

HİDROTHERMAL ALTERASYON

Tanım:

İfade olarak:

Hidrotermal = Sıcak çözelti; **Alterasyon** = Bozunma veya değişim **Türkçe İfade= Sıcak çözeltili bozuşma**

Bilimsel Olarak:

Sıcak sulu çözeltilerin geçtikleri yollar boyunca yan kayaçla giriştikleri fiziksel ve kimyasal etkileşimler sonucunda, yan kayaçta meydana gelen renksel, kimyasal ve mineralojik değişikliklerdir.

Jenetik (kökensel) alterasyon çeşitleri

Süperjen alterasyon = Yüzeysel bozunma:

Yüzeyden kaynaklanan suların etkisiyle gelişen alterasyondur. Yüzeyden itibaren birkaç metrelik bir zonda gözlenir. Ancak tropikal bölgeler gibi yağışın çok yoğun olduğu bölgelerde metrelerce derine kadar inebilir. Böylece yüzeysel bozunma tipi Al, Ni ve Fe yatakları oluşur.

Hipojen alterasyon = Derinsel bozunma:

Derinsel kökenli çözeltilerin etkisiyle oluşan bozunmadır.

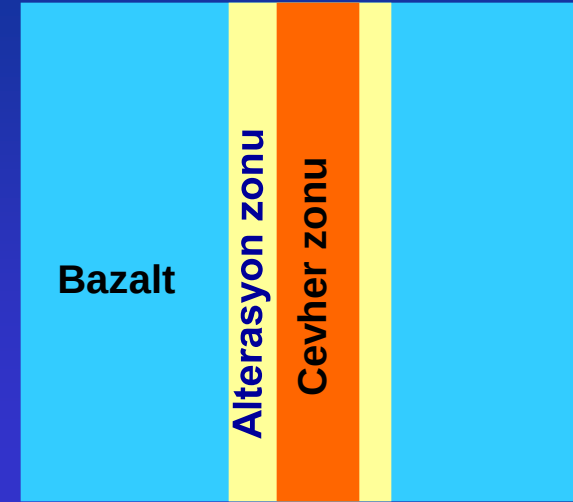
HİDROTHERMAL ALTERASYON

Hidrotermal alterasyon, mm ölçeğinden km ölçeğine kadar değişen genişliklerde olabilir. Fakat genelde yaklaşık 1-2 m kalınlığında bir damarın çevresinde oluşan alterasyon zonunun genişliği 10-20 m arasındadır.

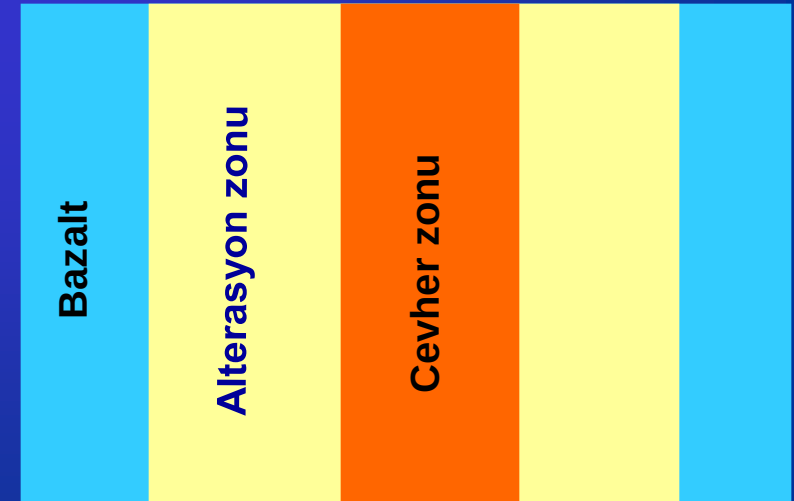
Alterasyon zonunun genişliği,

- *ortamda çözelti hareketinin çok fazla olduğunu,*
- *sıvı-yan kayaç etkileşiminin çok büyük hacimleri etkilediğini gösterir.*

Hidrotermal sistemlerde sıvı/kayaç oranı 0.1 – 4 arasında değişir.



