

## Altın; Ekonomik Yataklanma Tipleri, Arama Safhaları ve Maliyet

Koray KIRIŞ,

Anadolu Üniversitesi, Uyu ve Uzay Bilimleri Araştırma Enstitüsü, ESKİŞEHİR

### ÖZ

Bu çalışma, değerli metaller arasında ayrı bir yeri olan altının, ekonomik yataklanma tiplerinin anlatıldığı bir derleme çalışmasıdır. Plaser ve hidrotermal adı altında iki grupta toplanan yatak tipleri, Lindgren (1933) sınıflamasına benzer sınıflara ayrılmıştır. Plaser yataklar, genç ve fosil olmak üzere yaş göz önüne alınarak iki alt grupta, hidrotermal yataklar ise; epitermal, mesotermal ve hipotermal olmak üzere, oluşum sıcaklığı-basınç ve derinlik ortamlarına göre, üç alt grupta incelenmiştir.

### ABSTRACT

This study is a compilation work about the economic mineralization and types of deposition of gold, standing as privileged metal among the other precious metals. Classification is made according to the mode of process where, brief considerations were accumulation and mineralization and named as placers and hydrothermals respectively. The classification is quite similar to Lindgren's (1933). Placer deposits, considering the age of formation, are subgrouped into two as young and fossil, whereas hydrothermal deposits, considering the temperature-pressure and depth of formation, are subgrouped into three and studied as epithermals and hypothermals.

### GİRİŞ

Bu çalışma, değerli metaller arasında ayrı bir yeri olan altının, ekonomik yataklanma tiplerinin anlatıldığı bir derleme çalışmasıdır. Son sekiz yıldır, değişik uluslararası şirketlerin ülkemizde yaptığı araştırmalar ve yer yer alınan olumlu sonuçların, altın heyecanını içimizde biraz daha artırmış olmasını diliyorum. Özellikle mesleğin ilk basamaklarında olan meslektaşlarının, altın yataklanma şekilleri ve bunları arama yöntemlerinde göz önünde bulundurulması gereken alterasyon tipleri, mineral toplulukları, oluşum ortamları gibi konular hakkında bilgileneceğine inanıyorum.

### EKONOMİK YATAKLANMA TİPLERİ

En büyük altın yatağını okyanusların oluşturmasına karşın, teknolojik faktörler ve tenörü (0.02 ppb) işletmeye elverişli değildir (Wolfe, 1984). Buna rağmen dünya üzerindeki bazı koyların, 40 ppb'ye varan konsantrelerde oluşu, fizibilite çalışmalarının zamanla başlayacağını işaret etmektedir.

Değişik ortam ve yataklanma tipinde bulunabilen altın, genel bir sınıflama işlemine tabi olmamıştır. Çeşitli yayınlarda; plaka tektoniğine dayalı (Sawkins, 1990), plutonik-volkanik kökene bağlı (Nigli, 1929-Erler, 1988), magmatik-sedimenter-damar tipi-denizsel volkanik başlıklarında toplanmış (Stanton, 1972) fakat sadece Au göz önüne alındığında kanımca yetersiz genel sınıflamalar bulunmaktadır. Her ne kadar Bateman (1979)-Erler, (1988) sınıflaması metal cevherler için uygun görünse de bu yazıda Lindgren (1933) sınıflamasına yakın bir sınıflama kullanılmıştır.

Metaller, birçok araştırmacının da katıldığı üzere, dalım zonlarındaki okyanus kabuğu ve sedimanların, kıta kabuğunun alt kısmının ve üst mantonun kısmi ergimelerinden oluşan mağmayla daha yukarılara taşınırlar (Mitchell ve Garson, 1988). Bir kısmı magmatik ayrışım sonucu plutonik kütleler içinde kalırken, bir kısmı volkanik olaylarla yüzeyde ve yüzeye yakın ortamlarda yataklanır veya sedimenter dönenceye katılırlar. Diğer bir kısım ise; meteorik sularla tanışan mağ-

