

KALINTI (SÜPERJEN) YATAKLAR

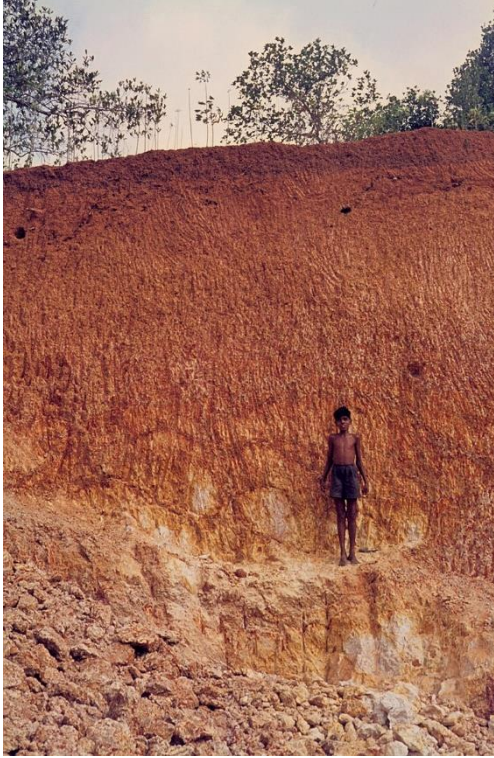
Jeolojide “süperjen” (yüzeysel) terimi yüzeyde veya yüzeye çok yakın anlamını taşır. Derin kökenli süreçleri belirtmek için ise “hipojen” terimi kullanılır. Süperjen yataklar, çoğu durumda, kimyasal işlevler ve minerallerin bozuşma tepkimeleri yoluyla meteorik suların kayalar üzerinde etkisi sonucu oluşur. Hipojen cevherler ise yükselen (derin dolaşimli; muhtemele magmatik akışkan katkısı ile) suların etkisiyle derinde meydana gelirler.

Kalıntı yataklar, oluşumları itibariyle herhangi bir cevher içermeyen kayaların (genellikle magmatik) dış etkenlerle bozuşması sonucunda geride kalan elementlerin yerinde (in situ) yığılarak yeni mineral veya bileşikler oluşturmasıdır. Kayaların kimyasal bozuşması ancak aşırı sıcak ve yağış koşulları altında gerçekleştiğinden, kalıntı yataklar çoğunlukla tropikal iklimin hüküm sürdüğü bölgelerde yaygındır. Bununla birlikte, ayrışmanın daha kolay, uzun süreli ve etkin şekilde gerçekleşmesi söz konusu bölgenin oldukça düz veya düze yakın bir morfoloji üzerinde olmasını gerektirir.

Başlıca kalıntı tip yatak çeşitleri şunlardır:

-Hidroksit ve oksit halinde demir, alüminyum ve manganez yatakları (**laterit**)

Fe, Mg ve Al bakımından zengin kayaların, tropik koşullar altında bozuşması ile oluşan kırmızı-kahve renkli, toprağımsı görünümlü, az-çok silisli, demir ve alüminyum hidroksitler ve kil mineralleri içeren oluşuma laterit denir. Laterit, çoğu zaman demirli bir kabukla örtülüdür.



Bozuşan kayacın kimyasal bileşimine göre lateritler iki kısma ayrılır:

- ✓ Demir-nikel lateritler

- ✓ Alüminyumlu lateritler
- ✓ **Demirli lateritler**, ultrabazik ve bazik kayaların ayrışması sonucu oluşur. Bundan dolayı, demirli lateritlerde, demir mineralleşmesi ile beraber nikel ve kobalt zenginleşmesi de gelişir.
- ✓ **Alüminyumlu lateritler** ise, feldispat ve feldispatoid bakımından zengin kayaların (örneğin siyenit, trakit) ayrışması sonucu oluşur. Bu nedenle, alüminyumlu lateritlerde alüminyum cevheri (boksit) oluşur.

1-Demirli lateritler (lateritik Fe-Ni yatakları)

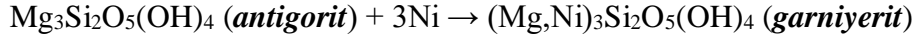
Demirli laterit Mg, Fe ve Si bakımından zengin ultrabazik kayalardan türer. Önemli miktarda nikel ve kobalt cevherleşmesi de içeren demirli lateritlerin en önemli ve en tipik örneği Yeni Kaledonya'da (Avustralya doğusunda) bulunur.



Yeni Kaledonya'da denizaltı bazalt ve andezit lavaları üzerinde yer alan ve çok geniş alanlar kaplayan peridotit kütlelerinin hızla aşınmasıyla morfoloji düzleşmiş ve böylece bozuşma hızlanmıştır. Bu ayrışmadan özellikle olivin ve piroksen etkilenmiştir. Elek-kuş gözü dokusu gelişen bu kayalar ayrıştıklarında, açığa çıkan nikel elementi minerallerin kristal ağlarına katılarak %30'a varan tenörde nikel zenginleşmelerine neden olmuştur. Si, Fe ve Mg'un ayrışması farklı koşullarda gelişir. İyonik potansiyelin >3 olduğu ortamlarda, ayrışma sonucu açığa çıkan Si'un bir kısmı çözelti ile ortamdan uzaklaşırken bir kısmı da demir lateritlerde renkli opal levhacıklar veya peridotitlerin yüzey kısımlarında kuvars lifleri oluşturur. Mg, MgO halinde tümüyle ayrışma ortamından uzaklaşarak ultrabaziklerin kenar kısımlarında manyezit katmanları veya yumruları halinde depolanır. Mg ve Si'un ortamdan uzaklaşmasıyla, Fe, oksit ve hidroksitler halinde, peridotitler üzerinde çökerek demirli lateriti oluşturur.

