

- Zeminler, kayaçların çeşitli nedenlerle ayrışması sonucu meydana gelir.
- Zeminlerin mühendislik özellikleri onların mineral yapısına bağlıdır.
- Zeminlerin mineral içeriği
 - çakıl, kum, siltler çoğunlukla kuvars minerallerinden
 - Killer ise silikatlardan oluşmuştur.

Kil nedir?

- Tane boyutu < 0.002 mm olan zeminlerdir
- Kil zeminler farklı kil minerallerinin bir araya gelmesi ile oluşur.

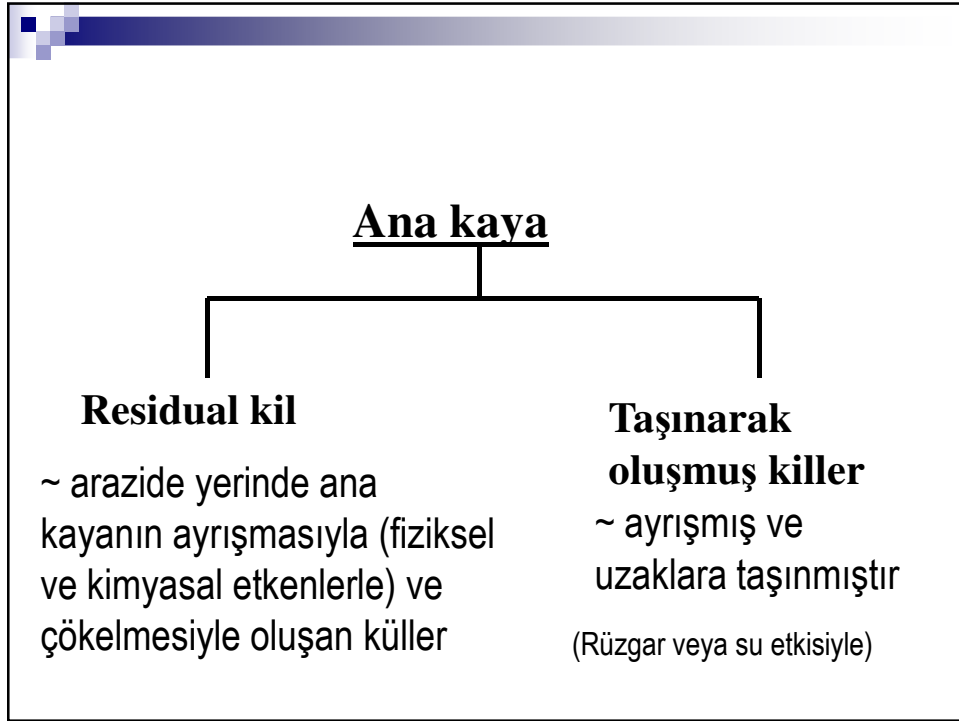
Kil minerallerin oluşumu

- Kil minerallerin bileşimi, esas olarak sulu **alüminyum silikatlar** ibarettir.
- Burada SiO_2 ve Al_2O_3 kristal yapıları (tetragonlar ve oktahedronlar) tabakalar meydana getirmek üzere çeşitli şekillerde birleşir ve çeşitli özellikte kil minerallerini meydana getirir.

Killer;

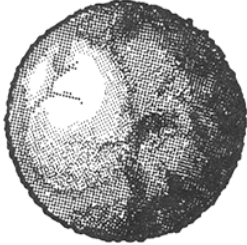
- Kayaçların fiziksel ve kimyasal sebeplerle en ileri safhada ayrışmasından oluşur.
- Genellikle belirli şartlar altında feldspatların ayrışması veya volkanik küllerin veya mikamsı minerallerin değişime uğraması ile meydana geldiği kabul edilir.
- Tane boyutu < 2 mikron

- Kil mineralleri, kayaçları oluşturan esas minerallerin ayrışmasıyla oluşur. Bu nedenle de ikincil silikatlar olarak adlandırılmışlardır.
- Yer altı ve yüzey sularının tesiriyle ayrışmış olan feldspatlarca zengin magmatik kayaçların aşınma ve taşınması ve havzalarda birikmesi sonucu oluşur.
- Ayrışmaya maruz kalmış ana kayaca göre ve depolanma ve çökme esnasındaki kimyasal şartlara göre farklı kil mineralleri oluşur.




- Nehir Alüvyon
- Deniz Marine
- Buzul Glacial


Sand
.05 to 2mm
feels gritty



Silt
.002 to .05 mm
feels smooth

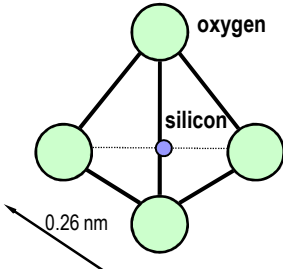


Clay
less than .002 mm
feels sticky

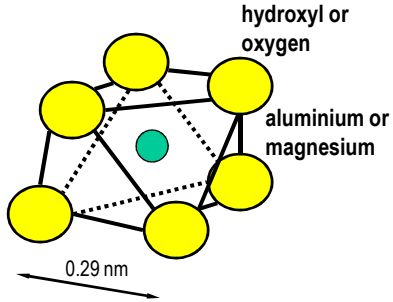


“Büyük” → küçük → Çok çok küçük
Kum → silt → Kil

■ Kil mineralleri 2 farklı temel yapısal birimden oluşur.