manın, ani sıcaklık, basınç, Eh, pH ve içerdiği bazı gazların kısmi basınç değişimi sonucu gerek mağmatik kütle içinde gerekse yan kayaya sığınım (inclusion), yayılım (dissemination) yada freatomağmatik patlama sonucu artan poroziteye bağlı olarak, breş bacalarında ve süreksizlik düzlemlerinde kümelenirler. Gerek plaka hareketlerinin ve dalım zonlarının etkisi oluşan büyük boyutlu yapısal kontroller, gerekse mağmatik kayacın kendisi ve dolaylı olarak sıvı ısınmaları ve basınç artışlarıyla ilgili küçük boyutlu patlama, kırılma, breş olumu, faylanma, indirgenmiş permeabilite/porosite (induced permeability/porosity), metal yataklanmalarının oluşumunda büyük yer edinir.

Ayrıca, metal taşıyıcı sıvıların Eh, pH ve diğer kısmi basınçlarındaki ( $P_{SO_2}, P_{O_2}, P_{CO_2}$ , gibi) değişimler, metallerin çökelim veya tekrar mobil olmalarını sağlar. Böylelikle jeolojik zaman içinde, yukarıda bahsi geçen değişimler sonucu birçok cevher taşınmış, kümelenmiş veya başka cevherlerle yer değiştirmiştir.

Yukarıdaki bilgiler ışığında, altının yataklanma şekillerini şu sınıflara ayırmak mümkün olur; a) Plaser ve fosil plaserler, b) Hitrotermal yataklar (Epitermal, mesotermal, hipotermal). Plaser yataklar, sedimanter kümelenme yada fiziksel yığılanma olarak da anılabilir ve mekanik bir ayırışım (decantation) işlemiyle oluşurlar. Hidrotermal yataklar ise gerek direk plutondan sağlanan metal taşıyıcı sıvıların ve gerekse su tablasının altında bulunan çeşitli sıvıların oluşturduğu yatakların genel başlığıdır ve tamamen kimyasal işlemler hüküm sürer. Hidrotermal koşulda, metallerin hareketlilik kazanabilmesi, sıvı içinde çözünebilmeleri, sıcaklık ilişkisine bağlı olduğundan, ısının artırılması hem inturuzyon kayalarına hem de düşey ısı gradyan değişimlerine ( $28m-1C^{\circ}$ ) bağlıdır. Kullanılan epitermal, mesotermal, hipotermal bu amaca hizmet eder ve basınç-sıcaklık-derinlik ortamlarını gösterirler.

### Plaser ve Fosil Plaser Au Yatakları

Çok basit bir anlatımla; altın içeren bir kuvars damarının mostra vererek erozyona maruz kaldığını düşünelim. Zamanla fiziksel duraylılığını kaybeden kuvars, parçalanarak hapsettiği altını serbest bırakacaktır. Çeşitli taşınım medyasıyla (düşüş, yuvarlanma, rüzgar, yağmur suyu yıkaması...) nehre kadar yıkanan (ta-

şınan) altın parçacıkları, özgül ağırlıklarının farklılığı nedeniyle dibe çökerek nehir yatağındaki çakıllar arasında yerini alacaktır ve zamanla konsantrasyon artımıyla plaser adını verdiğimiz yataklar oluşacaktır (Wolfe, 1984). Yukarıda tanımlandığı üzere, bu yataklar temel anlamda ağır minerallerin hafif minerallerden yerçekim kuvveti etkisiyle ayırışımı, dekantasyonu olgusuna dayanır. Ayırışımı yapan araçlar, hareketli olmak kaydıyla su (nehir, dalga), hava (rüzgar) veya konsolide olmamış sedimanların eğim boyunca (down slope) aşağı hareketleridir veya çoğunlukla bunların birkaçının bileşimiyle oluşan "taşıyıcı-ayırıştırıcı" ayırıştırıcılar topluluğudur.

Ağır minerallerin bir yerde topluluk oluşturabilmelerini Erler (1988) şöyle açıklar; yüksek özgül ağırlık ( $>3g/cm^3$ ), atmosfer koşullarına yüksek direnç (fiziksel ve kimyasal). Konsantrasyon oluşturabilecek belli başlı mineraller ise şunlardır: Altın, zirkon, monazit, topaz, safir, beril, korund, spinel, gümüş, elmas, platinyum, kasiderit, manyetit, ilmenit, rutil ve barit (Erler, 1988).