Demirli lateritlerin kalınlığı 50 metreye kadar ulaşır. Renkleri kırmızıdan mora, taban kesimlerinde ise yeşil ve yeşilimsi sarıdır. Yüzeyleri cürufumsu, yumrumsu ve böbreğimsidir (pizolitik). Bu özelliklere sahip oluşuma demir zırh adı verilir. İki değerli nikelin bir kısmı hareketli oludır ve iyon halinde denize kadar taşınarak, denizel killer içinde %1-2 hatta daha zengin tenörlere ulaşabilir. İyonlaşan bir kısım nikel ise ana kaya (peridotit) üzerinde

zenginleşerek **yeşil cevher** adı verilen mineralleşmeyi oluşturur. Burada ana nikel minerali olan garniyerit bir serpantin minerali olan antigoritte Ni'in Mg'un yerini almasıyla oluşur.



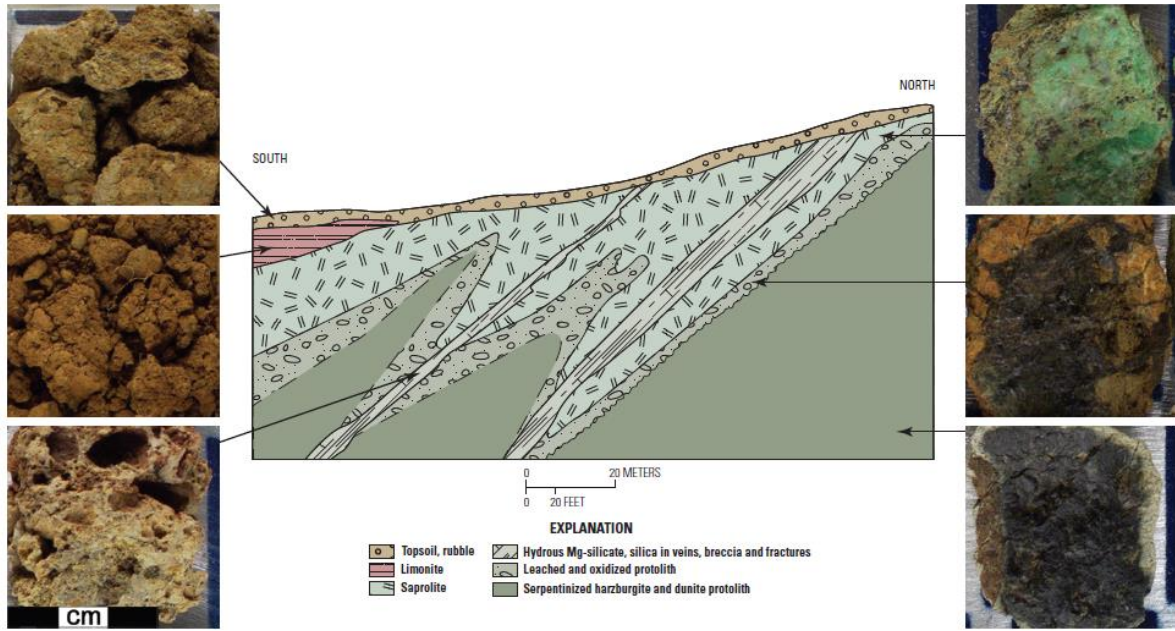
Demir lateritler bir miktar kobalt içerir. Co, asbolan adı verilen mavimsi siyah yumrular içinde zenginleşir. Asbolan Co, Fe ve Mn oksitleri ile silis ve alüminyumun bir karışımıdır.

Demirli lateritlerde cevher oluşumu üç kısma ayrılır:

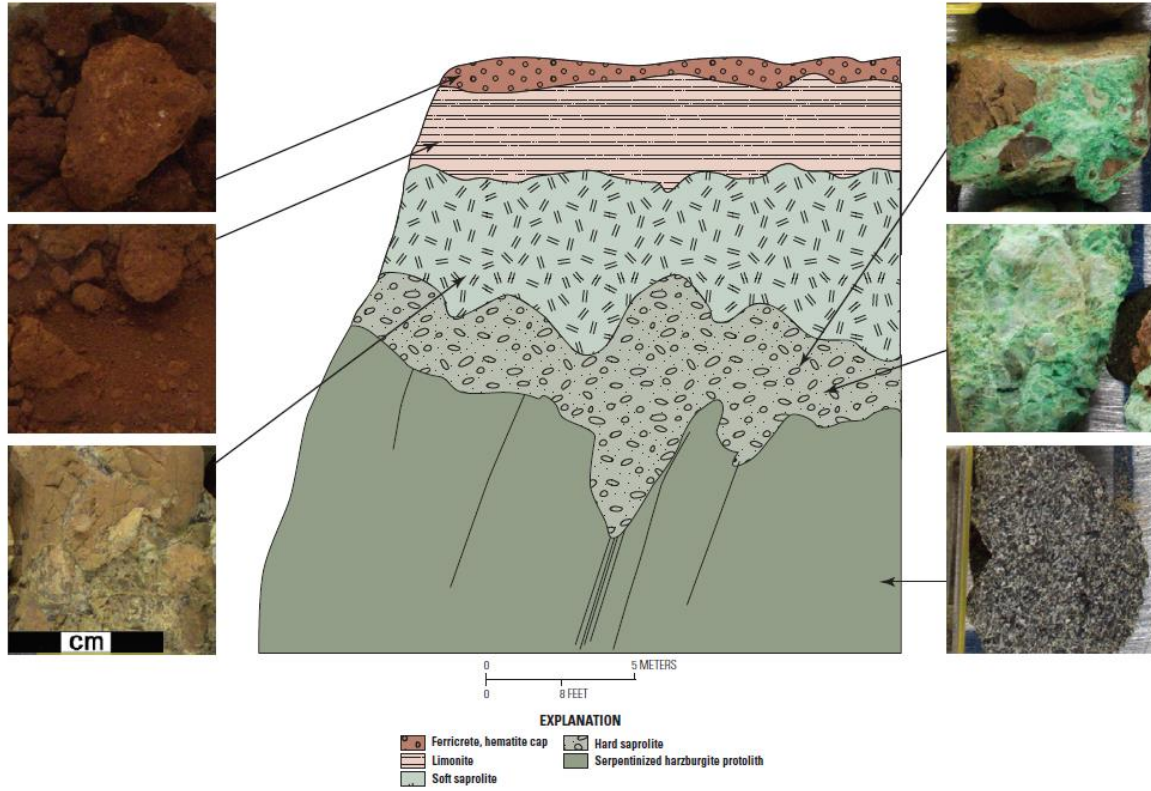
1- Hidroksit halinde demirin baskın olduğu yüzey yığılımları. Yüzey yığılımlarının alt kısımlarında opal damarcıkları ve yeşil kil bulunur. Yüzey yığılımlarında demir oranı %30, nikel oranı ise %2 civarındadır.

2- Nikelin baskın olduğu yarık yığılımları. Kayaçlar kırılma ve ezilme zonları boyunca daha şiddetli şekilde ayrışır. Bu tür zonlardaki yeşil killer içinde nikel birikimleri gelişmiştir.

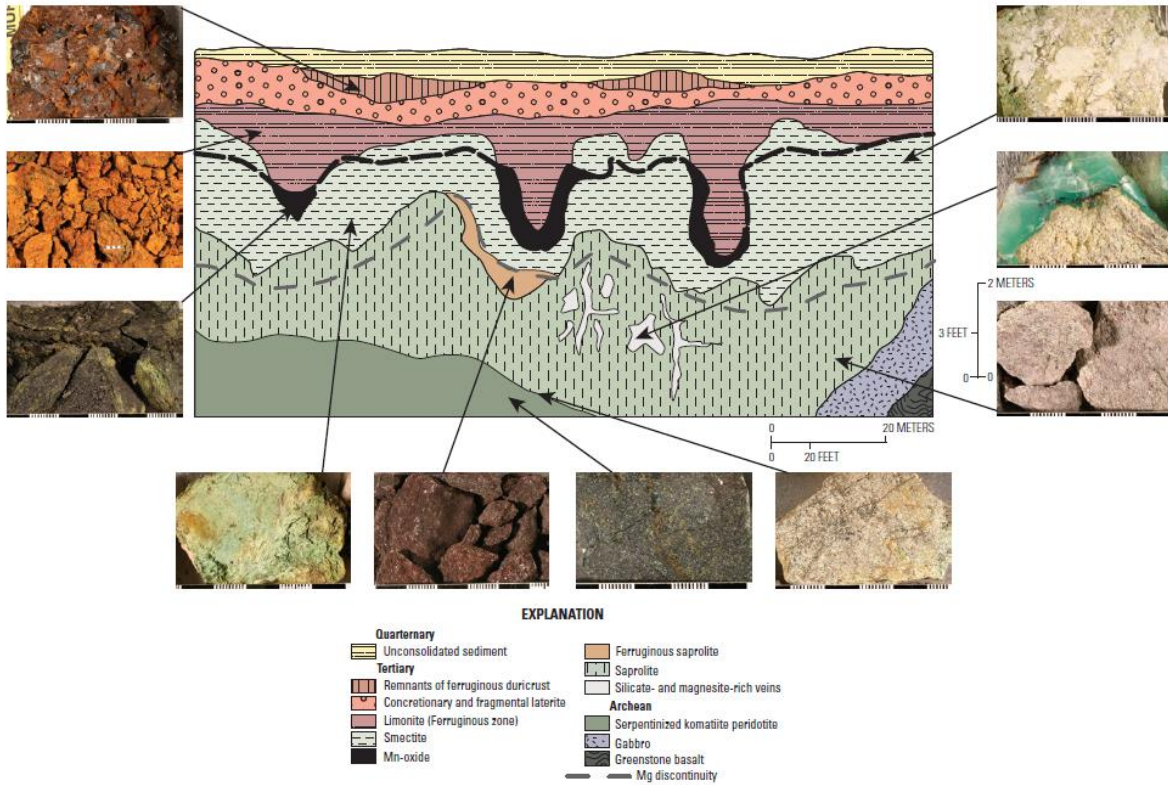
3- Nikelin baskın olduğu kontak yığılımları. Ultrabazik kayacın taze yüzeyi ile lateritik kabuk sınırında gelişir. Ultrabazik kayacın girinti, çıkıntı ve boşluklarında %30'a varan saflıkta nikel zenginleşmeleri görülebilir.



