

HİD 350 Hidrojeokimya Ders Notları, Prof.Dr. C. Serdar BAYARI

Silikatlı Minerallerin Çözünmesi Bozunması



En yaşlı kaya, 4.3 milyar yıl.

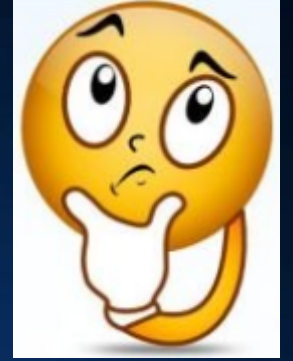
Kaynak Kitap:
Geochemistry, Groundwater
And Pollution
Second Edition,
C.A.J. Appelo & D. Postma



Bazalttan oluşmuş bir volkanik boyun.

http://en.wikibooks.org/wiki/High_School_Earth_Science/Weathering

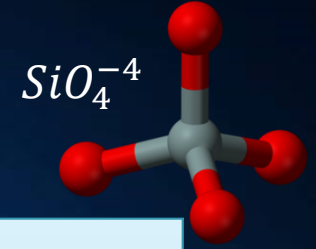
Konu İçeriđi



- Silikat, Silikatlı mineral nedir?
- Silikatlı minerallerin çökelme ve bozunma sırası nasıldır?
- Silikatlı minerallerin bozunmasının temel özellikleri nelerdir?
- Kil nedir, kil mineralleri nasıl oluşur?
- Kil minerallerinin oluşumu ve iklim ilişkisi nasıldır?
- Silikatlı kayalardan toprak oluşumu nasıldır?
- Sığ ve derin yeraltısuyu dolaşımına ait hidrojeokimyasal fasiyesler nelerdir?
- Asit yağmuru nasıl oluşur?
- Asit yağmurunun olumsuz etkilerinin giderilmesinde silikatlı mineraller nasıl kullanılır?

Silikatlı Mineraller

Soru: Silikat, Silikatlı mineral nedir?



Silikatlı (Silis, S ve Oksijen, O) Mineraller

Ana Grup	Formül	Örnek
Nesosilikatlar	$[SiO_4]^{4-}$	olivin
Sorosilikatlar	$[Si_2O_7]^{6-}$	epidot, melilit grubu
Siyklosilikatlar	$[Si_nO_{3n}]^{2n-}$	turmalin grubu
Inosilikatlar	$[Si_nO_{3n}]^{2n-}$	piroksen grubu
Inosilikatlar	$[Si_{4n}O_{11n}]^{6n-}$	amfibol grubu
Fiylosilikatlar	$[Si_{2n}O_{5n}]^{2n-}$	mikalar ve killer
Tektosilikatlar	$[Al_xSi_yO_{(2x+2y)}]^{x-}$	kuvars, feldspatlar, zeolitler



Silikatlı Mineraller Genel formül $[\text{SiO}^{(4-2x)-}_{4-x}]_n$

Silikatlı Minerallerde silikatı bir duvardaki tuğlaları birbirine bağlayan harç gibi düşünebilirsiniz. Çeşitli katyonlar ise tuğlaları temsil etmektedir. Yaygın olarak bilinen silikat minerali kuvarsın (silis) formülü SiO_2 'dir.

Plajiyoklas serisi silikatlı mineraller

sodyumca zengin

Albit ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) ile

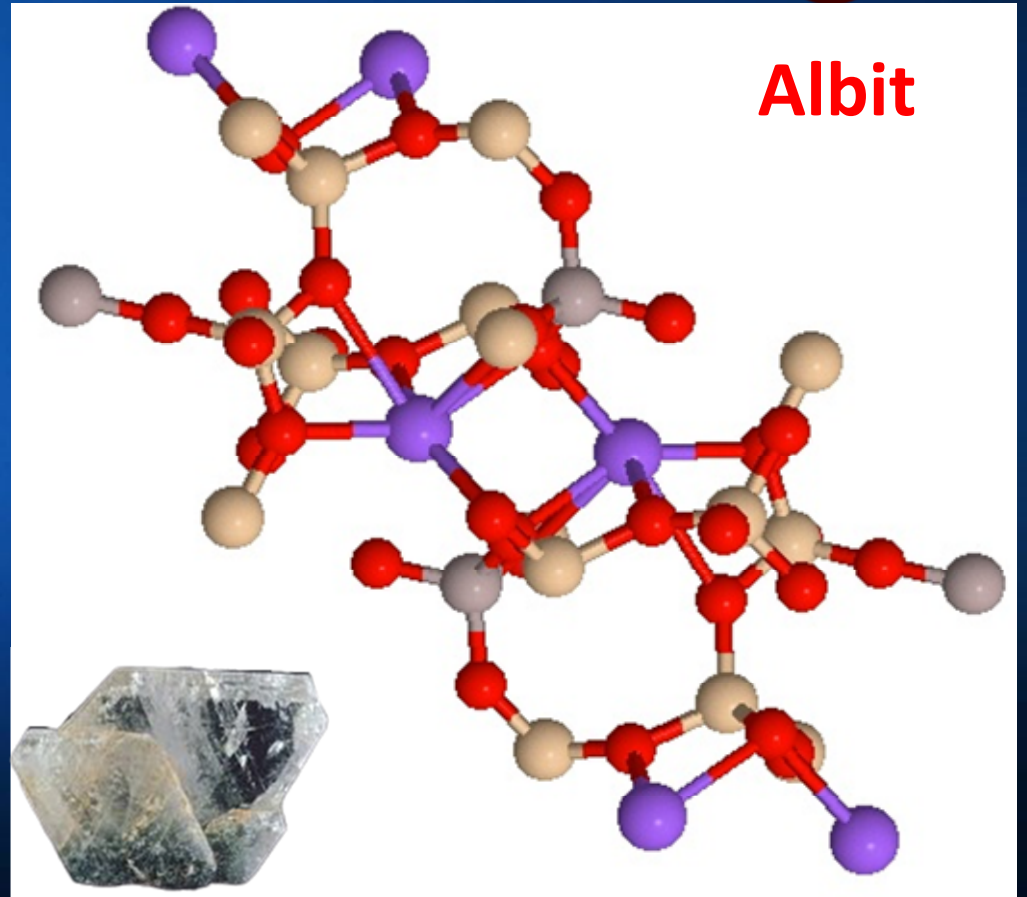
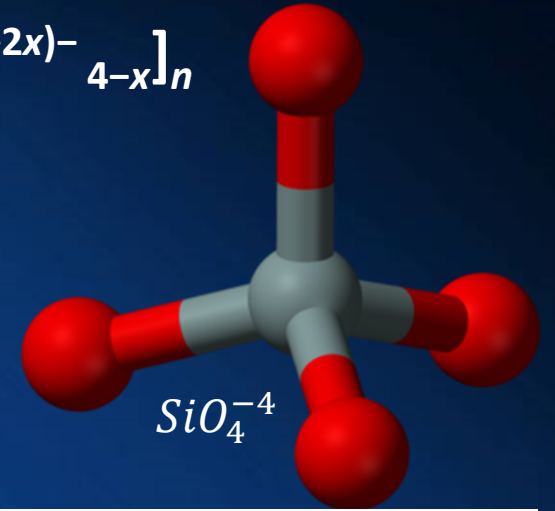
kalsiyumca zengin

