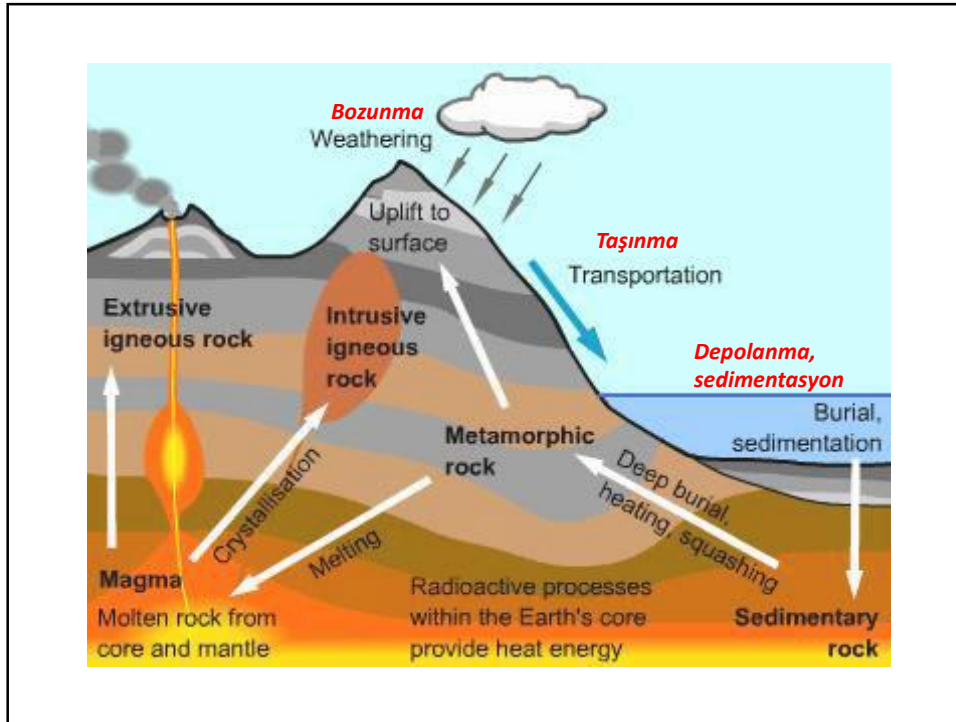
Temel Kavramlar

- **Toprak** → Kayaçların bozunması sonucunda oluşmuş pekişmemiş malzeme
- **Toprak** → 1 MPA'dan düşük dayanıma sahip malzeme
- **Toprak** → Blok boyutundan, kil boyutuna kadar değişebilen partikül çeşitliliğine sahip, çimentolanmamış katı malzeme karışımıdır.
- **Toprak** → Su, hava ve bitkileri besleyen humustan oluşan yeryüzeyi örtüsü
-
- **Mekanik** → Fizik biliminin bir alt dalı olup, cisimlerin/malzemelerin davranışlarını inceleyen bilim dalı. Alt dalları:
 - **Kinematik** → Yol, zaman, hız ve ivme arasındaki ilişkiyi;
 - **Dinamik** → Kuvvetle hareket arasındaki ilişkiyi;
 - **Statik** → Hareketsiz cisimler ile kuvvetler arasındaki ilişkiyi inceler.
- **TOPRAK MEKANİĞİ**
 - Toprak türlerinin ayırtlanması ve mühendislik amaçları için sınıflandırılması;
 - Mühendislik parametrelerinin saha ve laboratuvar deneyleriyle belirlenmesi;
 - Tasarıma yönelik parametrelerin belirlenmesi/seçilmesi/önerilmesini içerir.

Toprak Zeminlerin Oluşumu

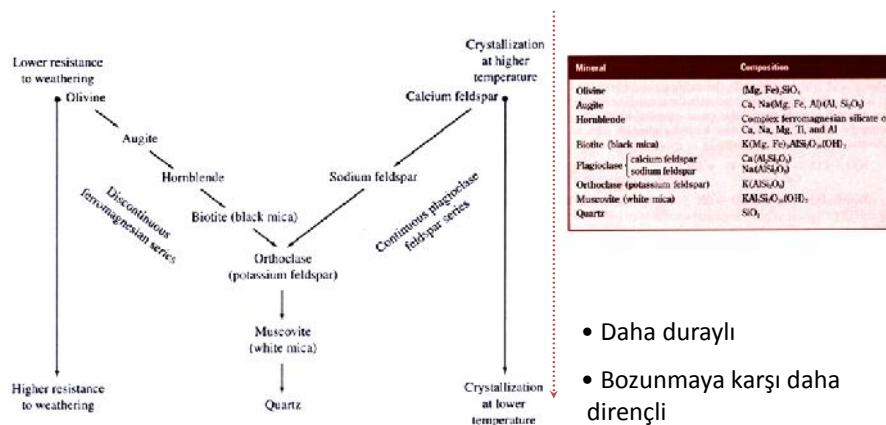


Bozunmanın **son ürünü, toprak zemindir.**



Bowen's Reaksiyon Serisi

– Bozunmaya karşı duraylılık \leftrightarrow Bowen Reaksiyon serisi



(Das, 1998)