Oluşum şekline baktığımızda; yerinde konsantre olmuş plaserler: REZİDÜEL, ELUVYAL, hareketli sıvı ortamda oluşmuş plaserler: ALÜVYAL, KUMSAL yada KIYI AŞIRI, rüzgarla oluşmuş plaserler: EÖLİYEN olarak adlandırılırlar.

Kuzvart ve Böhmer(1978) ise daha detaylı bir çalışmayla;

*Eluvyal-* Yerinde parçalanmış veya fazla uzak olmayan bir yere taşınmış ve mineral topluluğu ilk kaynaktan farklı olmayan plaserler.

*Kolluviyal-* Mekanik olarak parçalanmış kaynak kayanın, eğim yıkaması, yağmur yıkaması, kayma ve diğer yerçekim kuvvetlerinin yardımıyla eğim aşağı inişli ve kille karışarak yatak oluşturmasıdır. Fakat kolluviyal plaserler genellikle büyük yataklar oluşturabilecek kapasitede değildirler.

*Alüvyel-* Nehir yatağı plaserleri, nehir bankı kum-çakıl plaserleri, vadi plaserleri, teras plaserleri ve vadi darboğaz plaserleri (ravines- dales) olarak sınıflara ayrılan, akarsuya bağlı oluşan plaserlerdir. Ekonomik yataklar genellikle nehir yatağı ve vadi alüvyon plaserleridir.

**Kıyı-** Deniz ve göl kıyılarında oluşurlar. Delta plaserleri ise alüvyel ve kıyı plaserleri arasında kalmasına karşın, bu grup altında toplanmıştır.

**Buzul-** Buzul sedimanları içinde bulunurlar. Buzulların içinde taşınan klastikler genelde ekonomik değerde bir yatak oluşturmaya ortam bulamazlar aksine buzullar var olan plaserleri süpürürler. Fakat morenler, sulu (aqueous) bir ortama girdiklerinde ağır mineral konsantrasyonlarını, alüvyel veya gölsel plaserler olarak sunarlar.

**Eoliyen-** Çöl bölgelerinde sık olarak görülürler. Çok büyük endüstriyel değerleri yoktur. Eski gölsel, nehirseld sedimanların rüzgar erozyonuna maruz kalarak, hafif partiküllerin taşınıp, ağır olanların yerinde (in-situ) yataklar oluşturmalarıdır.

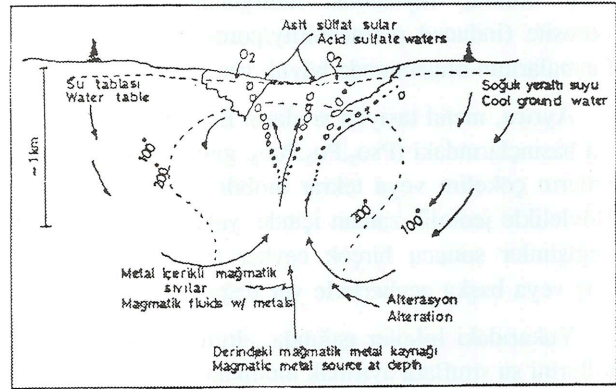
Yaş göz önüne alındığında ise plaser yataklar Genç ve Yaşlı (Fosil) olmak üzere ikiye ayrılırlar (Kuzvart ve Böhmer, 1978). Genç plaserler, Kuvaterner'den bugüne oluşmuş olanlar, Fosil plaserler ise Arkeen'e kadar uzanan eski yataklardır ve iki alt gruba ayrılırlar; Tersiyer-Mesozoyik ve Paleozoyik-Proterozoyik-Arkeen plaserler. Fosil Plaserler, konsolide olmuş, çimentolanmış, tektonik hareketlere maruz kalmış ve bazen de, eğer karbonat kayaçlarında yataklanmışlar ise, karstik olaylardan etkilenmişlerdir. Paleozoyik ve daha yaşlı plaserler çok sıkı çimentolanmış ve genellikle konglomera-iri taneli kumtaşı fasiyeslerine bağlı olarak yataklanmış başkalaşım geçirmiş ve tektonizmaya maruz kalmışlardır.