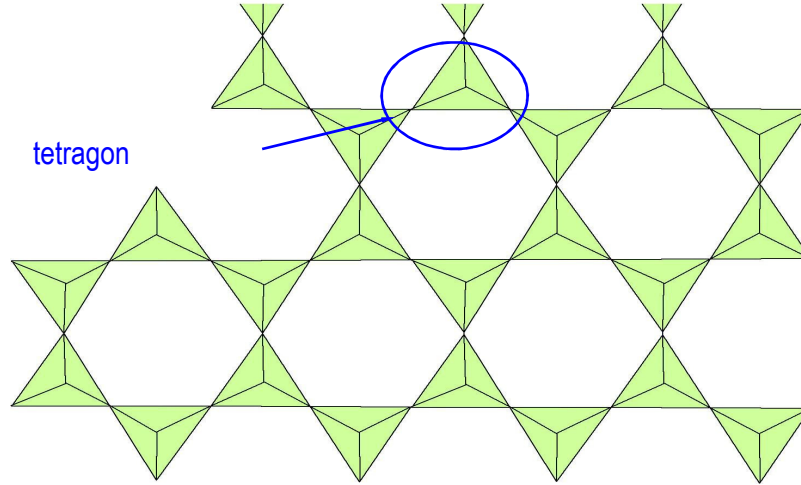


Silika tetragon

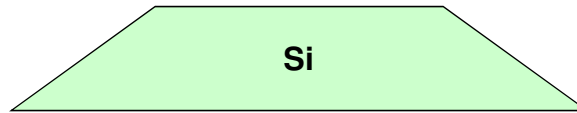


Alüminyum Oktedral

Birçok tetragon yapı bir araya gelerek tabakalı bir yapı oluşturur.



Basitleştirmek için silika tetragon tabakalarının gösterimi

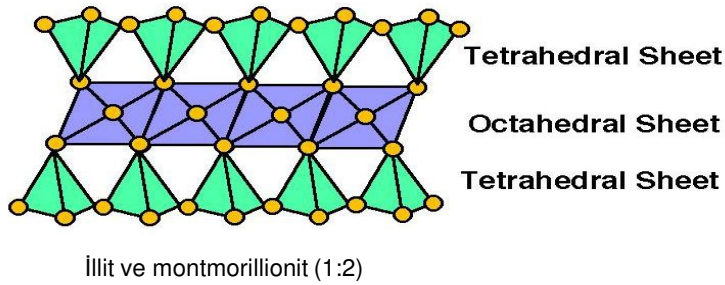
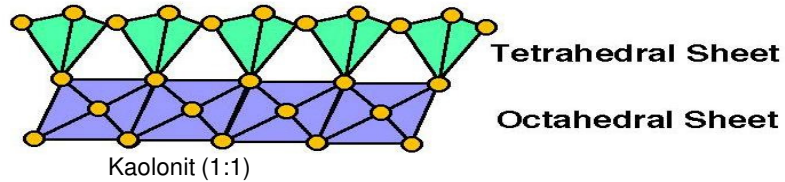


Alüminyum oktedral tabakalarının gösterimi



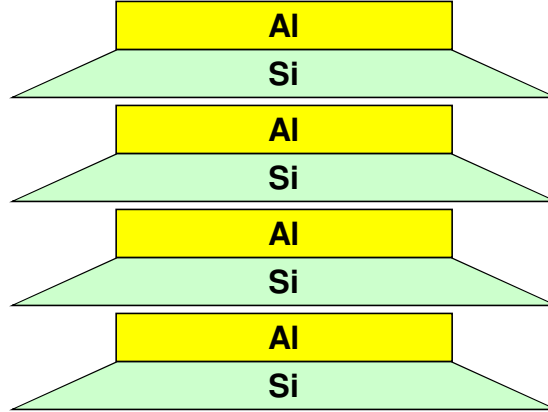
Tetragonal ve oktehdral
tabakalar bir araya gelerek
farklı kombinasyonlar oluşturur
Bunun sonucu olarak farklı kil
mineralleri meydana gelir

Farklı kil mineralleri



Kaolonit

Tabakalar arasındaki bağlar kuvvetlidir ayırmak zordur.