BOZUNMA

- **Tanım** → Yerkabuğunun üst kesimlerinde kimyasal ayrışma veya fiziksel parçalanma sonucu gelişen süreç.
- **Tanım** → Litosfer içinde dengede bulunan kayaların, atmosfer, hidrosfer ve biyosferle temasa geçtiğinde gösterdiği tepki.
- Alterasyon → Kimyasal ve mineralojik yapıda, hidrotermal akışkanların etkisiyle derinlerde gerçekleşen süreçtir.
- Bozunma Örnek → Granit → Kuvars ve kil; Bazalt → Kil
- Alterasyon Örnek → Kaolinitleşme, kloritleşme



Bozunma

- **Fiziksel Bozunma:** Ana kayanın kimyasal kompozisyonunda herhangi bir değişim olmadan parça boyutundaki ufal(an)ma
 - Fiziksel bozunma nedenleri
 - Gerilim boşalımı, yük kalkması (unloading);
 - Islanma-Kuruma
 - Isınma-Soğuma
 - Donma-çözünme
 - Kristallenme
 - Organizmalar



Bozunma

- **Kimyasal bozunma:** Ana kayanın kimyasal kompozisyonunda değişim ve yeni mineral oluşumları.

Kimyasal bozunmanın süreçleri

- Hidrasyon;
- Hidroliz;
- Oksidasyon;
- Karbonatlaşma;
- Çözünme



GENEL OLARAK → Kimyasal ve Fiziksel bozunma birlikte etkindir.

Bozunma ürünlerinin taşınması

- **Kalıntı (Residual) toprak zemin:** Bozunmanın geliştiği yerde kalan (ana kayanın hemen üzerindeki) toprak zemin
 - Orjinal lokasyonunda;
 - Ana kayadan bir çok bileşen içerir;
 - Tanecikler köşelidir;
 - Tane boyu dağılımı heterojendir.

- **Taşınmış toprak zemin:** oluştuğu ortamdan taşınarak farklı bir depolanma alanında biriken toprak zemin.
 - Su, rüzgar gibi taşıyıcı ajanlarla taşınan toprak zemin taneleri boylarına göre seçilerek depolanır.
 - Silt, kil, kum gibi farklı seviyelerin gözlendiği katmanlı (ardalanmalı) bir yapı sunarlar.

Kil Mineralleri

“Kil” ...

- Tane boyuna göre (<0.002 mm)
- Kendine özgü özellikleri ve karakteristikleri olan mineral türüne göre (**ikincil mineral**)

Toprak zemin tanelerinin göreceli büyüklük karşılaştırması

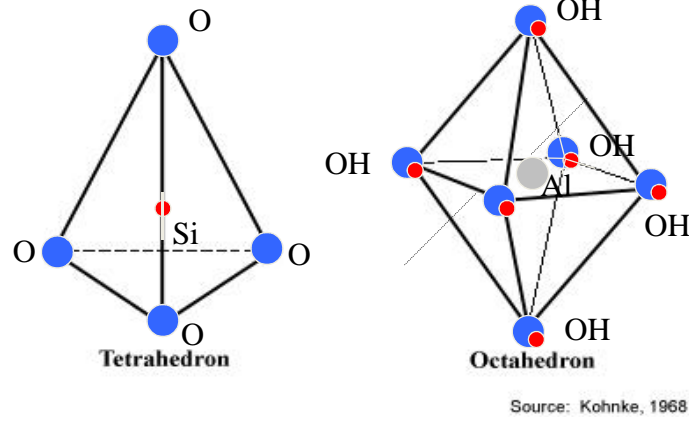


“Büyük” → küçük → çok küçük
Kum → silt → kil

Kil mineralojisinin temel yapı taşları

- 2 basit yapı taşı: Silis (Si) tetrahedron ve alüminyum (Al) octahedron
- Bu yapı taşları: “silikat katmanları”nı oluşturur

Silis tetrahedron ve alüminyum octahedron



Kil Mineralleri

KANDİT GRUBU

1:1 killer

(bir tetrahedral ve bir octahedral)

Kaolinit, nakrit, halloysit, vb.

SMEKTİT GRUBU

2:1 killer

(iki tetrahedral ve bir octahedral)

Smektit

Montmorillonit, beidellit, saponit, vb.

Mika

Illit, muskovit, biyotit, vb.