Sıvı / kayaç oranı küçük



Sıvı / kayaç oranı çok büyük

Alterasyon zonu çok geniş

HİDROTHERMAL ALTERASYON

Hidrotermal alterasyon sonunda oluşacak olan ürünleri denetleyen faktörler:

- a) Yan kayacın fiziksel özellikleri: Çatlak ve kırık durumu, porozite – permeabilite,
- b) Yan kayacın kimyasal özellikleri: Reaktif mi yoksa değil mi,
- c) Hidrotermal çözeltinin Eh ve pH değerleri
- d) Hidrotermal çözeltinin gaz basıncı
- e) Hidrotermal çözeltinin anyan ve katyon içeriği, yani bileşimi
- f) Hidrotermal çözelti-yan kayaç etkileşiminin gerçekleştiği sıcaklık ve basınç

Hidrotermal alterasyona karşı minerallerin direnci:

Dirençsiz mineraller: Karbonatlar, zeolitler, feldspatitler, Ca'lu plajiyoklaslar

Orta derecede dirençli mineraller: Piroksen, amfibol ve biyotitler

Dirençli mineraller: Na'lu plajiyoklas, K'lu feldspat, muskovit

Aşırı dirençli (değişmeyen) mineraller: Kuvars.

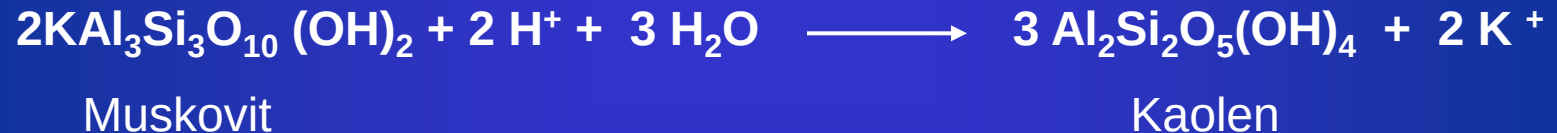
Kısaca, Bowen'in kristallenme sırası, aynı zamanda minerallerin alterasyona karşı artan direnç sırasını da gösterir.

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

1) Hidroliz Reaksiyonları:

Ayrıca, hidrotermal çözelti içinde taşınan metallerin (HS)⁻ ile reaksiyonu ile sülfürlü mineraller oluşurken, H⁺ iyonu serbest hale geçer. Bu H⁺ alterasyona neden olabilir. ***Yani cevherleşmenin kendisi alterasyona sebebiyet verir.***

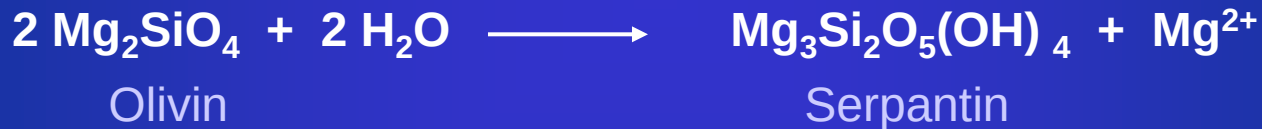


HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

2) Hidratlaşma / Dehidratlaşma Reaksiyonları:

Hidratlaşma, hidrotermal çözelti içerisindeki moleküler suyun bir kısmının temas ettiği yan kayaçtaki **minerallere** kaybıdır.



Dehidratlaşma ise yan kayaçta bulunan bazı sulu minerallerin çözülmesi sonucunda hidrotermal çözeltiye suyun ilavesidir. Genellikle alterasyon ortamında sıcaklık ve basıncın artışıyla gerçekleşir



HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

3) Alkali ve Toprak Alkali Metazomatizması

Bazı minerallerin yapısında bulunan katyonlardan biri veya birkaçının çözelti tarafından taşınan bazı alkali ve/veya toprak alkali elementler ile yer değiştirmesi sonucunda gerçekleşen reaksiyonlardır. Özellikle kalsitten dolomitin oluşumu, K'lu feldspattan kloritin oluşumu ve feldspat bileşiminin (albitleşme gibi) değişiminde önemlidir.



HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

4) Dekarbonatlaşma Reaksiyonları

Çözelti yan kayaç etkileşimi nedeniyle, kalsit veya dolomit içeren birimlerden CO_2 'in atılması sonucu silikat ve oksitlerin oluşumuna yol açan bir alterasyon reaksiyonudur.



HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

5) Silisleşme Reaksiyonları

Hidrotermal çözeltiden yan kayaca ikincil olarak kuvars veya kalsedon, opal, jasp gibi kuvarsın polimorflarının ilavesidir. Boşluklarda, çözeltiden kuvarsın çökelişi silisleşmeye en bariz örnektir.



HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

6) Silikatlaşma Reaksiyonları

Çözelti yan kayaç etkileşimi sonucunda silikatlı minerallerin oluşumu veya silikatların başka minerallerin yerini almasıdır.



HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.1 Hidrotermal Çözelti ile Yan Kayaç Arasında Gelişen Reaksiyon Çeşitleri

7) Oksitlenme-İndirgenme Reaksiyonları

Bu tür reaksiyonlar çoğunlukla 2 veya 3 değerlikli Fe ve sülfürlü bileşikleri etkiler. Fakat Mn, V ve U içeren bileşiklerde de etkili olabilir. En önemli oksidasyon reaksiyonu, ortamın oksijen içeriğinin artmasına bağlı olarak ***manyetit hematite*** dönüşümüdür.



HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

1) Alkali metazomatizması veya potasyum silikat alterasyonu

Sıcaklığın yaklaşık 600-800 °C arasında olduğu durumlarda, kristallenmekte olan bir mağmatik kütleden arda kalan kalıntı sıvılar ile, oluşmakta olan mağmatik kayacın veya kırıkların mevcut olması durumunda yan kayacın etkileşimi sonucunda, gelişen bir alterasyon türüdür.

a) Gelişen kimyasal değişiklikler

- K yerine Na veya Na yerine K eklenmesi (alkali metazomatizma).
- Feldspatların yapısal durumunda değişimler
- Albitleşme
- Mikroclinleşme
- Bazı yeni mikaların oluşumu

b) Tanınması

- Plajiyoklas kalıntılarının K'lu feldspat tarafından sarılması
- Plajiyoklas kristallerinin K'lu feldspat damarcıkları tarafından kesilmesi
- İkincil biyotitlerin oluşumu
- K'lu feldpsatlar içinde albit gelişimi
- Albit damarcıkları, kristal kenarlarında albit büyümeleri

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

1) Alkali metazomatizması veya potasyum silikat alterasyonu

c) Mineral birlikteliği

K'lu feldspat-biyotit-kuvars
K'lu feldspat-klorit
K-feldspat-biyotit-manyetit] + albit, serizit, anhidrit, apatit, rutil

K'lu feldspat: Hematit kapanımlarından dolayı kırmızımsı renkli

Biyotit: Çoğunlukla yeşil renkli ve demirce zengin

d) Bulunuş

Özellikle porfiri tip Cu ve Mo yataklarında, epitermal sistemlerde, alterasyon zonunun merkezinde oluşur. 600-450 °C arasında plajiyoklas ve mafik silikatların bahsedilen mineraller tarafından ornatılması ile oluşur.

K'lu feldpat ve biyotit porfiri tip sistemlerde;
Adularya epitermal sistemlerde karakteristiktir.

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

1) Alkali metazomatizması veya potasyum silikat alterasyonu



Resim. Kuvars porfir içerisinde ikincil biyotitlerin gelişimi ve kuvars damarcıkları (Artvin, Gümüşhane köyü porfiri Cu zuhuru). **Ö. Gündüz'den**

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

2) Propilitik Alterasyon

Plajiyoklasların yerini alacak şekilde epidot, klorit ve kalsitin; hornblend ve biyotitlerin yerini alacak şekilde de epidot, klorit ve montmorillonitin oluşması ile ortaya çıkan bir alterasyon. Kayaca H_2O , H^+ , CO_2 ve S ilave edilir.

a) Bulunuş

Propilitik alterasyon cevherli zonların en dış kesimlerinde yer alır ve genellikle çok geniş bir yayılım gösterir. Bu nedenle varlığı durumunda maden yataklarının aranmasında kullanılabilecek iyi bir yol göstericidir. Bu alterasyon zonunun dışına doğru gidildiğinde, altere olmamış kayaca ulaşılır.

b) Mineralojik Bileşim

Klorit, epidot, albit, pirit, karbonatlar. Kalsit, dolomit ve ankerit görülen başlıca karbonatlardır. Az oranda serizit, K'lu feldspat ve manyetit ve daha az oranda da zeolit ve montmorillonit oluşabilir.