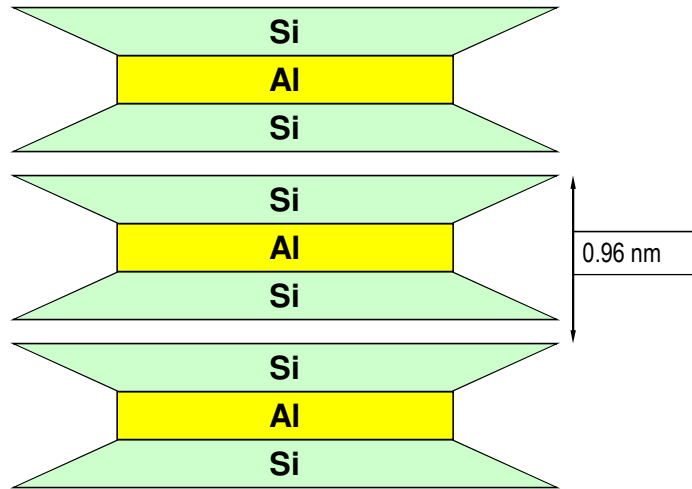


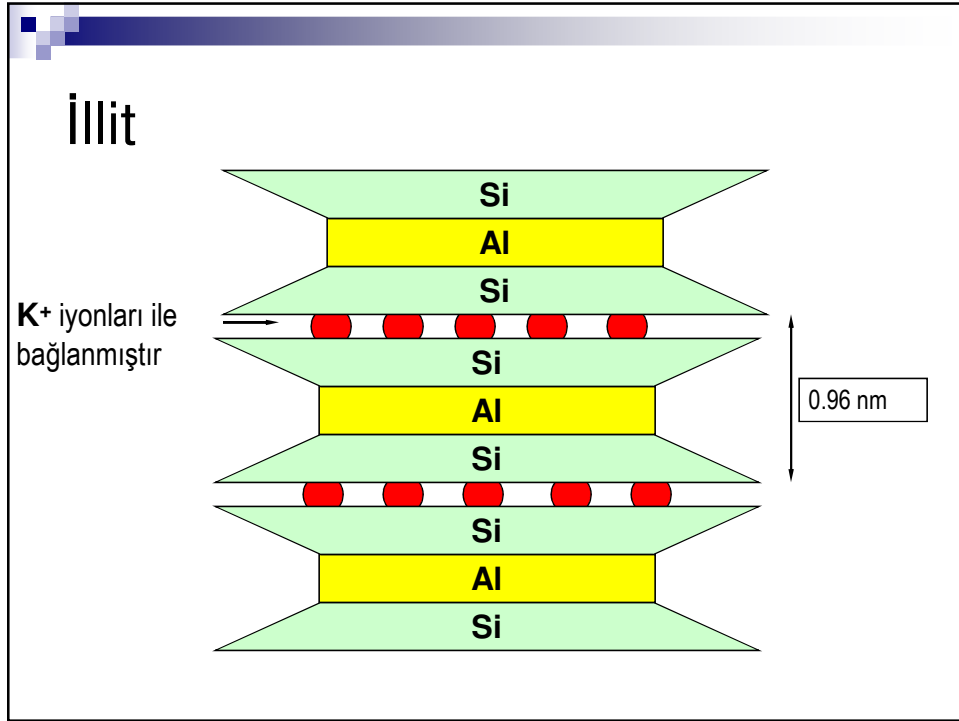
Montmorillonit

Tabakalar arasındaki bağlar zayıf van der waals bağlarıdır

Smektit olarak da isimlendirilir. Su ile temasında şişer.

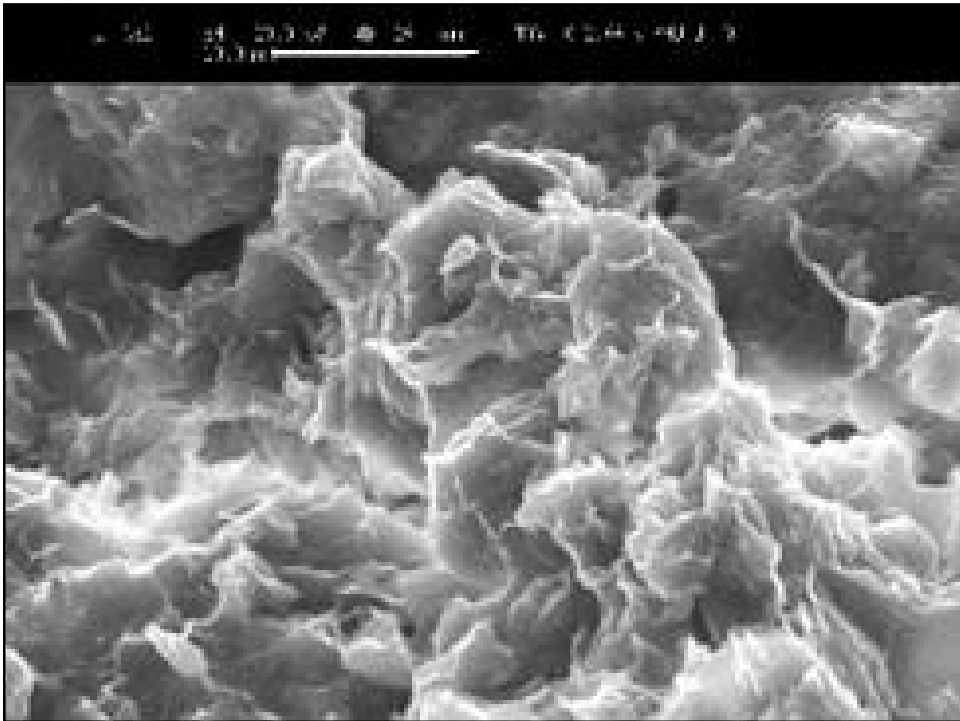
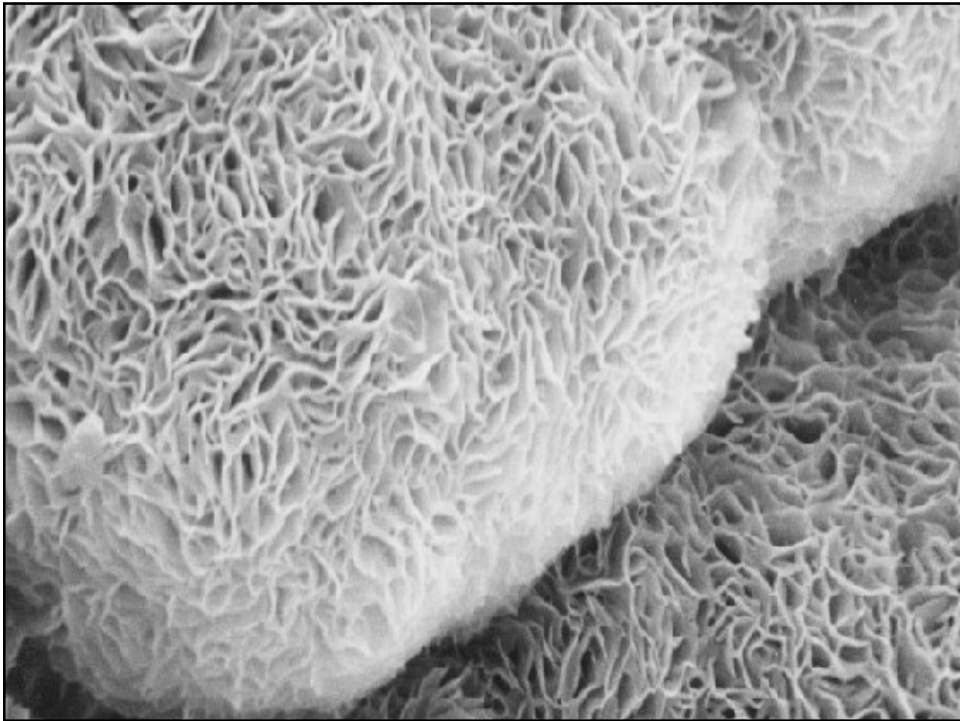
Tabakalar arasına giren su ile kolayca ayrılabilir