Anortit ($\text{CaAlO}_2\text{SiO}_2\text{O}_8$)

arasında değişik silikat

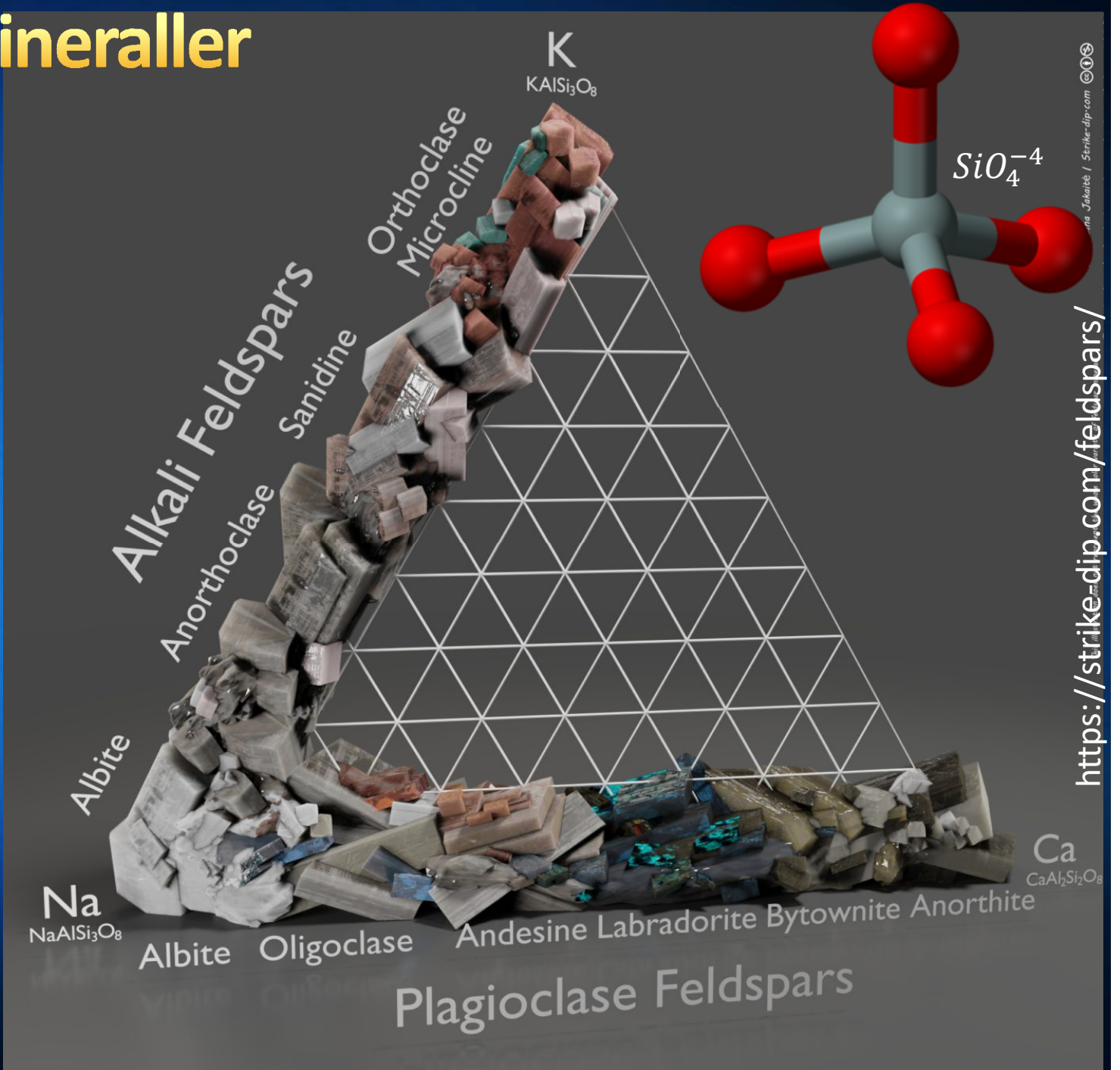
$[\text{SiO}^{(4-2x)-}_{4-x}]_n$

formüllerine sahip bir dizi mineralden oluşur.



Silikatlı Mineraller

Silikatlı minerallerin Na-K-Ca bolluk üçgenindeki konumları.



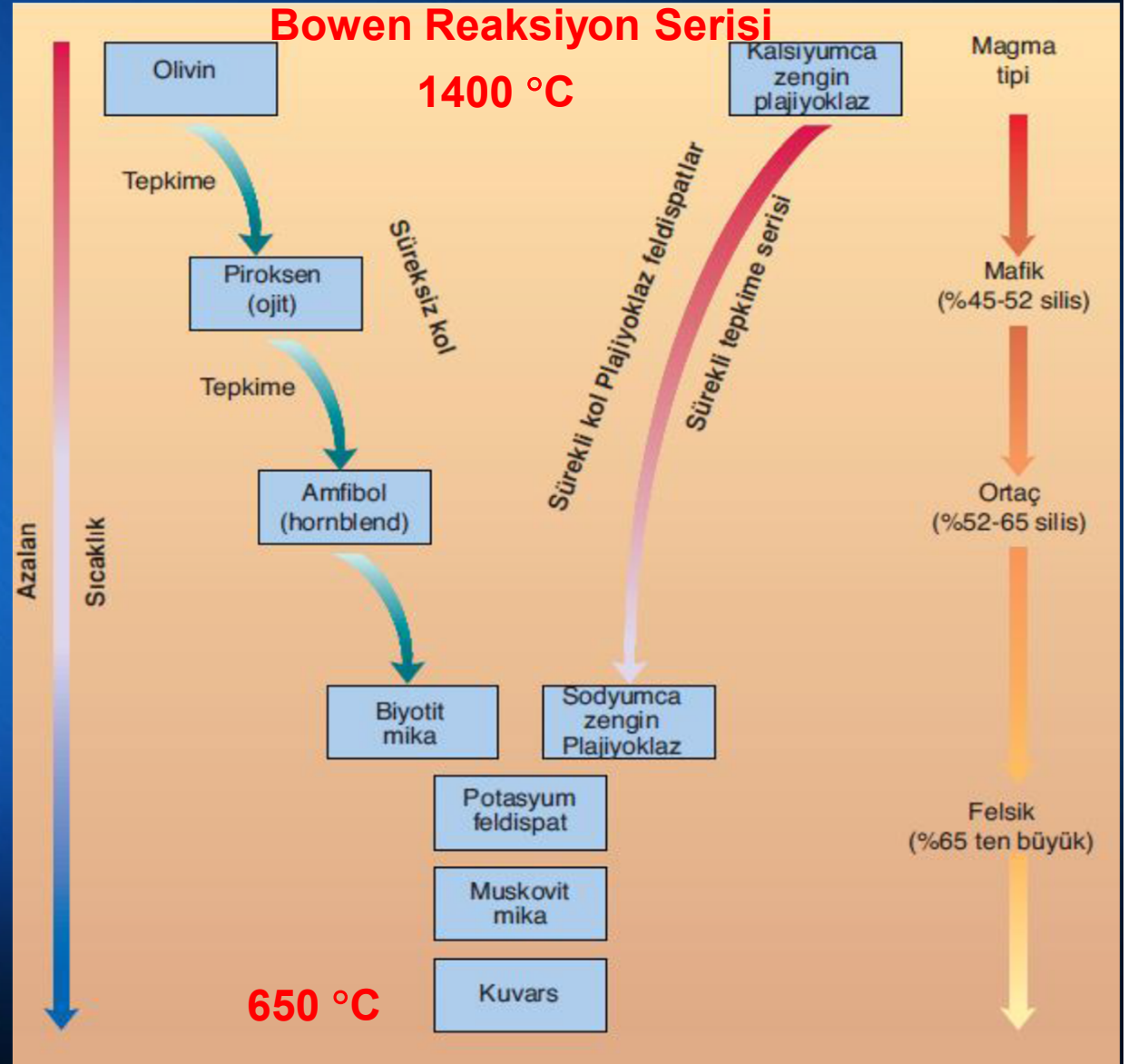
Silikatlı mineraller magmadan itibaren sıralı çökelimle oluşurlar