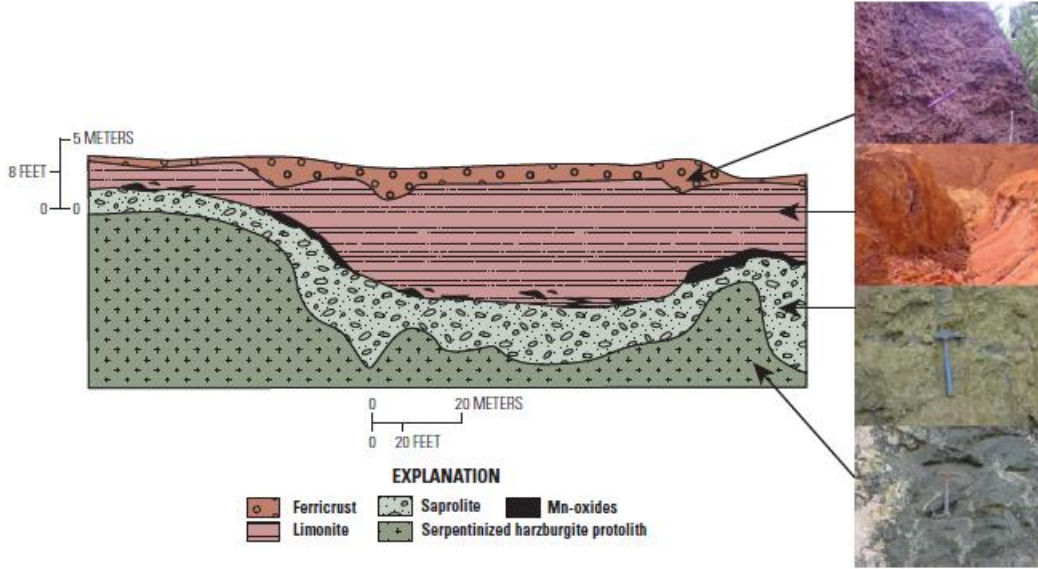
Oregon (ABD), Nikel dağından uyarlanmış bir ideal laterit profili. Resim açıklamaları (saatin yönünün tersi olarak): üst toprak katmanı, limonit, silika damarlı ve breş, serpantinleşmiş anakaya, çözülmüş-oksitlenmiş anakaya ve saprolit (USGS, 2013, Scientific Investigations Report 2010–5070-H).



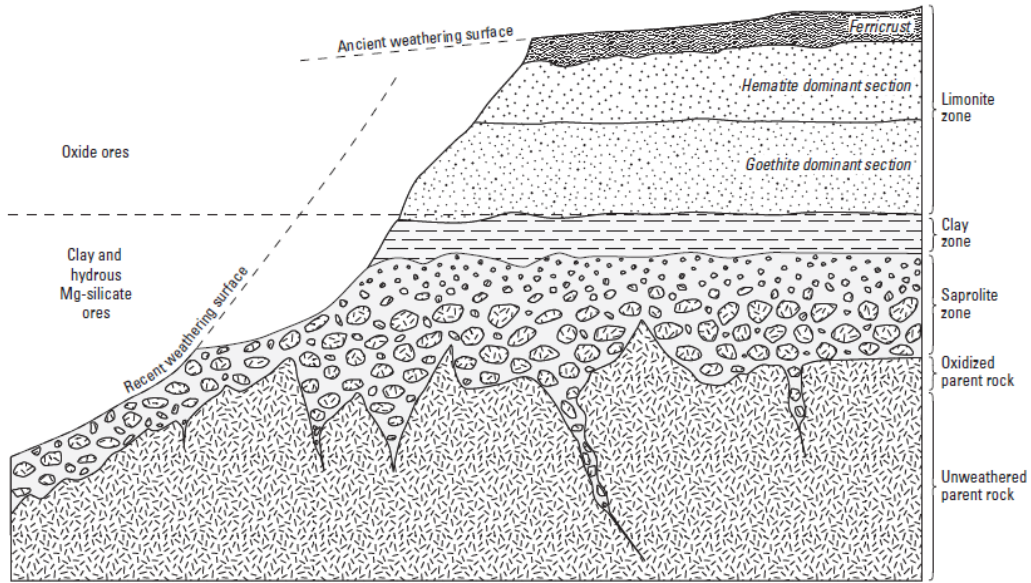
Dominik Cumhuriyeti, Falcondo bölgesinden uyarlanmış bir ideal laterit profili. Resim açıklamaları (saatin yönünün tersi olarak): demir-oksit kabuk, hematit örtüsü, limonit, saprolit, serpantinleşmiş harzburjit, (son 2 resim) zayıf kristalli garniyerit damarlı sert saprolit ve breş çimento (USGS, 2013, Scientific Investigations Report 2010-5070-H).



Batı Avustralya Murrin bölgesinden uyarlanmış bir ideal laterit profili. Resim açıklamaları (saatin yönünün tersi olarak): demirli sert kabuk, limonit, manganez oksit, smektit, demirli saprolit, serpantinleşmiş komatit peridotit, yıkanmış serpantinleşmiş komatit peridotit, saprolit, silikat ve manyezitçe zengin damar içinde krisopraz ve smektit (USGS, 2013, Scientific Investigations Report 2010–5070-H).



Küba, Moa körfezinden uyarlanmış bir ideal Ni-Co laterit profili. Resim açıklamaları (saatin yönünün tersi olarak): demirli sert kabuk, limonit, saprolit ve anakayaç (USGS, 2013, Scientific Investigations Report 2010–5070-H).