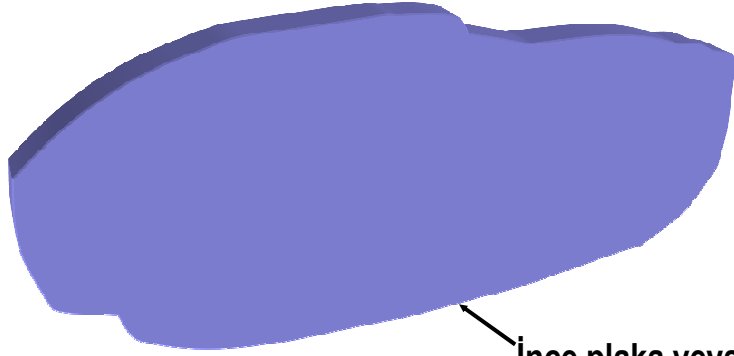


Killerin dane şekli

- Kil daneleri levha (plaka) şeklindedir.
- Gözle ayırt edilemezler
- Ancak özel mikroskoplar yardımıyla dane şekilleri görülebilir.



Bir kil danesi (partikül)

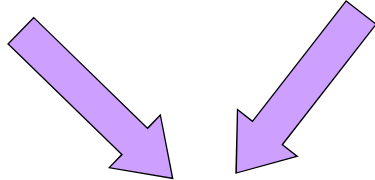


İnce plaka veya levha
şeklindedir

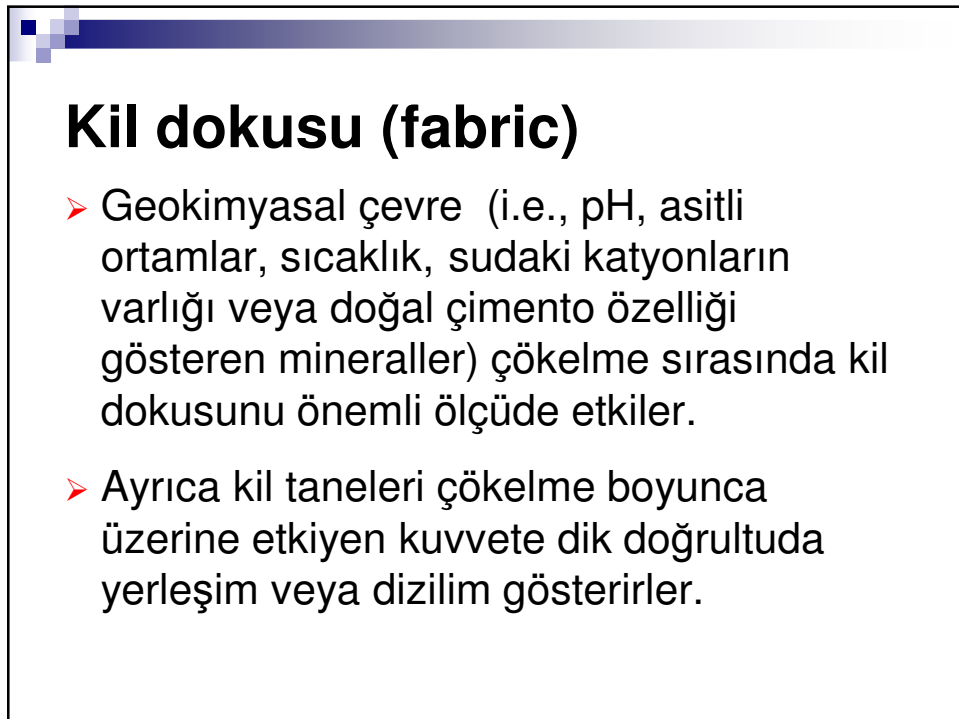
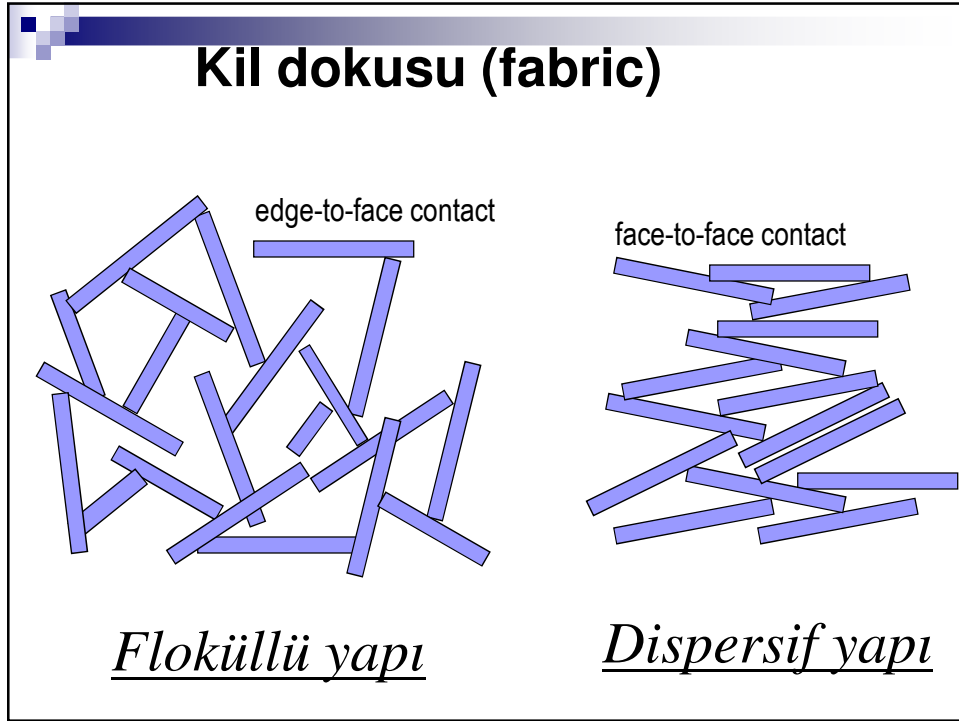
Killerde yapı (structure)