Soru: Silikatlı minerallerin çökelme ve bozunma sırası nasıldır?

Şekilde silikat yapıtaşı içeren minerallerin magmadan itibaren çökelim sırası gösterilmiştir.

Önce koyu renkli mineraller 1400 °C'den itibaren kristalleşmeye başlar.

En son Kuvars 650 °C'de kristalleşir.



Silikatlı minerallerin çözünmesi bozunması

Silikatlı mineraller kademeli olarak çözünürler. Buna bozunma diyoruz. Silikatlı minerallerin temel yapıtaşı olarak adlandırabileceğimiz kuvars ise doğrudan çözünebilir.

Silikatlı minerallerde bozunma sırası (ya da hızı, bozunabilirliği) çökeltim sırasının tersidir. Öncelikle ve en hızlı biçimde ilk olarak çökelen koyu renkli (mafik) silikatlı mineraller bozunmaya başlar. Çözünmesi en uzun zaman alan mineral Kuvars'tır.

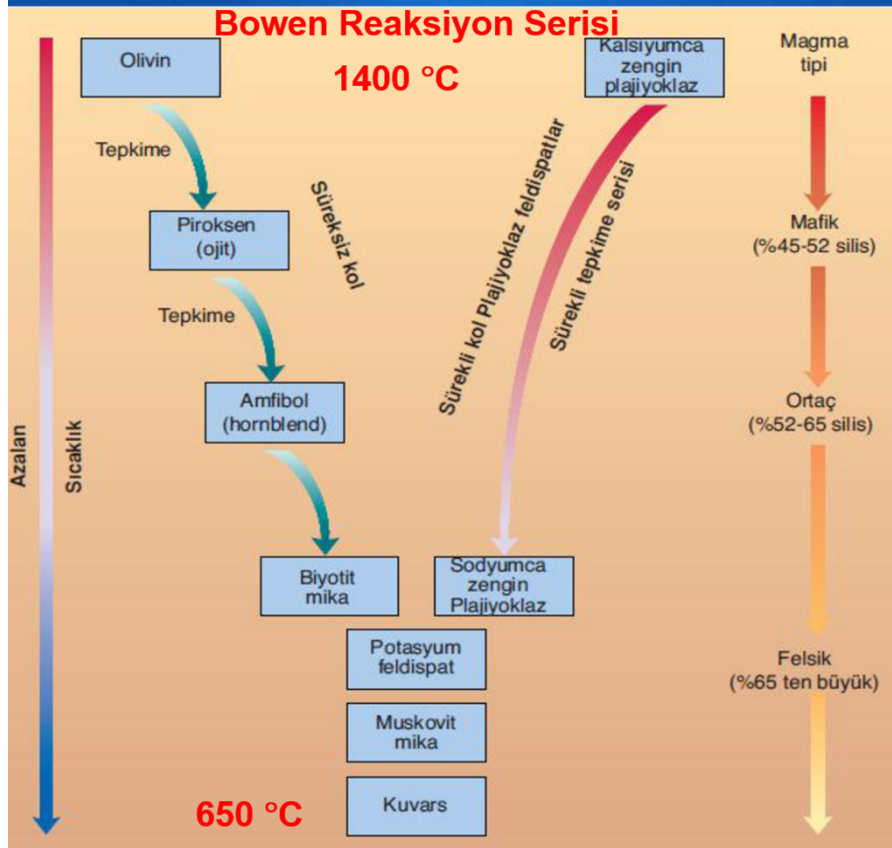
Laboratuvar deneylerine göre 25°C ve pH 5 koşullarında mineral yüzeyindeki 1 mm'lik çözünme için geçmesi gereken süre.

(Lasaga, 1984).

Mineral

Süre

Quartz	34,000,000
Muscovite	2,700,000
Forsterite	600,000
K-feldspar	520,000
Albite	80,000
Enstatite	8,800
Diopside	6,800
Nepheline	211
Anorthite	112



Silikatlı mineraller bozunarak kil minerallerine dönüşür

Soru: Kil nedir, kil mineralleri nasıl oluşur?

Mühendislik Jeolojisi'nde ve Jeokimyada kullanılan “kil” tanımları farklıdır.

İlki için kil 2 mikrondan küçük tane boyu iken, jeokimyada kil kendine özgü kimyasal bileşimi olan bir mineral grubunun adıdır.

Kil mineralleri silikatlı minerallerin bozunmasının (çözünmesinin değil) ürünleridir.

Silikatlı mineraller bir seferde tamamen çözünmezler, adım adım çözünürler. Adım adım çözünme (İng. dissolution) bozunmaya (İng. weathering) neden olur.

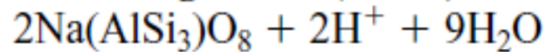
Silikatlı minerallerin kil minerallerine dönüşümü

Aşağıda çeşitli silikatlı minerallerin bir kil minerali olan Kaolinit'e " $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ " bozunması gösterilmiştir.

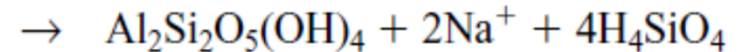
Reaksiyonların ortak özelliği, su (H_2O) kullanmaları ve çözeltiden hidrojen iyonu (H^+ , proton olarak da anılır) çekmeleridir. Silikatlı minerallerden (özellikle mafikler) yapılma kayalardan boşalan kaynak sularında pH bu yüzden oldukça yüksektir (pH= 9-10). Bu reaksiyonların çoğu suya çeşitli katyonlar ve silisik asit (H_4SiO_4 , zayıf bir asittir) girmesine neden olur.