Yeni Kaledonya'daki lateritik demir yataklarının tenörü %45-55 Fe arasındadır. Bu değer, ekonomik cevher veya potansiyel demir yatağı olarak değerlendirilir. Kükürt ve fosforun oldukça az olması lateritik Fe yatakları için avantaj olurken, Cr, Ni ve Al₂O₃ konsantrasyonları problem olmaktadır. Kalıntı yatakların oluşumunu takiben tekrar bozuşmaya uğrayıp ve daha sonra denizel ortamlara taşınıp çökelirlerse, oluşan yataklar istenmeyen bileşiklerden bir kez daha arındıkları için kaliteleri daha da artacaktır. Avustralya, Yeni Kaledonya ve Yunanistan'da önemli laterit Fe-Ni yatakları mevcuttur.

Türkiye'nin önemli bir bölümü ultrabazik ve bazik kayalarla örtülüdür. Ancak bu kayalar büyük ölçüde serpantinleştikleri için lateritik demir yatakları oluşturamamıştır. Türkiye'deki önemli lateritik demir yatakları:

Manisa- Çaldağ (Turgutlu): Serpantinleşmiş ultrabazik kayalar üzerinde gelişmiş limonitik karakterde olan yatağın tenörü %48-60 Fe olup eser miktarda Ni içermektedir. Rezerv 500.000 tondur.

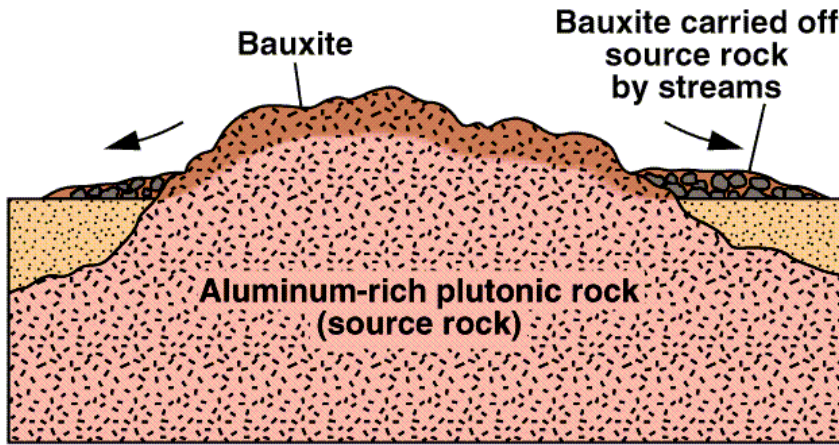
Kayseri- Zileköy (Develi): Tersiyer yaşlı tüflerin üzerinde gelişmiş lateritik bir kabuktan ibarettir. Yatağın tenörü %45-55 Fe (Ni yok) olup 120.000 ton rezerve sahiptir.

Sivas- Avşarören (Kangal): Silisleşmiş peridotitler üzerinde gelişmiş %40-50 Fe tenörlü ve 750.000 ton rezerve sahip mercer şekilli laterit yatağı yüksek SiO₂ (%28) içeriği nedeniyle ekonomik değildir.

Hatay-Payas (Dörtöl): %25-63 arasında Fe tenörüne sahip yatakta, %1.6'ya kadar varan Ni içeriği saptanmıştır. Yatakta 6.1 milyon ton görünür, 12 milyon ton mümkün rezerv tespit edilmiştir. %28'e kadar varan yüksek SiO₂ değeri yatağın işletilmesinde sorun oluşturmaktadır.

2-Alüminyumlu lateritler (boksit yatakları)

Yerkabuğunda en bol bulunan elementlerden biri olan alüminyumun Klark değeri 4 olup işletilebilir tenörü yaklaşık %30'dur. Ancak alüminyuma %15-20 oranında silikanın eşlik etmesi Al yığılımlarını yatak kavramı dışına çıkarmaktadır. 1900'lü yılların başlarında kyanit (disten), silimanit, korundum ve lösit mineralleri alüminyum elde etmek için kullanılmıştır. Günümüzde ise boksit başlıca alüminyum cevheridir.



Boksitlerin kimyasal ve mineralojik bileşimleri

Boksit aslında bir mineral olmayıp en az bir tür alüminyum hidroksit içeren amorf bir kayadır. Boksitler genel olarak %10-30 arasında Fe içeriğine sahip olup demir oksit ve hidroksit mineralleri ile birlikte bulunurlar. Bu minerallerin en önemlileri manyetit, hematit, limonit ve götittir. Boksitler bünyesindeki demir oksitlerden dolayı renklidirler. Hematit boksite kırmızı, limonit ise sarı renk verir. Açık-beyaz renkli boksitlerin demir içerikleri düşüktür. Boksit yataklarının tabanında esas olarak kaolenden oluşan killi bir tabaka bulunur. İklimin ılıman ve asidik koşulların baskın olduğu ortamlarda bozuşma ürünü genellikle killerdir. Ancak iklimin sıcak ve nemli, ortamın alkalın olduğu durumda ise ortamda boksit çökelir. Mn, P, V, F ve Ga gibi iz bileşenler boksit bileşimine eşlik eder.

Üç tür boksit minerali vardır:

1-Gibsit veya hidrarjilit (Al(OH)₃): Monoklinik sistemde kristalleşir, Kristaller tabular, aynı

zamanda sarkıt veya dikit şeklinde kabuk bağlamış halde de olabilir. Sferoidal kırıklar veya yapraklanmış kütleler ve toprağımsı yumrular karakteristik özellikleridir. Genelde beyaz veya beyaza yakın, bazen pembe veya kırmızı renktedir.