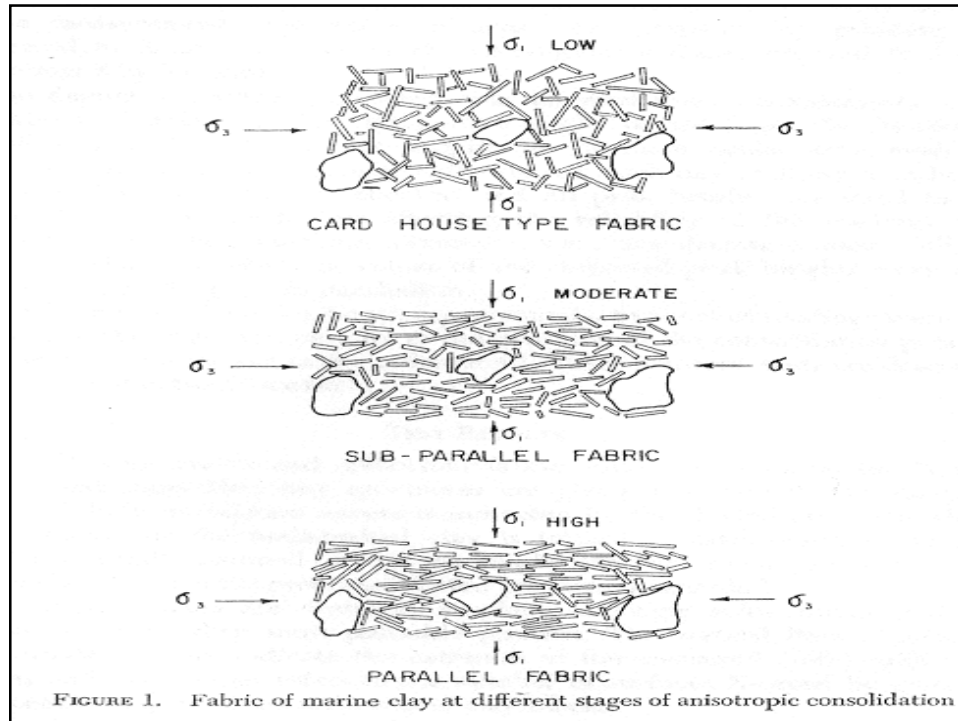
Danelerin dizilimi
ve temas şekilleri
(Doku)

Çökeltme sırasında
Geo-kimyasal olaylarla
oluşan bağ kuvvetleri
(diyajenez)



Yapı





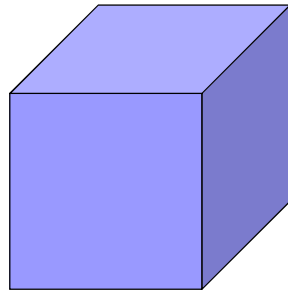
Killerde yapı

- Kendine has dokusu nedeniyle kil daneleri büyük miktarlarda su tutar.
- Geo-kimyasal olaylar ve diyajenez: Depolanma ve çökeltme sırasında boşluklarda bulunan yer altı suyu içerisindeki doğal çimento özelliği gösteren mineraller nedeniyle meydana gelen geo kimyasal olaylar killere ilave bir dayanım kazanır.

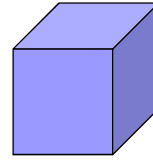
Özgül yüzey

- Birim kütleyle gelen yüzey alana denir (mm^2/gr)
- Tane boyutu küçüldükçe özgül yüzey artar.
- Dolayısıyla su tutma özelliği veya su içeriği artar.

Örneğin yoğunluğu 2.7 gr/cm^3 olan bir zemin



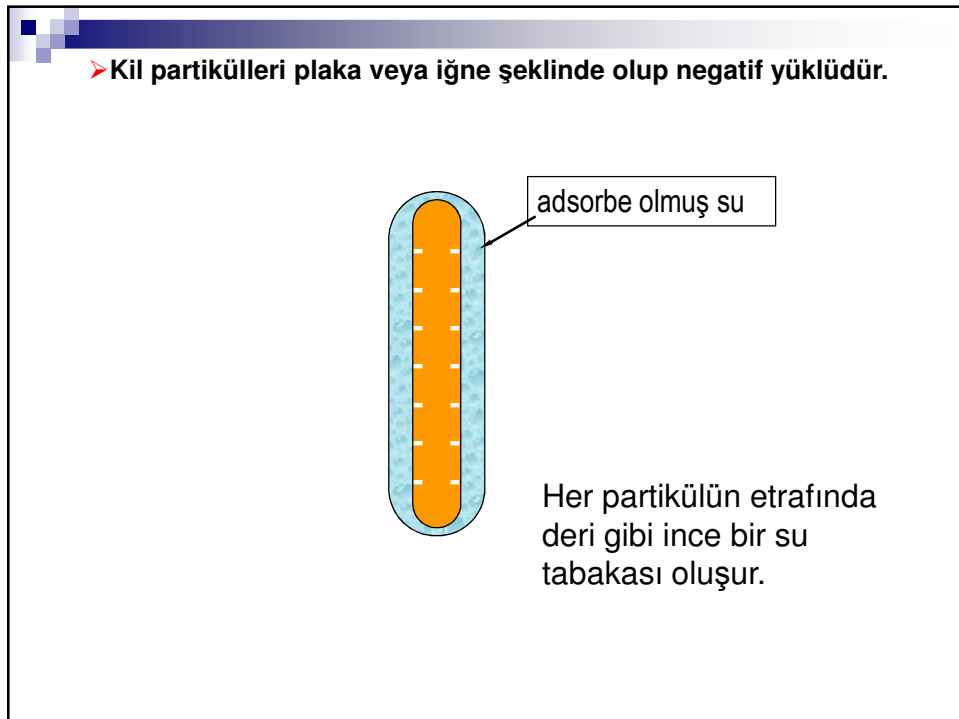
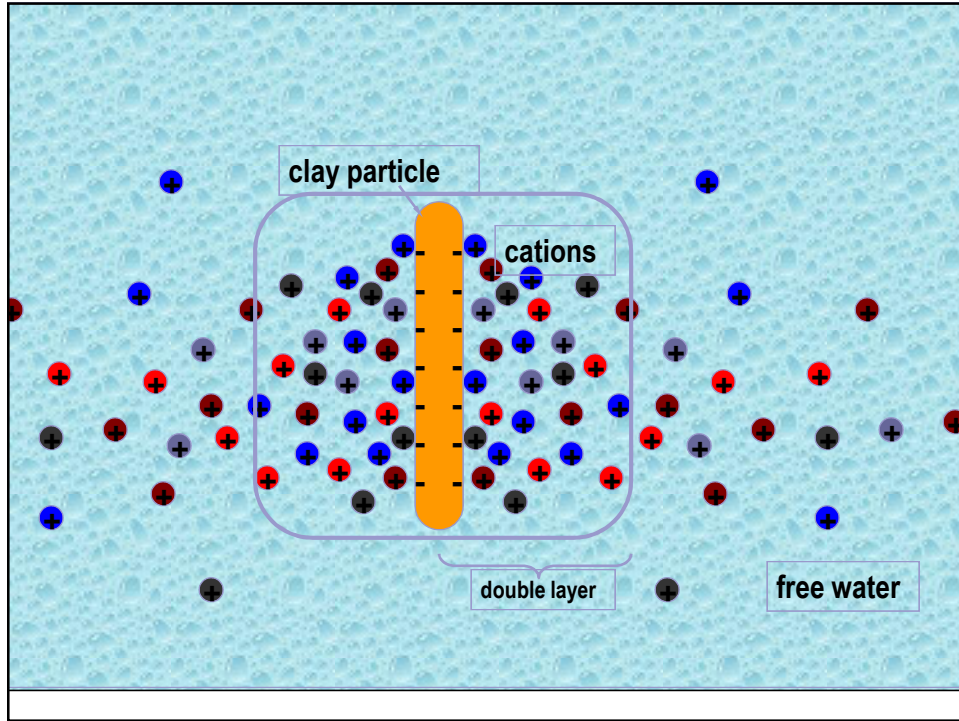
dane boyutu = 10 mm küp