Plaser altın yataklarının önemi, dünyanın en büyük altın madeni olan Witwatersrand'le anlaşılabilir. Ortalama 9g/ton veren bu yataklar (Witwatersrand süper grubu) 1979'a kadar 30.000 ton altın üretimiyle, dünyada o güne kadar üretilmiş altının 3/4'ünü oluşturuyordu.

### Hidrotermal Au Yatakları

Hidrotermal sistemler basit bir modelle şu şekilde açıklanır; derindeki pluton, bir ısı hücresi oluşturarak metal içerikli hidrotermal çözeltileri harekete geçirip ve/veya metal içeren sıvı vererek, çatlaklar, fay kesişimleri, dokanak ve breşler boyunca yukarı çıkmalarını sağlar ve basınç azalımı, sıcaklık düşüşü, diğer sıvılarla karışım ve yan kayayla dokanak nedeniyle kaynamaya, karışmaya ve kimyasal reaksiyonlara girmeye başlar. Bu reaksiyonlar, sıvı içindeki bir kısım metallerin çö-

kelmesine, bazı metallerin ise kısmen çözülmesine neden olur. Soğuyan hidrotermal sıvı geriye kalan metalleri dışarıya genellikle yanal olarak, solüsyonlar halinde taşır ve aynı şekilde ikincil kaynama, soğuma, karışma, kimyasal reaksiyonlar yoluyla çökeltir. Hidrotermal bir sistem gelişim gösterirken, yapısal ve petrografik izlerle birlikte metallerin ve diğer minerallerin çökeltmesini sağlayan fiziksel-kimyasal reaksiyonları yansıtır (Eimon, 1987). Kaynayan bir hidrotermal sistemin modellemesi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kaynayan hidrotermal sistemin şematik diyagramı (Read & Spycher, 1986).

### Epitermal Au Yatakları

Lindgren (1933) 'Epitermal' terimini gerçekte; sığ derinlikte, düşük sıcaklık (50-200°C), orta basınçta, volkanik ve volkaniklere bağlı ortamlarda yükselen sıcaklık sıvılarının oluşturduğu cevher yataklarını tanımlamak için kullandı, fakat mağma ile hidrotermal solüsyonlar arasındaki ilişkiyi önemsemedi.

Son 10 yıldır hidrotermal yataklar üzerine yapılan detaylı çalışmalar hemen hemen teletermal teriminin kullanımını kaldırmıştır. Geniş bir spektruma sığdırılan epitermal terimi, bir bakıma porfiri (ve mesotermal) sistemlerin yüzeye yakın veya yüzeysel uzantıları olarak alına gelmiştir. Eimon (1987), epitermal sistemi şöyle tanımlar; Oluşum derinliği: 0-100m/Oluşum sıcaklığı: 50-300°C/Yatak şekilleri: silisli damar, breş bacaları, ağsal damar, disemine, yer değişim (displacement), düzensiz uzun eksenli yumrulanma (irregular pods)/Cevher tekstürleri: Boşluk doldurma (open space filling, drusy cavities), kabuk dolguları, tarak yapıları, kolloform dolgular, breşlenme, düzensiz yapraklanma/