Çeşitli silikatlı minerallerin kil minerali Kaolinit'e dönüşümü.

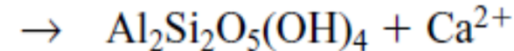
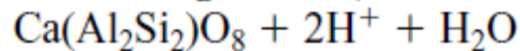
Sodic Plagioclase (Albite)



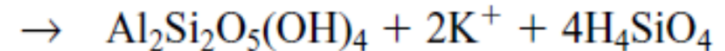
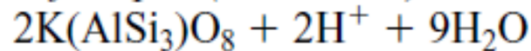
Kaolinite



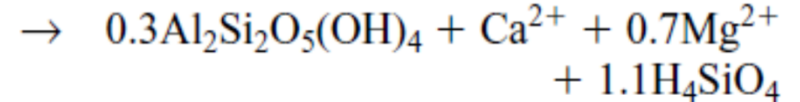
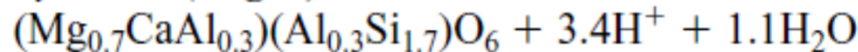
Calcic Plagioclase (Anorthite)



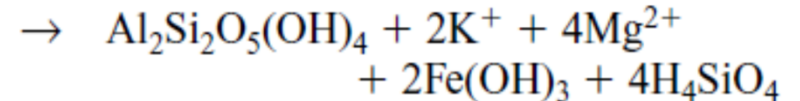
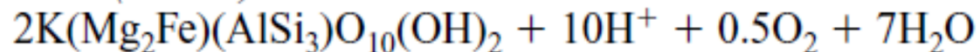
K-feldspar (Microcline)



Pyroxene (Augite)

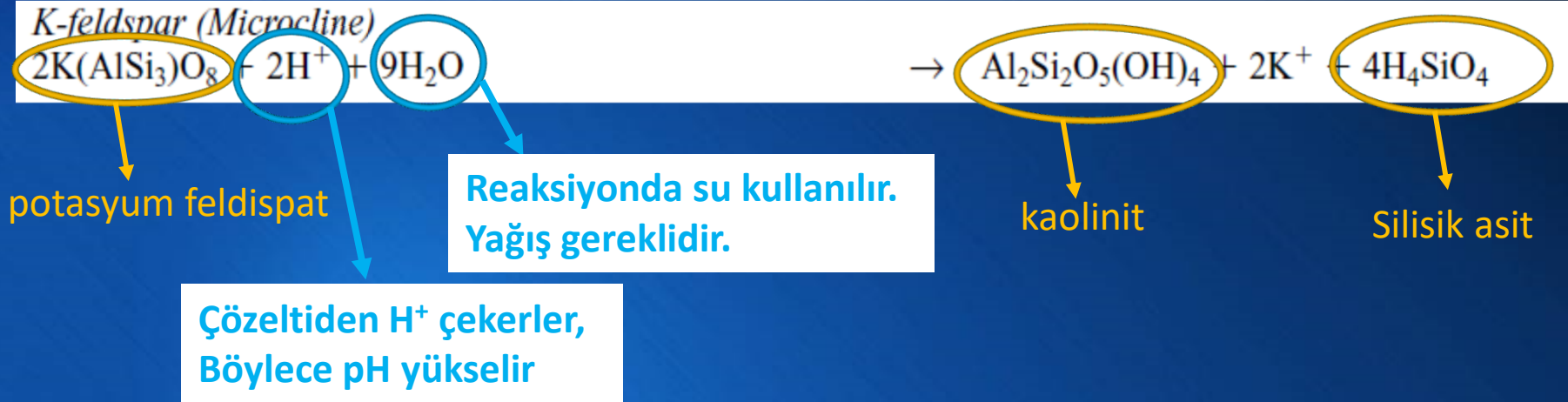


Mica (Biotite)



Silikatlı minerallerin bozunması, kil mineraline dönüşümü

Soru: Silikatlı minerallerin bozunmasının temel özellikleri nelerdir?



ÖZET: Silikatlı Mineral Bozunma Reaksiyonlarının Başlıca Özellikleri:

- Reaksiyon tersinir değildir. (reaksiyon yalnızca sağa doğru ilerler)
- Silikatlı mineraller adım adım çözünürler (Kısmi çözünme. İng. Incongruent dissolution)
- Bozunma reaksiyonları sonucunda kil mineralleri oluşur.
- Ortamda suyun bolluğu oluşacak kil mineralinin türünü belirler.
- Kısmi çözünme sonucu ortamdan H^+ çekildikçe yeraltısuyunda pH 9-10 aralığına yükselir.

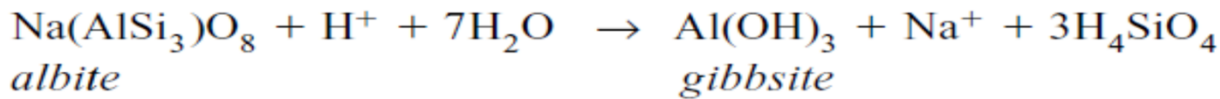
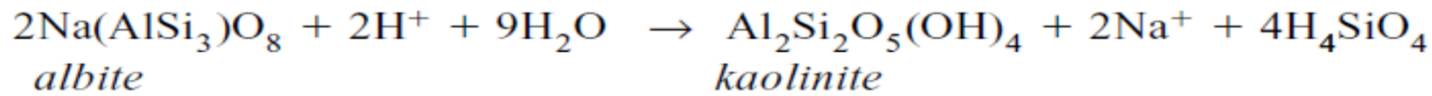
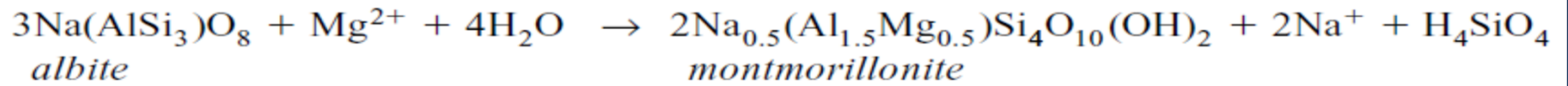
Silikatlı minerallerin kademeli çözünmesi (yani bozunması) tersinmez bir reaksiyondur. Yeryüzeyindeki koşullarda, reaksiyonun ürünlerini kullanarak yeniden silikatlı mineral oluşturulamaz. Buna karşın kalsit gibi bir mineral yeryüzü koşullarında çökebilir, çözünebilir ve yeniden çökebilir (tersinir reaksiyon). Silikatlı mineraller magma koşullarında oluşurlar.

Kil minerallerinin oluşumu ve iklim

Soru: Kil minerallerinin oluşumu ve iklim ilişkisi nasıldır?