1 mm küp

Özgül yüzey = $222.2 \text{ mm}^2/\text{g}$

Özgül yüzey = $2222.2 \text{ mm}^2/\text{g}$



Kil mineralleri çeşitleri

- Yapısal birimlerin (tetrahedral and octahedral tabakaları) farklı sayıda ve kombinasyonda bir araya gelmesiyle farklı kil mineralleri oluşur.

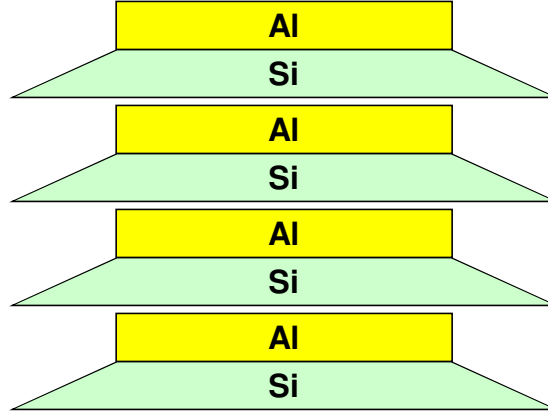
■ Kil mineralleri 3 ana gruba ayrılır;

- Kaolonit
- Montmorillonit
- İllit

Kaolonit (1:1)

(1 tetragonal + 1 octedral tabakası)

Tabakalar arasındaki bağlar kuvvetlidir ayırmak zordur.

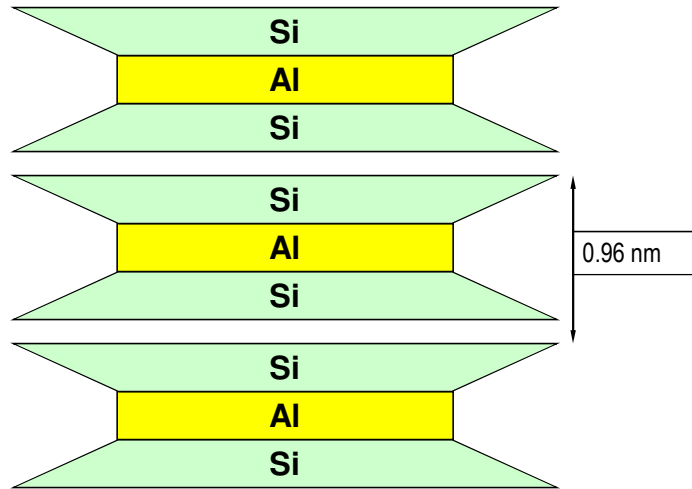


Montmorillonit (smektit grubu) (2:1)

Tabakalar arasındaki bağlar zayıf van der waals bağlarıdır

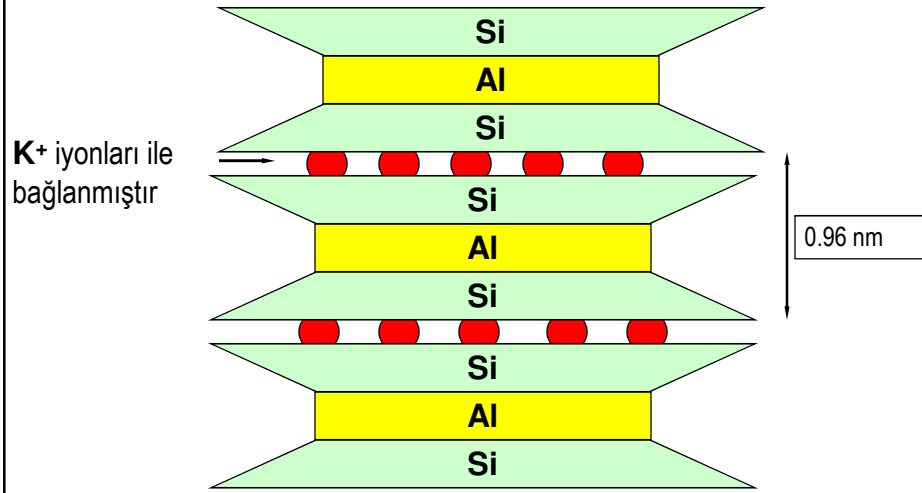
(2 tetragonal + 1 octedral tabakası)

Tabakalar arasına giren su ile kolayca ayrılabilir



İllit (Mika grubu) (2:1)

(2 tetragonal + 1 octedral tabakası)



Kil Minerali	Özgül yüzey (m ² /g)
Kaolinit	10-20
Illite	80-100
Montmorillonite	800

- Smektit (2:1) grubu killeri kuruma ve ıslanma sonucu %30 oranında hacim değiştirebilir.
- Bu tür killere expansive (şişebilen) killeri denir.