Vermikülit

Tri- or di-vermikülit

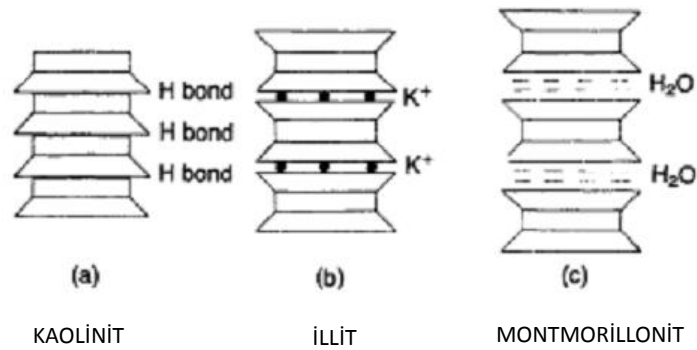
Kloritler

Silikat kllerin genel karşılaştırması

Özellik	Kaolinit	Smektit	İlit
İme	Dü ük	Yüksek	Dü ük-yok
Ba yapısı	Hidrojen (güçlü)	Van der Waal's (zayıf)	Potasyum ionik (güçlü)
Genel sınıfı	1:1 (TO)	2:1 (TOT)	2:1 (TOT)

BAZI KİL MİNERALLERİ

Katmanlanma sayısının iki veya üç olmasına göre iki gruba ayrılırlar. Birincisine **kandit** grubu, diğeri de **smektit** grubu adı verilir (Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den).



DEĞİŐİKLİK NEREDEN KAYNAKLANIYOR ?

- Çoğu kil minerali
 - Katmanlı (tabakalı) yapıda, yüksek spesifik yüzey özelliğine sahip
 - SPESİFİK YÜZEY → Yüzey alanının kütle veya hacme oranı

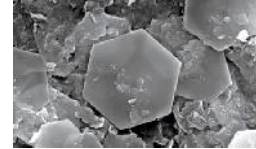


YÜZEY KUVVETLERİ

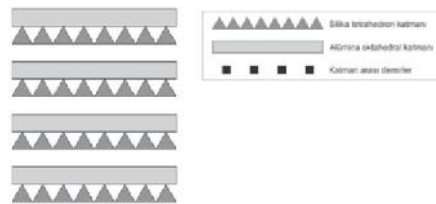
- Si ve Al, kısmen yer değiştirebilen elementler olup, bu yer değiştirme süreci **İZOMORFİK YER DEĞİŞTİRME** olarak adlandırılır (yaklaşık aynı boyutlara sahip iyonların yer değiştirmesi)
- Kil mineralleri → Yer değiştiren iyon kombinasyonları, katmanlar arası su ve iyon değişimleri sonucunda farklı davranış gösteriyor.

• KAOLİNİT

- TO yapılı
- H bağı ile bağlı Si Tetrahedronu + Al Octahedron
- İzomorfik yer değiştirme sınırlı → H bağı nedeniyle
- Kandit grubundaki en yaygın üye olup, genellikle asidik suların granit gibi kayaları şiddetlice yıkadığı yerlerdeki ılık, nemli ortamlarda oluşan toprak profillerinde oluşur (Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den).



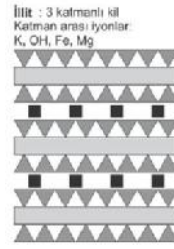
Kaolinit: 2 katmanlı kil



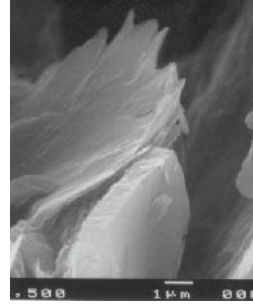
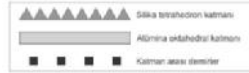
(Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den)

- **İLLİT**

- TOT yapılı
- İki adet Si + 1 adet Al katmanı
- T ve O arasında, K iyonları → bağ zayıf
- O → Al; Mg ve Fe ile yer değiştirebilir
- T → Si ile Al yer değiştirebilir
- Üç katmanlı bir diğer mineral de mika grubu ile ilişkili olan ve sedimentlerde en yaygın bulunan minerali oluşturan illittir. İllit yıkanmanın sınırlı olduğu orta sıcaklık bölgelerindeki topraklarda oluşur (Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den).



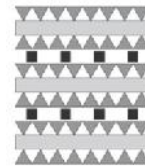
(Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den)



- **MONTMORİLLONİT**

- Yapı olarak illite çok benzer
- TOT yapılı
- İki adet Si + 1 adet Al katmanı
- T ve O arasında → H₂O
- O → Al ile Mg yer değiştirebilir
- Smektit grubundaki kil mineralleri yapısında suyu absorplayabilen montmorillonit gibi genişleyebilen veya şişen killeri kapsar. Montmorillonit nötr veya alkalin pH ortamlarda orta derecede sıcaklık koşullarının bir ürünüdür. Kurak iklimlerde alkalin koşullarda da oluşur (Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den).

Montmorillonit: 3 katmanlı kil
Katman arası iyonlar: H₂O, Ca



(Nichols, 2021; Kayabalı 2022'den)