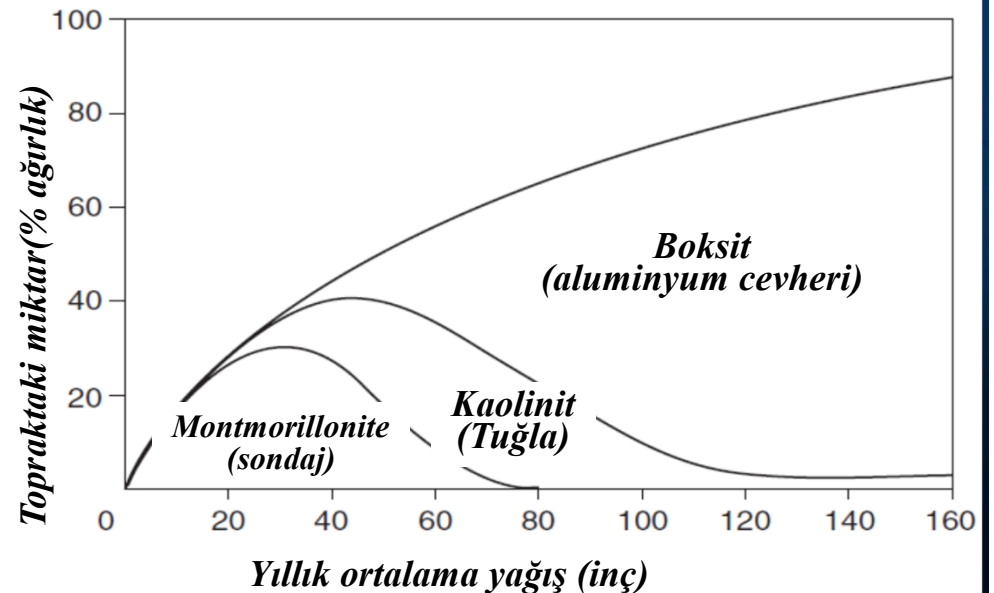
Albit'in farklı kil minerallerine bozunmasının sebebi nedir?

Albitin bozunması sonucu neden bazı durumlarda montmorillonit, bazı durumlarda kaolinit, bazen de gipsit oluşmaktadır?



Ortalama yıllık toplam yağış girdisi ile topraktaki kil minerali türlerinin bolluk dağılımı arasındaki ilişkiyi jeokimya ve hidroloji bilimleri açısından yorumlayınız ?

Yerbiliminin bir bütün olduğu unutulmamalıdır !!!



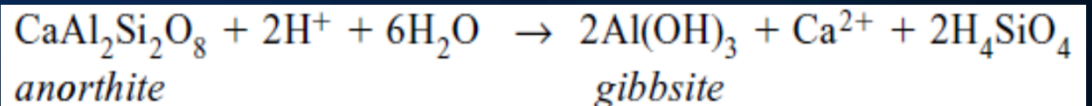
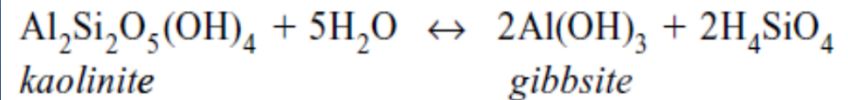
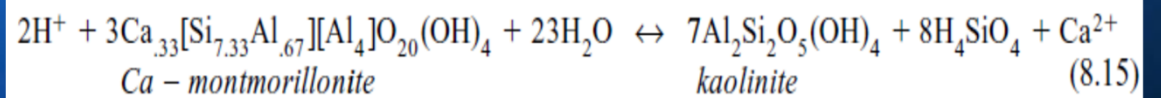
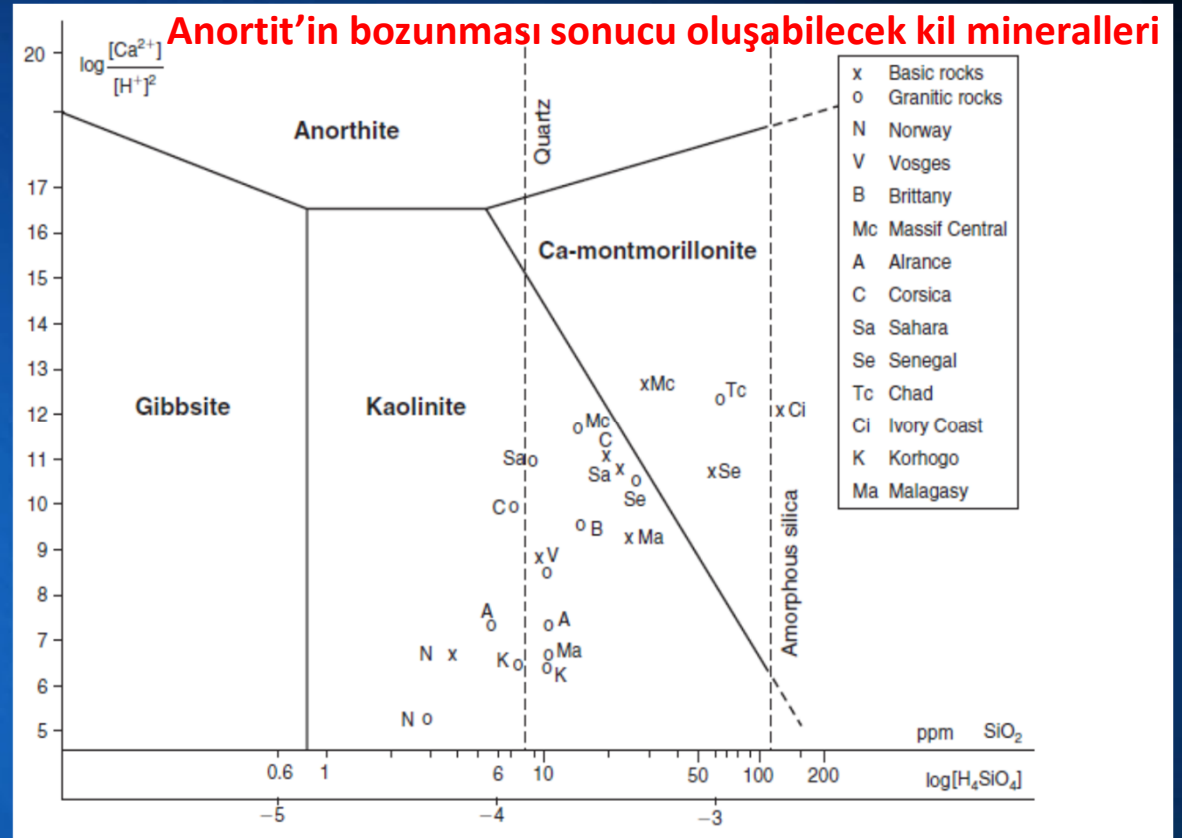
Kil Mineralleri Arası Dönüşümler (Eksik Çözünme)

Kil minerallerinin oluşumu “eksik çözünme”ye (İng. incongruent dissolution) tipik bir örnektir.