Kaolinit

- Magmatik kayalarda bulunan feldispatların ayrışması sonucunda meydana gelir.
- Tabakalar arasındaki bağ kuvvetleri güçlüdür. Tabakalar arasında su iyonları giremez.
- Bu nedenle kaolinitler su ile karıştırıldıklarında stabilitelerini kaybetmezler. Seramik sanayinde kullanılmasının sebebi de budur.
- Beyaz renkli olması gerektiği halde bazen yabancı maddelerle boyanabilir.
- Plastik özellik gösterirler. Asitlerde erimezler, optik ve X ışınları ile ayırt edilebilirler.
- Kaolinit önemli bir endüstriyel hammaddedir. Tuğla, boru, çanak, çömlek yapımında, seramik sanayinde, kağıt, kauçuk sanayinde kullanılırlar.

Montmorillonit (1)

- Esas olarak smektit grubu içerisinde yer alır.
- Tabakalar arası bağ kuvvetleri Van der Waals ve kationlarla sağlandığı için çok zayıftır.
- Su, bu tabakalar arasına girerek bunların ayrılmasına sebep olur.
- Montmorillonit 20 katına kadar suyu tabakaları arasına alabilmektedir.
- Bu grupta yer alan **Bentonit** %500'e kadar su alabilmektedir.
- Bu nedenle bentonitler yüksek oranda su alarak yüksek hacimsel değişiklikler gösterdiğinden zeminlerin suya geçirimsiz hale getirilmesinde kullanılmaktadır.

Montmorillonit (2)

- Bu gruptaki killer su alarak şişer ve hacmini artırır.
- Montmorillonitin esas mineralini oluşturan bentonit, volkan küllerin ayrışmaya uğramasıyla oluşur.
- Bentonit sondaj çamuru olarak kullanılır (kuyu çökmelerini engeller), baraj gibi bazı yapılarda sızdırmazlık malzemesi olarak da kullanılır.
- Esas problemleri olduğu yerler tüneller, yol gibi yapılarda bu tür kil ile karşılaşılması önemli sorunlar çıkarır.

İllit

- Mikaya benzer bir kil mineralidir.
- Yapısı montmorillonit ile aynı olmakla beraber yapı blokları arasına giren potasyum iyonları bağıın bir miktar kuvvet kazanmasını sağladığından su moleküllerinin araya girmesi bir ölçüde önlenmiş olur.
- Bu mineral su ile karşılaştığında Montmorillonit gibi şişme yerine genişleme gösterir.
- Şeyllerin ayrışması ile oluşur.

Sonuç

- Çeşitli endüstride ve mühendislik işlerinde kullanılan killer yeryüzünde büyük alanlar kaplarlar.
- Killer sadece mühendis ve jeologların ilgilendiği bir ortam değil aynı zamanda tarım, ormancılık, seramik endüstrisinde de önemli bir malzemedir.



- Geoteknik mühendisliği açısından kil, bir çok mühendislik işlerinde aranan bir malzeme iken genellikle temel ortamlarında varlığı önemli mühendislik sorunlarına neden olan bir kayaç türüdür.

- Kil mineralleri bir zemin kütlesi içerisinde az miktarda dahi olsa kil minerallerinin varlığı o kütlenin müh. davranışını önemli ölçüde etkiler.
- Kil miktarı arttıkça zeminin davranışı kil mineralleri tarafından kontrol edilir.
- Kil içeriği %50 veya daha fazla olduğu zaman kum ve silt taneleri aslında bir hamur içinde yüzen taneler gibidir ve müh. davranışı üzerindeki etkileri çok azdır.

- Yerinde oluşan killer (rezidüel) tropik iklim şartlarında magmatik kayaların ayrışması ürünüdür.
- Ilıman iklimlerde rezidüel killer daha çok kil kökenli kayaların ayrışması ile meydana gelir.
- Genç vadi yamaçlarındaki sağlam kayaların ayrışması sert killeri oluşturmaktadır. Ancak su ile temas olduğunda hızla yumuşama olmakta ve heyelanlar olmaktadır.

- Dane boyutu 2 mikron veya daha küçüktür. Bu nedenle gözle veya mikroskopla tayinleri hemen hemen mümkün değildir.