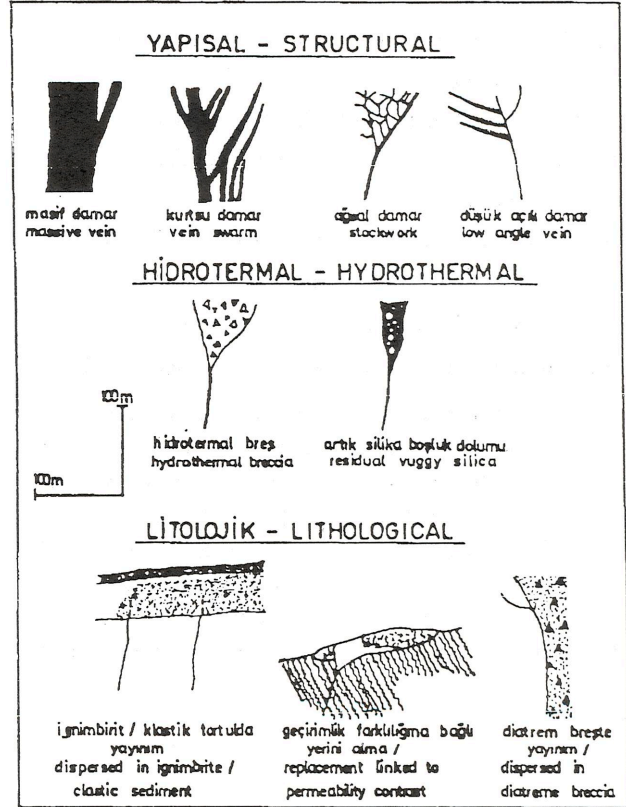
Cevher elementleri: Au, Ag, (As, Sb), Hg, (Te, TL, V), (Cu,Zn,Pb)/Alterasyonlar: silisleşme, arjilleşme, serizitleşme, illit, adularya, propilitik, kloritik/Mineral topluluğu: tellüridler, selenidler, sülfidler, altın, gümüş, barit, kuvars, florit, rodokrosit, adularya, serizit, klorit, hematit, arsenik ve antimon içeren kompleks sülfidler.

Lindgren (1933), epitermal yatakları mineral gruplarına göre dokuz sınıfa ayırmıştır: 1. Zinober 2. Stibnit 3. Gümüşçe zengin baz metaller 4. Altın 5. Arjentin-Altın 6. Arjentin 7. Altın tellüridler 8. Alünitli Altın tellüridler 9. Altın selenidler. Zamanla bilgi birikimi arttıkça bir çok sınıflamaların daha yapılması kaçınılmazdır.

Sillitoe (1990b), jeokimyasal açıdan (mineralojik ve alterasyona bağlı) epitermal yatakları iki grup altında incelenmiştir: düşük sülfitleşmeye bağlı ve yüksek sülfitleşmeye bağlı. Bunun yanında bir çok yazar (Sawkins, 1990-Mitchell, 1988-Eimon, 1987-Bonham, 1986), bu iki grubu yetersiz görerek ek gruplar oluşturmuşlardır. Gerçektende Sillitoe'nun, bahsi geçen gruplar da verilen örneklerin hiç birini kendi gruplama sisteminde kullanmamış olması eksik olduğu izlenimini uyandırmaktadır. Bu yazıda epitermal yataklar üç grupta incelenmiş; düşük sülfitleşmeye bağlı (DS), yüksek sülfitleşmeye bağlı (YS) ve diğer epitermalleri adı altında anlatılmıştır. Jenetik bakımdan bir sınıflamaya gidilse de epitermal yatakların oluşmasında yapısal, hidrotermal ve litolojik karakterlerin önemi yadsınamaz. Gerek işletme sırasındaki yatak geometrisinin önemi ve gerekse arama esnasında jeologların göz önüne alması gereken yegane görünür parametreler kayacın oluşum sıcaklığı ve mineral içeriğinden çok tektonik konumu, litolojisidir. Bununla ilgili bir diagram Şekil 2'de verilmiştir.

#### Yüksek Sülfitleşmeye Bağlı Epitermal Au Yatakları (YS)

YS, DS'den temel olarak alterasyon ve yataklanmayı belirleyen sıvı içerikleriyle ayrılık gösterir. YS tipler asit, sülfürce zengin, oksidize sıvılara bağlı oluşurken, DS tipler nötre yakın, sülfürce fakir, indirgenmiş (reduced) sıvılar tarafından oluşturulur. YS sıvılar (fluids) SO<sub>2</sub>'ce zengin mağmatik gaz ve sıvıların (volatiles) yoğunlaşması sonucu (condensation) oluşurlar. Bu yüzden YS'lere Asit sülfat yada Kuvars-alunit epitermalleri de denir. YS'leri DS'lerden ayıran diğer bir önemli özel-



Şekil 2. Yapısal, hidrotermal ve litolojik geçirimsizliğin yataklanmaya etkisini gösteren seçilmiş epitermal yatak şekil ve geometrileri (Sillitoe; 1990).

lik de ileri arjilik (silika-alunit-profilit) alterasyonunun görülmesidir. Bunun nedeni de SO<sub>2</sub>'ce zengin asitli sıvıların sistemin yukarı kısımlarında şiddetli alterasyondur.