Eksik çözünmede başlangıçtaki katının bir bölümü yine katı olarak kalır.

Örneğin, Ca-montmorillonitin kısmi çözünmesi sonucunda Kaolinit, Kaolinit’in kısmi çözünmesi sonucunda Gibbsit oluşur.

Bununla birlikte, Gibbsit başka bir mineralin kısmi çözünmesi ile de oluşabilir.



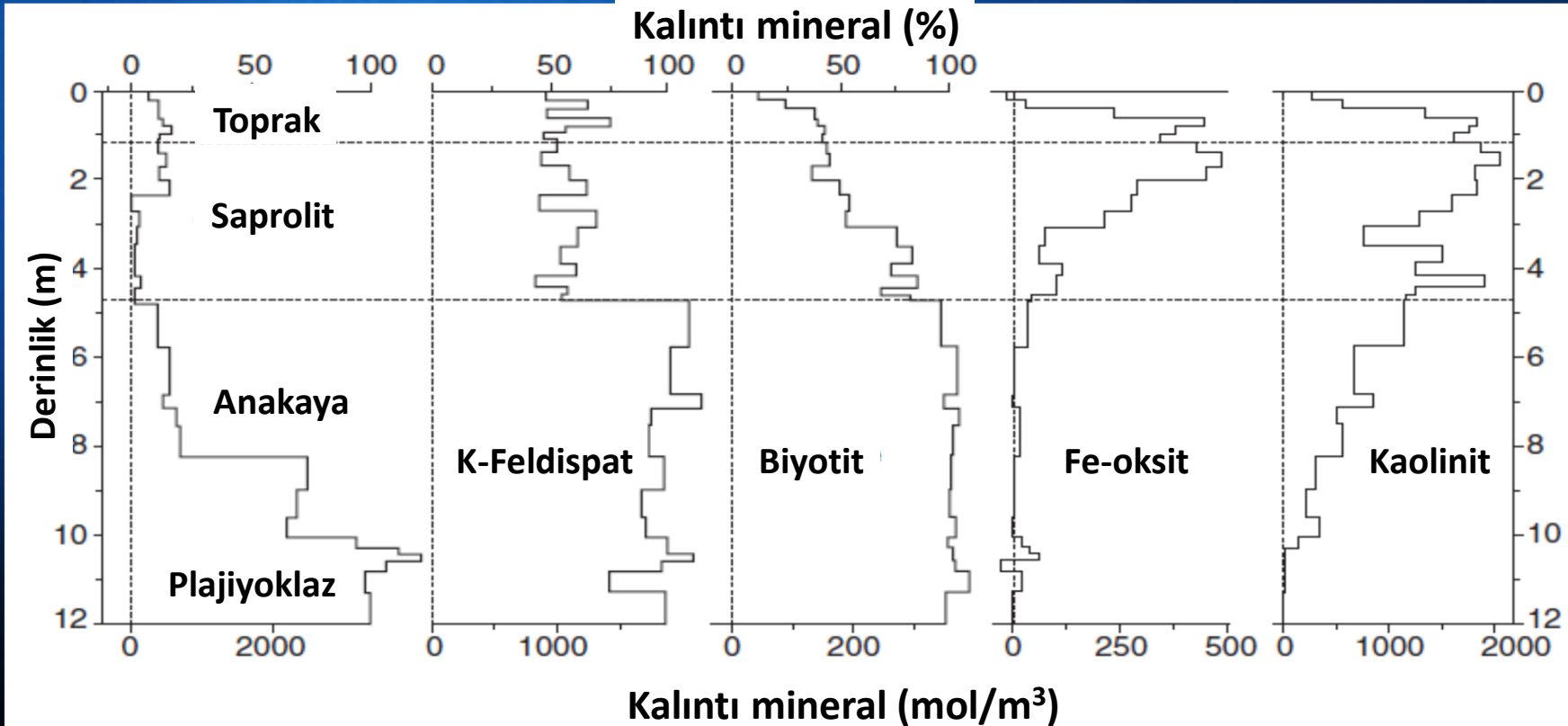
Silikatlı Minerallerden İtibaren Toprak Oluşumu

Soru: Silikatlı kayalardan toprak oluşumu nasıldır?

Toprak kayalardaki minerallerin bozunması ile oluşan çok değerli bir doğal malzemedir. Kabaca 1 cm'lik toprağın oluşumu için 200-400 yıl gerekir. Tarım yapılabilecek toprak miktarının oluşması için ise 3000 yıl gerekmektedir.

Aşağıda yağıştan süzülen su ile bozunan granodiyorit kayacından türeyen minerallerin derinlikle değişimi gösterilmiştir. Bu değişimi yorumlayınız.

(Saprolit ana kaya parçaları ile bundan türeyen toprağın karışımıdır.)



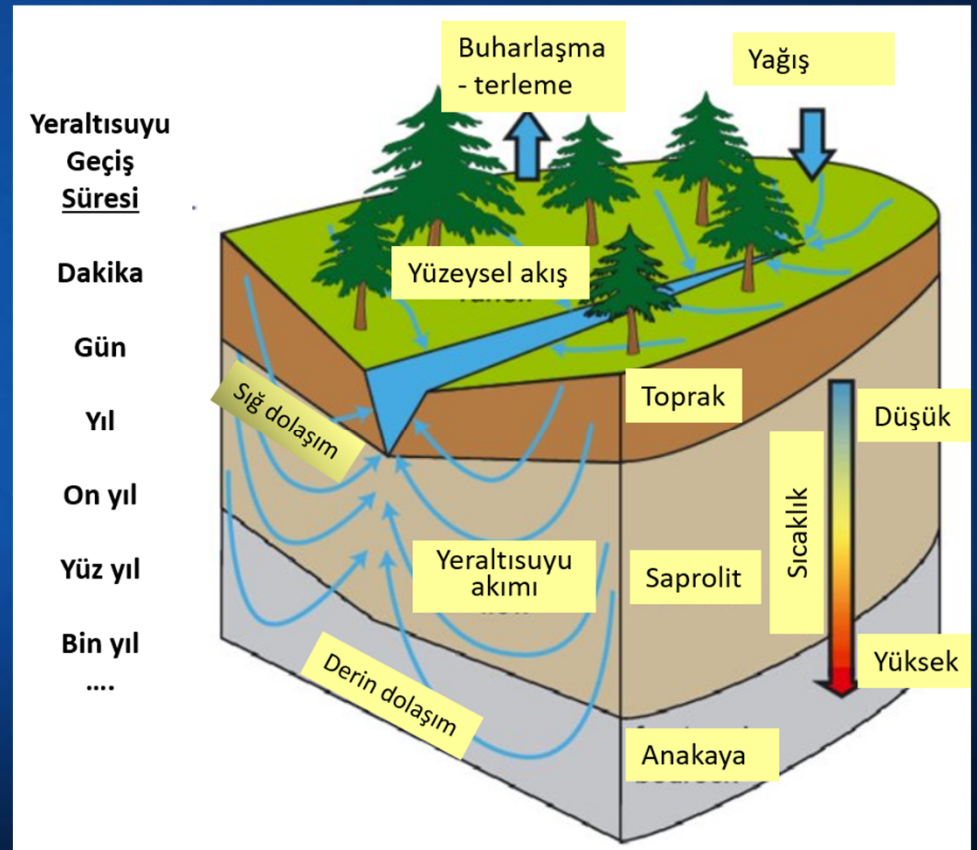
Yeraltısuyu Dolaşım Derinliği, Ca-CO_3 ve Na-Cl fasiyesleri

Soru: Sığ ve derin yeraltısuyu dolaşımına ait hidrojeokimyasal fasiyesler nelerdir?