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

2) Propilitik Alterasyon



Resim 1. Mastra (Gümüşhane) altın yatağında propilitik alterasyon zonu

Resim 2. Mastra (Gümüşhane) altın yatağında propilitik alterasyon zonunda sondaj çalışması

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

3) Fillik veya serizitik alterasyon

Hidrotermal çözeltiden yan kayaca OH⁻, H⁺, K⁺ ve S ilavesi ile, feldspat minerallerinin duraylılıklarını kaybetmesi ve kuvars, mikalar, pirit ve kalkopirite dönüşmesi. Serizit mineralinin yoğun olmasıyla tanınır. Özellikle Al'ce zengin kayaçların olduğu ortamlarda mevcuttur.

a) Mineralojik Bileşim

Serizit ve kuvars karakteristik. Pirit de genellikle bunlara eşlik eder. **K'lu feldspat, kaolen, kalsit, biyotit, rutil, anhidrit, apatit, lökoksen ve klorit** nadir. Yan kayaçta ikincil olarak K'lu feldspatların veya biyotitlerin oluşması durumunda potassik (K-silikat) alterasyona, kaolenin zenginleşmesi ile de arjillik alterasyona geçiş gösterir. Bu zonda S içeriği hacim olarak % 20' ye kadar çıkabilir. **Na, Mg, Fe, Ti, K alterasyon sonucunda kayaçtan yıkanır.**

c) Oluşum

En sık rastlanan alterasyon türlerinden biridir. Hemen hemen tüm hidrotermal yataklarda bulunur.

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri 3) Fillik veya serizitik alterasyon



1. Artvin-Gümüşhane köyünde serizitleşmiş porfiri

2. Aynı bölgeden bir diğer resim

3. Murgul (Artvin) Cu yatağında ileri serizitleşme

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

4) Arjillik alterasyon

Genellikle 100-300 °C arasında, hidrotermal çözeltiden yan kayaca aşırı H^+ aktarımı ve bunun sonucunda gelişen asitle yıkama (ve alkali-toprak alkalilerin kayacıtan çözeltiye alınması) nedeniyle kil minerallerinin oluşumu şeklinde ortaya çıkan bir alterasyondur.

a) Mineralojik Bileşim

Kaolen ve montmorillonit türü kil minerallerinin baskın oluşuyla ayırt edilir. Her iki kil mineralleri plajiyoklazların, biyotit ve amfibollerin ayrışmasıyla oluşur. Çok az miktarda serizit mevcut. Kendi içerisinde bir zonlanma gösterebilir. Serizitik zona doğru kaolen grubu killer, propilitik zona doğru ise montmorillonit grubu killer görülür. Kil minerallerinin oluşumu esnasında yan kayaca silis de ilave edilmiş olabilir.

c) Oluşum

Porfiri tip yatakların dış kesimlerine doğru ve epitermal sistemlerde görülür.

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

3) Arjillikalterasyon

Resim 1. Artvin-Gümüşhane köyü porfiri Cu zuhuru çevresinde aşırı killeşmiş (arjillik) alterasyon zonu.