2-Böhmit $AlO(OH)$: Ortorombik sistemde kristalleşir. Beyza tonlarda dağılmış/saçılmış taneler veya pisolitik agregalar halinde bulunur.

3-Diyaspor $AlO(OH)$: Ortorombik sistemde kristalleşir. Düz veya tabular kristaller halinde bulunur. Diyaspor kütleleri masif, yapraklanmış bazen de iğnemsî şekilde izlenir. Rengi değişken olmakla birlikte beyaz, gri, kahverengi veya pembe olabilir.



Boksitler genellikle pisolitik yapı gösterir. Nohut veya mercimek şeklindeki boksit taneleri demir-alüminyumdan ibaret bir hamur içinde dağılmışlardır. Bu yapının yanı sıra, toprağımsı, tümüyle bir kayacı andıran şekiller de yaygındır.

Boksitlerin Oluşum koşulları

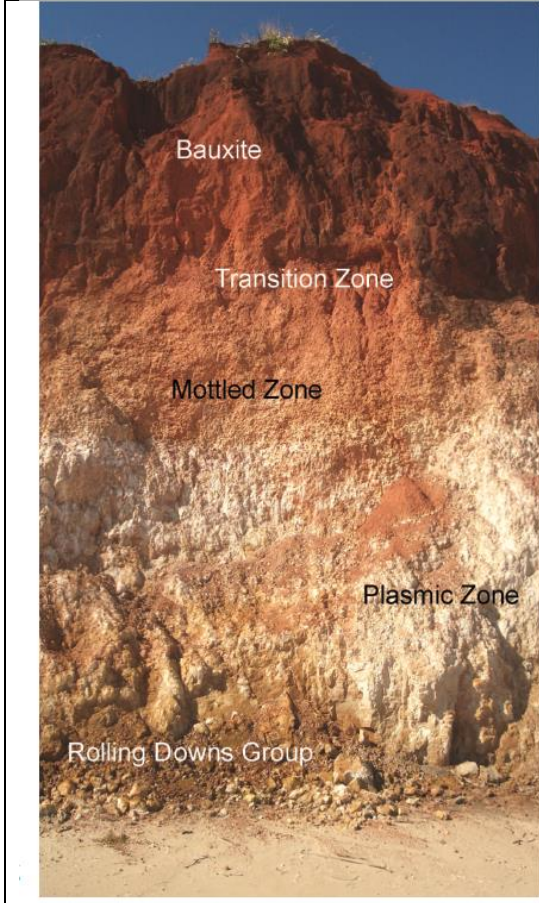
Bir bölgede boksit oluşabilmesi için ortamın sahip olması gereken koşullar şunlardır:

- ✓ Bölgede alüminyumca zengin minerallerden yapılu kayaçların mevcut olması
- ✓ İklimin sıcak ve nemli olması
- ✓ Kayaçların kırıklı-çatlaklı ve gözenekli olması
- ✓ Düz veya düşük rölyefli topografya
- ✓ Bölgenin tektonik açıdan uzun süredir sakin bir dönem geçirmiş olması
- ✓ Zengin bitki ve bakteri faaliyetinin varlığı

Boksitlerin Sınıflandırılması

Bozuşan kayaç türüne göre boksit yatakları iki ana gruba ayrılır:

A-Silikatlı boksitler



Genellikle silis ve demirce fakir, alüminyum bakımından zengin magmatik kayaların yerinde ayrışmasıyla oluşurlar. Söz konusu kayalar feldispat (albit, anortit, ortoz, sanidin gibi) veya feldispatoid (nefelin, lösit gibi) açısından zengin kayalardır. Bu kayalar nefelinli siyenit, granit, gnays, bazalt, dolerit, şist veya meta şist, kumtaşı, killi kireçtaşı ve dolomit. Gibsit, silikatlı boksit yataklarda en yaygın görülen mineraldir. Bu yataklar satıhta bulduklarından dolayı çoğunlukla tavanları yoktur. Silikatlı boksit yatakları Tersiyer ve hatta Kretase'den beri süregelen uzun bir morfolojik gelişimin sonucunda oluşmuşlardır.

B-Karbonatlı veya karstik boksitler



Hanilçi (2019)