Yüzeye yakın olan yeraltısuları kimyasal sedimanter kayaçlarla (örğ. Kireçtaşı) daha çok temas eder. Bu nedenle yüzeye yakın (**sığ dolaşım**) yeraltısularında hakim **hidrojeokimyasal fasiyes Ca-CO_3** 'tır. Bu sular içime uygun olduklarından **Tatlı Su** olarak da anılır. Bu sularda iyon bolluk sıralaması $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{K}$ ve $\text{HCO}_3 + \text{CO}_3 > \text{SO}_4 > \text{Cl}$ şeklindedir.

Derinlere indikçe yeraltısuyunun silikatlı kayaçlarla karşılaşma olasılığı artar.

Radioaktif elementlerin bozunmasından dolayı sıcaklık da derinlikle artmaktadır. Dolaşım derinliği arttıkça yeraltısuyunun yeraltında geçirdiği süre (**yeraltısuyu geçiş süresi**) artar. Bu durumun sonucu olarak **derin dolaşım**lı yeraltısuyunda iyon bolluğu $\text{Na} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg}$ ve $\text{Cl} > \text{SO}_4 > \text{HCO}_3 + \text{CO}_3$ şeklindedir. Yani derin dolaşımli yeraltısularında hakim hidrojeokimyasal fasiyes Na-Cl 'dür. Bu fasiyas **Tuzlusu fasiyesi** olarak da adlandırılır. Jeotermal sular çoğunlukla bu fasiyestedir.

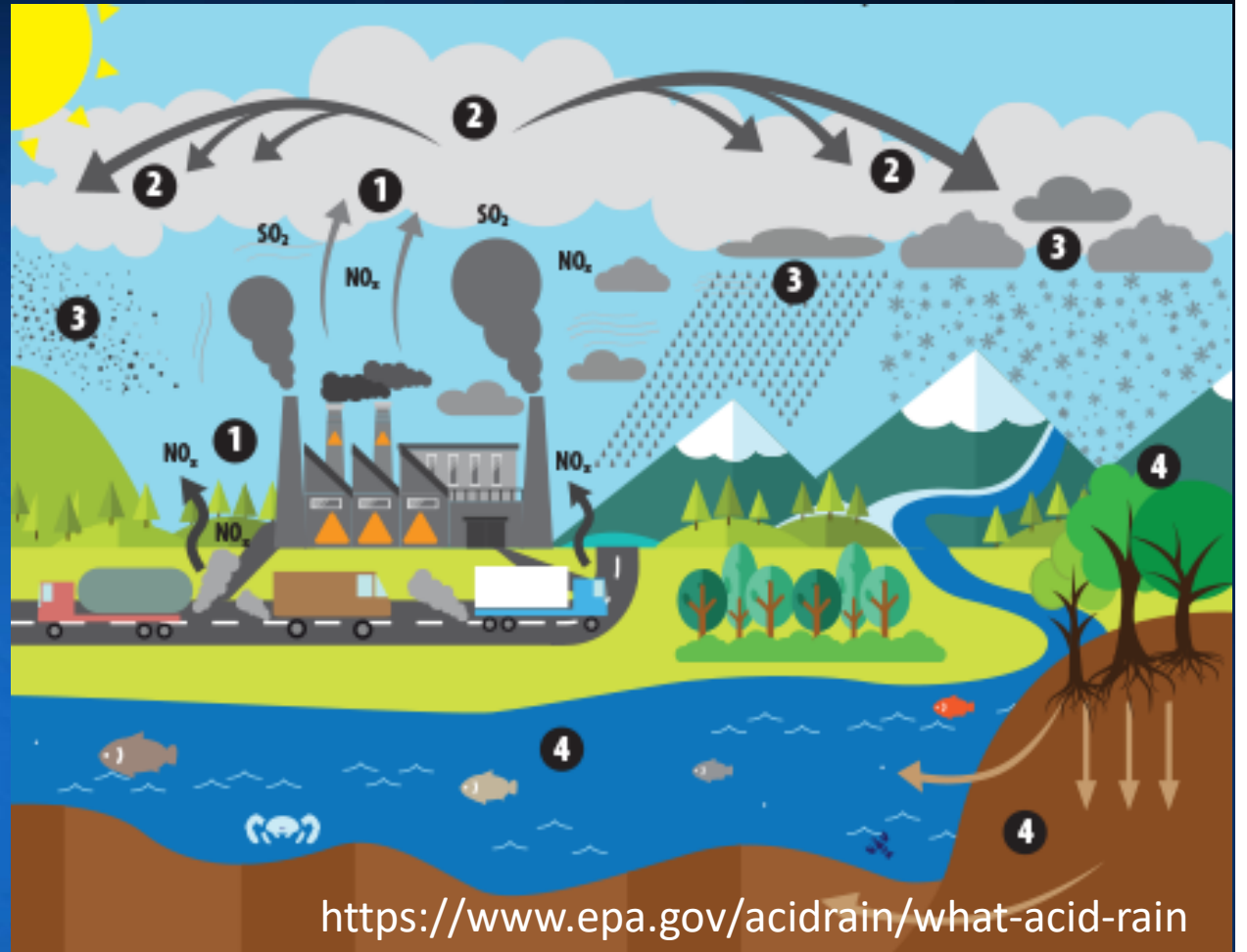


Riebe et al. 2016, Controls on deep critical zone architecture: a historical review and four testable hypotheses doi/10.1002/esp.4052

Asit Yağmuru

Soru: Asit yağmuru nasıl oluşur?

Asit yağmuru önemli bir çevre sorunudur. Sorun atmosfere yayılan antropojenik (insan kökenli) ve volkanik sülfür oksit (SO_x) ve azot oksit (NO_x) gazlarının suyla birleşmesi sonucu oluşan sülfirik asit (H_2SO_4) ve nitrik asitten (HNO_3) kaynaklanır.



Bu şekil asit yağmurunun oluşumunu ve hidrolojik çevrimde izlediği yolu göstermektedir:

- (1) SO_x ve NO_x emisyonları havaya salınır.
- (2) Bunlar uzun mesafelere taşınabilen asit parçacıklarına dönüşür.
- (3) Bu asit parçacıkları daha sonra ıslak ve kuru yağışla (toz, yağmur, kar vb.) yere düşer.
- (4) toprak, ormanlar, akarsular ve göller üzerinde zararlı etkilere neden olurlar.