Resim 3. Lahanos (Giresun) Cu madeni



Resim 2. Sayaca (Ordu) Au zuhuru



Resim 4. Akoluk (Ordu) Au zuhuru

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

5) İleri Arjillik alterasyon

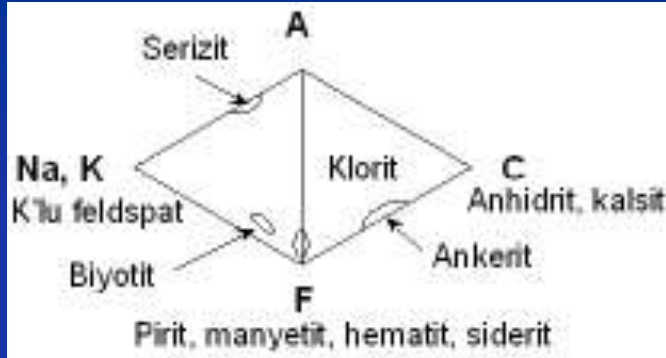
Hidrotermal çözeltiden yan kayaca aşırı H^+ aktarımı ile, feldspat ve mafik silikatların tamamen parçalanması ve bünyelerindeki alkali – toprak alkali katyonların tamamen veya büyük bir oranda yıkanması sonucunda kuvars ve kil minerallerinin gelişimine yol açan bir alterasyon.

a) Mineralojik Bileşim

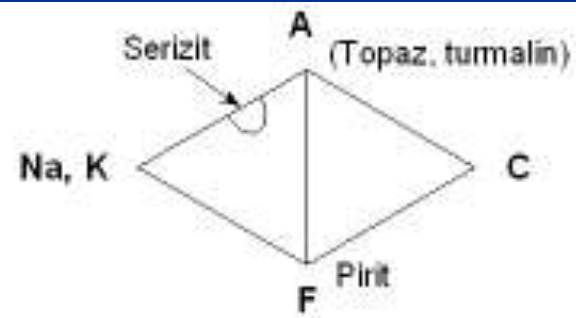
Dikit ve kaolen baskın. Barit, alünit, serizit, pirit, topaz, turmalin de az oranda mevcuttur. Kükürt içeriği çok yüksek ise, piritte ilave olarak kovellin, dijenit ve enarjit te bulunabilir. **Sıcaklık 300 °C den yüksek ise**, Profillit, andaluzit, kuvars, topaz ve pirit oluşur. Bunlara ilave olarak az oranda serizit, diyaspor, kaolen, rutil, anhidrit, korondum ve kloritoid de oluşabilir.

c) Oluşum

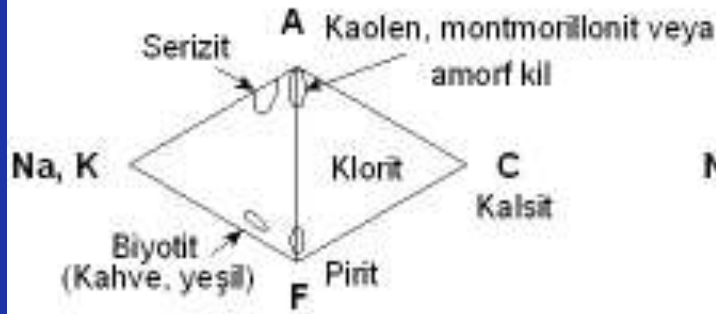
Porfiri tip yataklarda, Hidrotermal damar tip yatakların iç kesimlerinde ve özellikle bol sülfürlü epitermal sistemlerde. Bu tip sistemlerde alünit oluşumu bu alterasyon türünün göstergesidir.