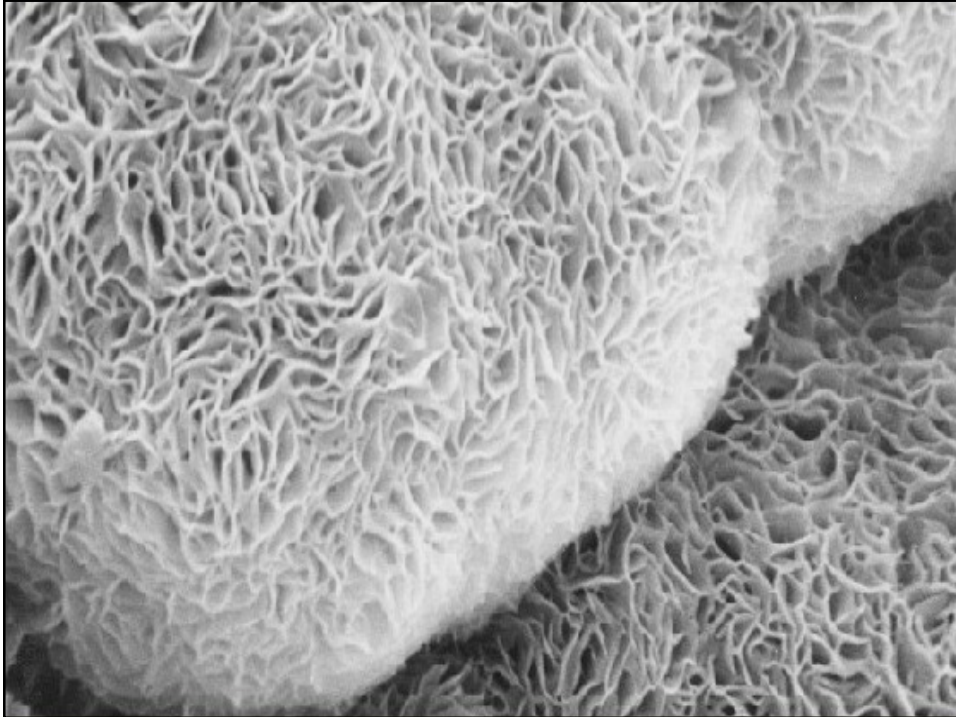


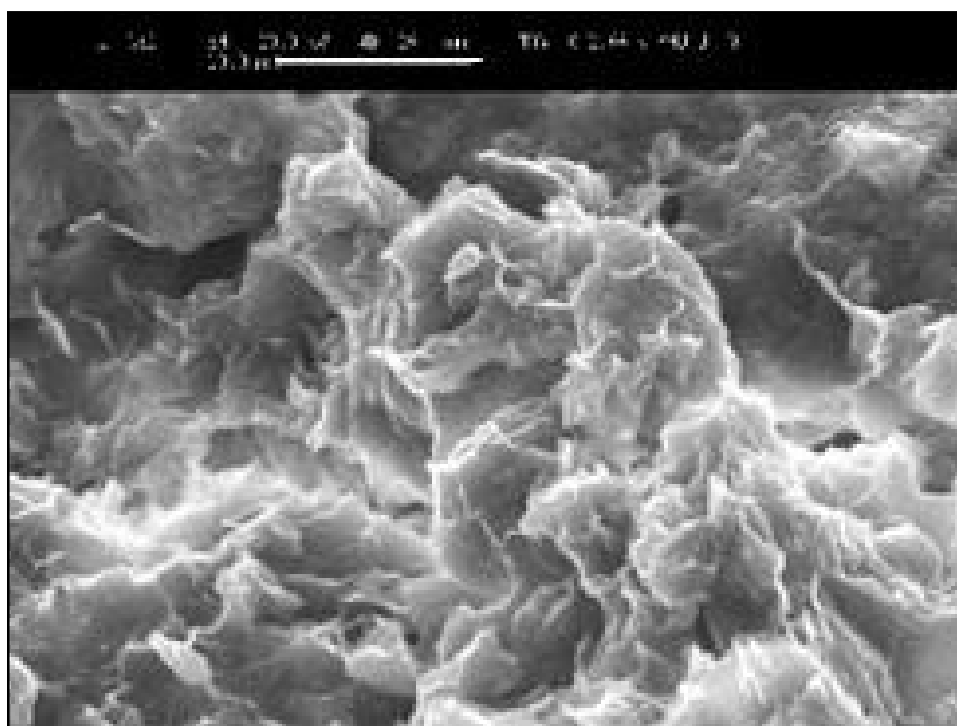
- Bunun için killer yeni yeni metotlarla araştırılmakta, 100 binlerce defa büyüten elektron mikroskopuyla incelenmekte, türleri kesin olarak tayin edilmektedir.

- Killerin, aynı boyuttaki başka minerallerden farklı kılan en önemli özelliği su ile karıştırıldığında gösterdiği davranış biçimidir.
- Su ile karıştırıldığında çamurlaşır ve hamur gibi şekil verebilecek kıvamda plastisiteye sahiptir. Kurduğunda ise bir kaya gibi sağlam gözükebilir.

Killerin inşaat mühendisliği açısından en önemli özellikleri şunlardır:

- Plastik davranış
- Su emme
- Büzülme
- Şişme
- Bağlama kuvveti
- Kayma direnci
- Konsolidasyon (zamana bağlı davranış)
- Permeabilite (su geçirgenlik özelliği)
- Krip





Killerin kullanıldığı yerler

Killer geçmişten günümüze kadar çeşitli işlerde kullanılır. Fakat bugün killerin kullanıldığı yerler daha da genişlemiştir. Bunlar:

- Seramik endüstrisinde: Kaolinler fayans veya porselen hamurunun esasını teşkil eder. Bu endüstride kullanılan kil minerallerin su emme, pişme rengi, pişme küçülmesi, basınç mukavemeti vb özellikleri araştırılır.
- Kağıt endüstrisinde: Özellikle kaolinit tipindeki kil mineralleri boşluk doldurucu, parlak satıh yapıcı olarak kullanılır. Bunlar mürekkebin emilmesine ve çabuk kurumasına etki yapar.
- Petrol endüstrisinde:
- Ziraat işlerinde: Toprağı ıslah etmede

- **İnşaat işlerinde:** Yapı malzemesi olarak, kerpiç, tuğla, kiremit, fayans, seramik yapımına, kara yollarında, toprak baraj çekirdeklerinde ve drenaj kanallarında kullanılmaktadır.
- **Kil mineralin asıl önemli olduğu yer yapı temelini oturacağı yerde olmasıdır.** İnşaat mühendisi için önemli olan kil tabakası üzerine inşaat yapacağı zaman oluşacak deformasyonlar ve yapının alacağı şekildir.
- Bu nedenle kil zeminler her zaman inşaat mühendisi için önemli bir sorundur ve karşısına çıktığı zaman detaylı bir şekil araştırma yapması gerekir.