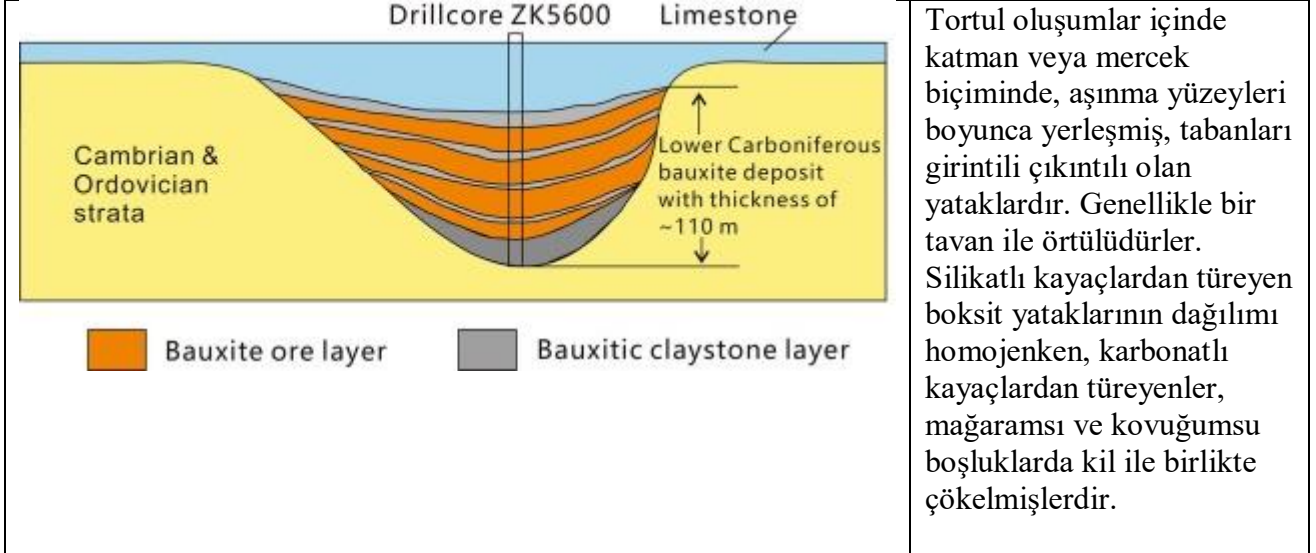
Bunlar kireçtaşı ve dolomitler içindeki derin boşluklarda yerinde oluşmuş veya taşınarak gelmiş malzemenin bu boşluklarda çökmesiyle oluşmuşlardır. Böhmite, gibsit ve diyaspor bu yataklarda görülen başlıca minerallerdir. Yataklar karstik bir temel üzerindeyse, düzensiz cepler halinde izlenirler ve bu nedenle işletilmeleri silikatlı boksitlere göre daha zordur. Ayrıca, silikatlı boksitlerin aksine, Karbonatlı boksit yataklarının tümünde bir tavan (örtü tabakası) mevcuttur. Karbonatlı boksitler genellikle Türkiye'de dâhil olmak üzere Akdeniz ülkelerinde oluşmuştur. Karbonatlı boksitler, silikatlı boksitlerden daha yaşlıdır.

Yataklanma Şekilleri

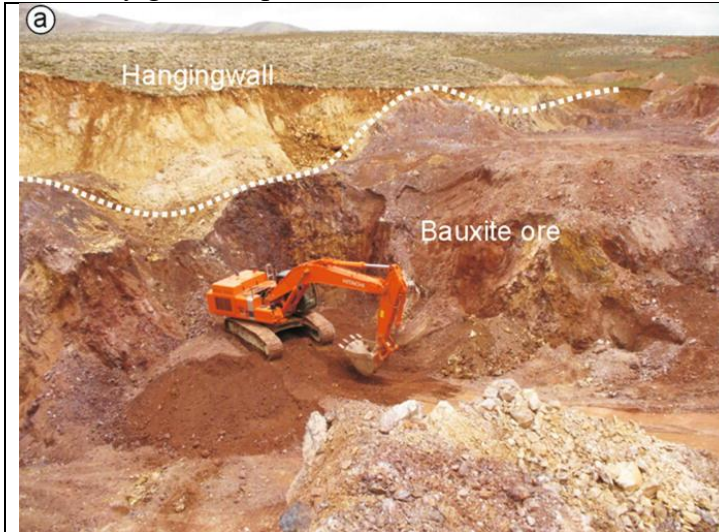
Kalıntı yığılımları şeklinde oluşan boksit yatakları 4 farklı şekilde birikirler.

1-Kabuksu örtü şeklinde yataklar: Bunlar aşınma yüzeyleri ile birlikte gelişmiş, derinlikleri az, tabanlarında bir kil seviyesi olan, yüzeyde veya yüzeye yakın, hemen hemen yatay kabuksu örtü biçiminde yataklardır. Bunların üzerinde genellikle bir toprak katmanı bulunur.

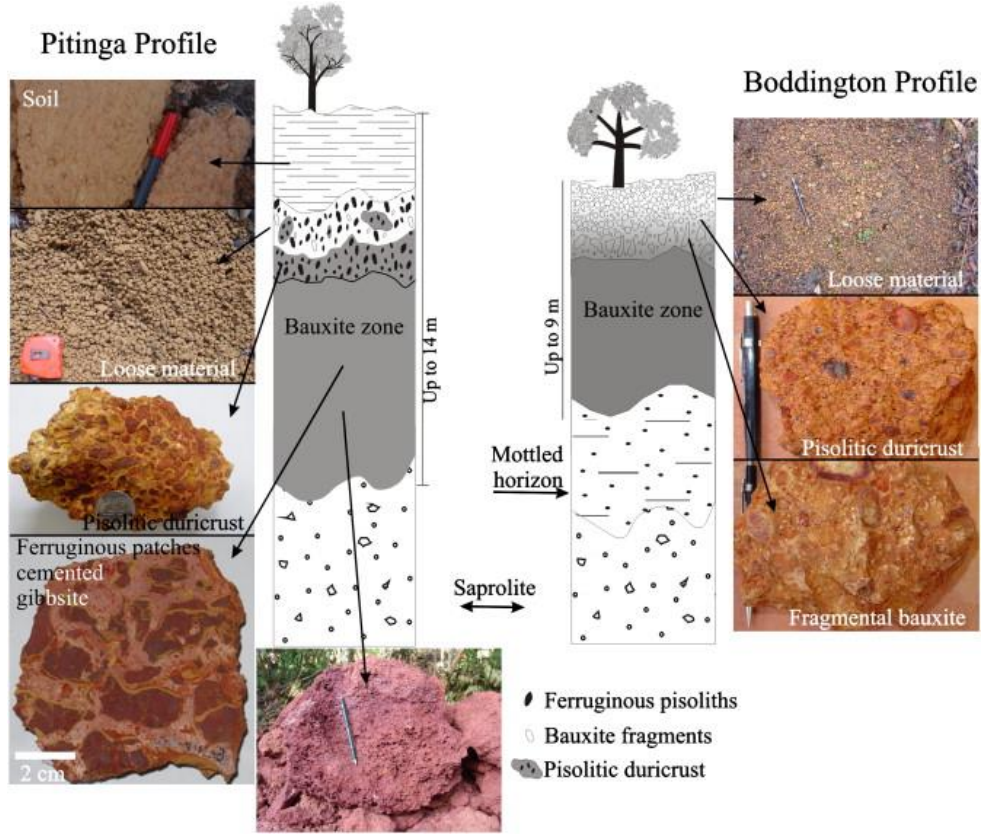
2-Katmansı boksit yatakları:



3-Boksit yığın ve cepleri:



Karbonatlı kayalar içindeki erime ve aşınma boşluklarını dolduran düzensiz boksit oluşuklarıdır. Tabanları kil, tavanları ince bir toprak veya kalın bir tortul ile örtülüdür. Akdeniz ülkelerindeki boksit yataklarının çoğu bu şekildedir.

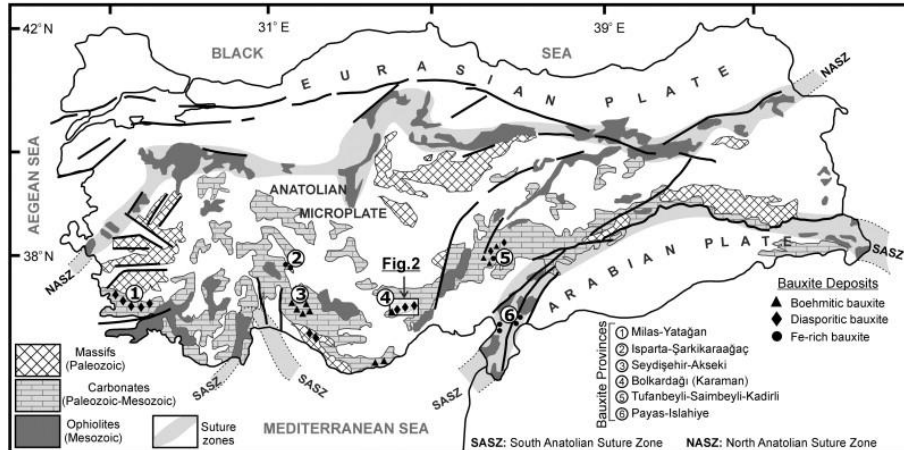


4-Boksit katmanları: Özellikle taşınmış boksitlerin ikinci kez çökerek oluşturdukları yataklanma tipidir. Taşınıp çökdikleri için tavan ve tabanlarında kil yoktur. Yatakların tavan ve tabanları oldukça düzgün, normal bir katmanlanma biçimine sahiptir. Ülkemizdeki bazı yataklar bu gruba girer.

Boksitlerin Evrimi ve Başkalaşımı

Uygun koşullarda ayrıışan kayalardan ilk çökelen boksit minerali gibsttir ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$). Bir sonraki aşamada gibsit sıcaklık etkisiyle suyunu kaybederek ancak X-ışınımı yöntemiyle ayrıt edilebilen diğer boksit minerallerine (diyaspor ve böhmit: $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) dönüşür.

Türkiye Boksit yatakları



Hanilçi (2013)

Türkiye'deki boksit yatakları genellikle orta ve batı Toroslar'da bulunmaktadır. En büyük rezervler Akseki (Antalya) ve Seydişehir (Konya) yörelerinde belirlenmiştir. Bu bölgelerde 100'den fazla yatak mevcuttur. Yataklar feldispatlı kayaların ayrışmasıyla ortaya çıkan alüminyumlu lateritlerin taşınarak karstik boşluklarda depolanmasıyla oluşmuştur. Buralardaki boksit yatakları Üst Kretase yaşlı karstik kireçtaşı ve bazen dolomitik kireçtaşları arasında oluşmuş mercekler veya süreksiz katmanlar biçiminde yığılmışlardır. Bu yataklardaki başlıca mineraller böhmit, hematit, kalsit, rutil, illit ve kaolendir. Bunlara az miktarda diyaspor ve götit eşlik eder. Antalya'da yaklaşık 22 milyon ton (diyaspor + böhmit) Konya'da ise yaklaşık 59 milyon ton (böhmit, demirli boksit ve diyaspor) görünür + muhtemel rezerv belirlenmiştir. Gaziantep-İslahiye bölgesinde yaklaşık 96 milyon ton demirli boksit, Zonguldak-Kokaksu bölgesinde ise yaklaşık 8 milyon ton görünür+muhtemel böhmit rezervi mevcuttur. Adana-Tufanbeyli (11 milyon ton diyaspor), Hatay-Payas (66 milyon ton demirli boksit), Kahramanmaraş-Göksun (3 milyon ton diyaspor), Kayseri-Sarız (450 bin ton diyaspor), Malatya-Doğanşehir'de (27 milyon ton diyaspor) ve Milas'ta (46 milyon ton diyaspor) tespit edilmiştir.