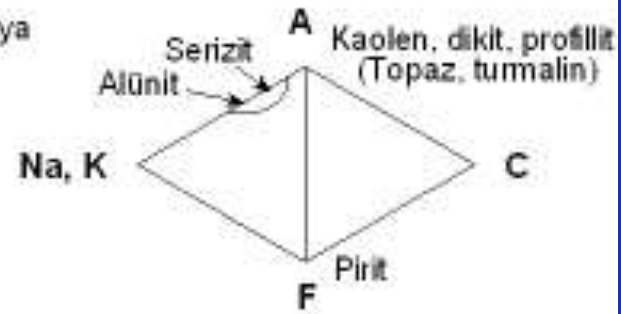
Potassik Alterasyon



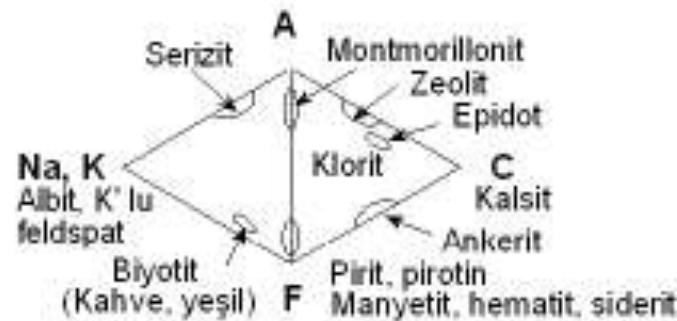
Serizitik veya Fillik Alterasyon



Arjillik Alterasyon



İleri Arjillik Alterasyon



Propilitik Alterasyon

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

6) Silisleşme

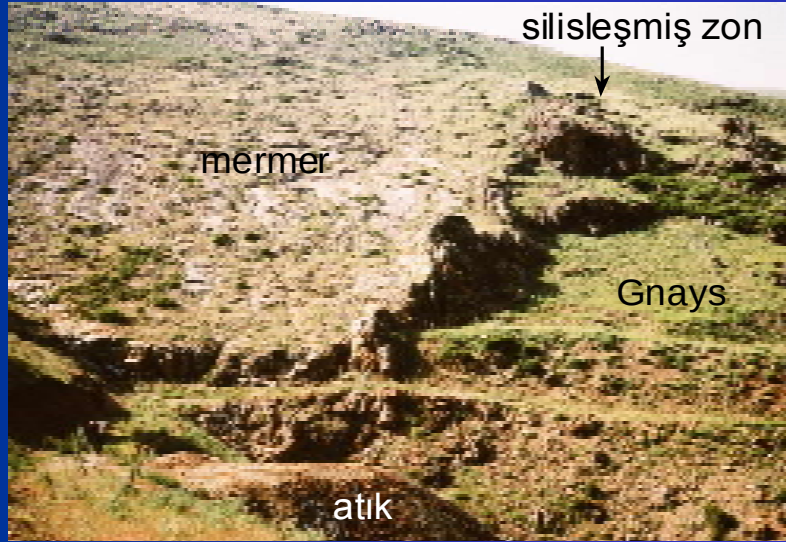
Yan kayaçla hidrotermal çözelti arasındaki reaksiyonlar sonucunda yan kayacın kuvars veya kriptokristalen kuvars içeriğinde bir artışın görülmesidir. Yani, yan kayaca sonradan SiO_2 ilavesidir. SiO_2 yan kayaca doğrudan hidrotermal çözeltiden katılabileceği gibi, feldspat veya diğer bazı minerallerin alterasyonu sonucu yan ürün olarak ta katılabilir. Silisleşme cevherli zonların ortaya çıkarılmasında kullanılabilecek en önemli yol göstericilerden biridir.



HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

6) Silisleşme



Silisleşmiş dirençli zonlar



Cerattepe (Artvin) Au yatağı

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri 6) Silisleşme



Cerattepe (Artvin) Au yatağında silisleşmiş zonlar



Mastra (Gümüşhane) Au yatağında silisleşmiş zonlar ve kuvars damarı

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

7) Listvenitleşme

Ultrabazik kayalar ile hidrotermal çözelti arasında gelişen reaksiyonlar sonucunda, kayacın karbonat ve silis bakımından zenginleşmesidir. Özellikle ultrabazikler içindeki epitermal sistemlerin karakteristik alterasyon türüdür.



Resim. Kağızman (Kars) yöresinde listvenitleşmiş bir ultrabazik kayacın parlatılmış kesitleri. (N. Tüysüz'den)

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

8) Serpantinleşme

Ultrabazik kayalara H_2O ve CO_2 ilavesi ile bu kayaların bünyesinde bulunan olivin ve piroksenlerin serpantin minerallerine (krizotil, antigorit, lizardit) dönüşmesi ile oluşan alterasyon türüdür. Bazı durumlarda, karbonatlaşmış serpantinitle Au, Ag ve Co yatakları ile ilişkili olabilirler.



Resim. Kop yöresinde serpantinleşmiş bir ultrabazik kayaç

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

9) Fenitleşme

Karbonatit ve alkali komplekslerde silikatların çözündürülmesi ve kayaca Na, K, CO_2 , CaO ve Al_2O_3 ilavesi ile alkali piroksen, alkali amfibol, alkali feldspat oluşumuna yol açan bir alterasyon türüdür.