Asit yağmuru ormanları yok edebilir

Asit yağmurlarının Kara Ormanlar (Schwarzwald, Almanya) bölgesinde neden olduğu hasar.



Asit yağmurları solunum yolu enfeksiyonlarına neden olabilir, bronşlarda spazm yaparak yaparak ani ölüme neden olabilir. Bitkilerin gözeneklerine zarar vererek fotosentez kapasitesini düşürür. Kuvvetli asitlerdir ve temas ettikleri tüm yüzeylerde korozyona neden olurlar.

Aydın yöresindeki jeotermal tesislerden salınan SO_x gazları hava kalitesini önemli düzeyde bozmakta, halk sağlığını tehdit etmektedir.

Asit yağmurunun yeraltısuyu kimyasına etkisi

Asit yağmuru kükürtlü (SOx) ve azotlu (NOx) gazların suda çözünüp tekrar yağış olarak yer yüzüne düşmesi ile oluşur. Normal yağmurda pH= 5.5 dolayında iken, Asit yağmurunda pH= 3.5 dolayında değerler ile karşılaşılır.

Video: What is acid rain?: <https://www.youtube.com/watch?v=1PDjVDlrFec>

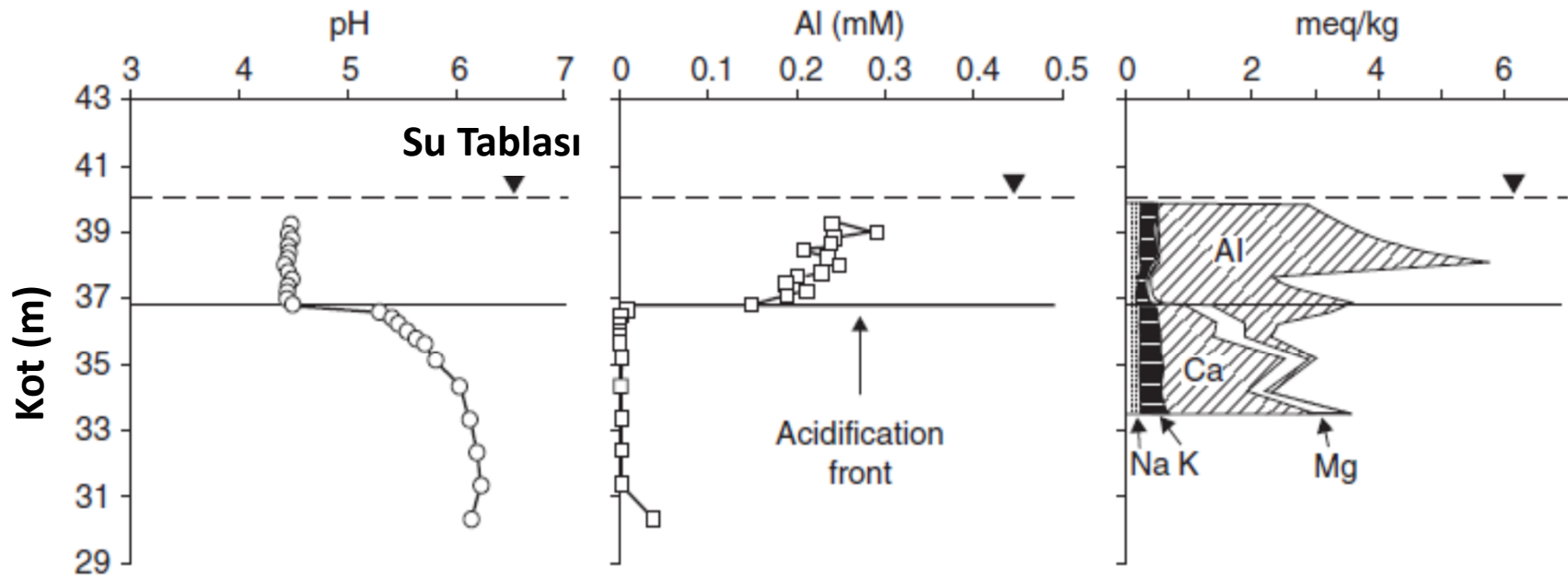
Hollanda'da endüstriyel baca gazı salınımının artmasına bağlı olarak 1938 ve 1980 yılları arasında yağmur pH değerinin değişimi ve bunun yeraltısuyu kimyasına etkisi. 3X buharlaşma faktörüdür. Yağış suyu, yeraltısuyuna sızma sırasında 3 kat buharlaşmıştır.

	1938 yağmuru	1938 yeraltısuyu	1980 yağmuru	1980 yeraltısuyu
pH	5.4	5.62	4.52	3.54
Na ⁺	0.07 ²⁾	0.21 ²⁾	0.073	0.219
K ⁺			0.004	0.012
Mg ²⁺	0.03	0.09	0.009	0.027
Ca ²⁺	0.04	0.12	0.014	0.042
NH ₄ ⁺	0.03	—	0.13	—
Cl ⁻	0.09	0.27	0.085	0.255
Alk	0.06	0.002	—	—
SO ₄ ²⁻	0.045	0.135	0.071	0.213
NO ₃ ⁻	—	0.09	0.061	0.573

Asit yağmurunun nötrleştirilmesi

Soru: Asit yağmurunun olumsuz etkilerinin giderilmesinde silikatlı mineraller nasıl kullanılır?

Asit yağmurları tarımsal üretimi olumsuz etkiler. Yeraltısuyu pH değerinin arttırılması için kolay bozunabilen silikatlı minerallerden (örğ. Hornblend, piroksen, biyotit) yararlanır. Asidifikasyonun azaltılması için 0.5 keq/ha/yıl düzeyinde mineral uygulaması yeterlidir.



Asit yağmurları yeraltısuyu pH değerinin azalmasına neden olur. Daha fazla H^+ girdisi daha fazla silikatlı mineral çözünmesine neden olarak sudaki Al vb element derişimlerini arttırır.

Bu konuda neler öğrendik?



- Silikat, Silikatlı mineral nedir?
- Silikatlı minerallerin çökelme ve bozunma sırası nasıldır?
- Silikatlı minerallerin bozunmasının temel özellikleri nelerdir?
- Kil nedir, kil mineralleri nasıl oluşur?
- Kil minerallerinin oluşumu ve iklim ilişkisi nasıldır?
- Silikatlı kayalardan toprak oluşumu nasıldır?
- Sığ ve derin yeraltısuyu dolaşımına ait hidrojeokimyasal fasiyesler nelerdir?
- Asit yağmuru nasıl olur?
- Asit yağmurunun olumsuz etkilerinin giderilmesinde silikatlı mineraller nasıl kullanılır?



Örnek sorular ?