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

10) Turmalinleşme

B bakımından zengin granitik sokulumlar esnasında gerek yan kayalarda, gerekse grantik kayacın içerisinde mafik silikatların turmaline dönüşümü şeklinde ortaya çıkan alterasyondur.

Çoğunlukla kuvars-turmalin şeklindedir. Sn-W yataklarında, turmalinli breş bacalarında ve bazı polimetalik damar tip yataklarda oluşur.



Resim. Turmalinleşmiş bir granit

HİDROTERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

11) Greyzenleşme

İleri arjillik veya serizitik alterasyona benzer bir mineralojik bileşim gösterir. Fakat bu tür alterasyonda daha fazla serizit veya muskovit bulunurken, profillit görülmez. Bu alterasyonun tipik mineralojisi **kuvars, muskovit ve topaz** olup, **turmalin, flörit, kasiterit, voframit ve manyetit** az oranda bulunabilir. Özellikle, killi-kumlu birimler içerisine sokulum yapmış olan granitik kayaçların kenar kesimlerinde gözlenir. Sn-W yataklarında gözlenir.



Resim 1. Greyzenleşmiş bir granit.

20/3/2002 18:24



Resim 2. İleri derecede greyzenleşme.
Beyaz mikalar çok yoğun.

20/3/2002 18:29

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

12) Skarnlaşma

Genel olarak karbonatlı yan kayaca büyük oranda Si, Al, Fe ve Mg ilavesi sonucu amfibol (özellikle aktinolit cinsi), piroksen (özellikle diyopsit), garnet, epidot gibi genellikle Fe'ce zengin olan ve Ca-Mg içeren mineral birlikteliklerinin oluşmasıdır.

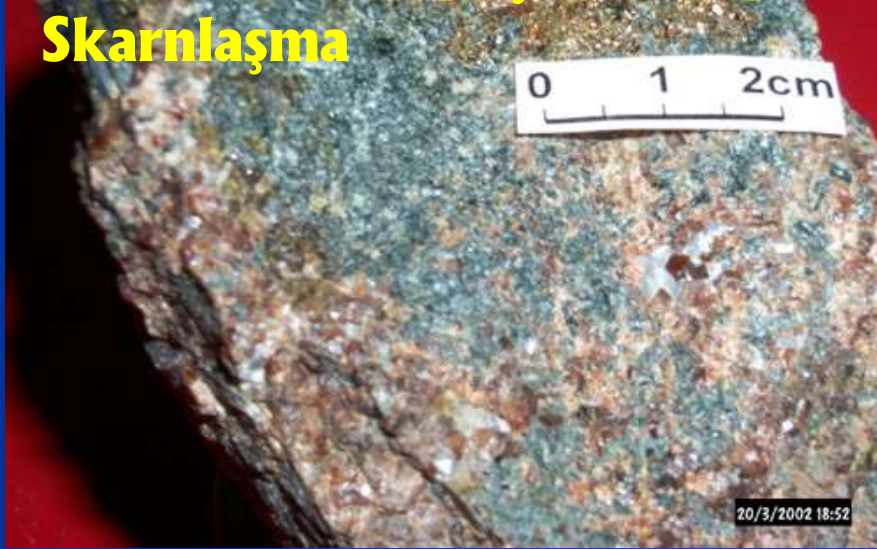
Skarn tür yatakların en belirgin özelliğidir.



Resim. Dereli (Giresun) Fe madeninde çok iyi gelişmiş bir skarnlaşma. Garnet, epidot, kuvars, kalsit son derece iyi gelişmiş.

HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri Skarnlaşma



HİDROTHERMAL ALTERASYON

3.4.2. Yan Kayaç Alterasyon Çeşitleri

12) Jaspillitleşme

Fe ve Mn yataklarında karbonatlı birimlerin aşırı miktarda silisleşmesi ve demirce zenginleşmesi sonucunda ortaya çıkan alterasyon türüdür.



Resim. Ocaklı Mn yatağında jaspillitleşmik kireçtaşı.