YS'lerin hemen hepsi subalkalin, andezitik-riyodasitik volkanizmaya bağlı ve tipik olarak porfiri Cu-Au, porfiri Cu-Mo yataklarının üst kısımlarında gelişirler (Sillitoe, 1990b). Örnekleri Orta Andlarda (El Hueso, La Pepa-pili), Batı Pasifik'de görülür. Altın mineralizasyonu, enarjit-altın şeklindedir ve oluşum sıcaklıkları 200-250°C olarak tahmin edilmektedir (Lepanto, Wafi). Yataklar genellikle damar tipindedir fakat breş ve masif ornatma (massif displacement) şekilleri de yaygındır. YS yataklar tektonik yerleşim açısından incelendiğinde, normal dalıma bağlı aktif kıta kenarlarında, volkano-plutonik yay ve ada yaylarında yoğunluk kazandıkları gözlenir.

Önemli yataklar:

El Indio-Şili, Pueblo Viejo-Dominik Cumhuriyeti,  
Lepanto-Filipinler,  
Julcani-Peru, Choquelimpie-Şili, Butte-ABD,  
Chinkuashih-Tayvan, Thames-Yeni Zelanda,  
Nena -P.Y.Gine  
Nalesbitan-Filipinler, Teire -Japonya, Wild Dog-P.Y.G.  
Wafi River-P.Y.G, Iwato -Japonya, Kasuga-Japonya  
San Juan-ABD, Nasatsu-Japonya, N.S.Wales-Avustralya.

#### Düşük Sülfitleşmeye Bağlı Epitermal Au Yatakları (DS)

Düşük sülfitleşme epitermal sistemler, düşük oranda baz metal içerikleri, kuvars-adularya-karbonat-serizit (illit) alterasyon topluluğu, nötre yakın pH değerleri ve yüksek gümüş/altın oranlarıyla epitermal yatakların en yaygınlarıdır. Genellikle volkanikler içerisinde çatlak dolumu (fissure filling) şeklinde yataklanırlar. Genel gang mineralleri başta kuvars olmak üzere kalsit ve adularyadır. Bir çok damar yapısı, kloritin egemen olduğu

propilitik alterasyonla çevrilidir (Sawkins, 1990). Metal içerikleri altın (+/- altın tellüridler), gümüş sülfidler-sülfosaltlardır (sülfür tuzları) ve yer yer selenidler görülür.

Baz metal içeriği 1-2 % oranındadır (Sawkins, 1990). İşletme halinde olan yataklardan en derini 800m. civarındadır ve artan derinlikle beraber altın/baz metal oranı düşer (Mitchell, 1988). Mineralleşmeyi sağlayan mağmatik köken daha az önemlidir ve geniş bir spektrum gösterir.

Sillitoe (1992) DS epitermal yatakları üç grup altında sınıflara ayırır: a. Subalkalin kayalarla ilişkili, sülfitleşme fakir, b. Subalkalin kayalarla ilişkili, sülfitleşme zengin, c. Alkalin kayalarla ilişkili, sülfitleşme zengin (Bonham, 1986-tarafından bir grup olarak görülür). Sülfitleşme zengin ve sülfitleşme fakir subalkalin DS epitermal sistemleri açıkça birbirlerine geçişli olmalarına karşın belirsizdirler.

a. grubu sistemler riyolitik kayalarla ve genellikle de akış kubbe kompleksleriyle (flow dome complex) ilişkilidirler. Yay tipi epitermalleri oluşturan a. grubu,

Ladolam	-PYG	Chistose	-Jap.	Baguio	-Fil.
Okuchi	-Jap.	Waihi	-YZ	Toi	-Jap
Hishikari	-Jap.	Kerimenge	-PYG	Wau - Edie Creek	-PYG
Seigoshi	-Jap.	Emperor	-Fiji	Bajo	-Jap.
Umuna	-PYG	Kabang	-PYG	Hidden Valley	-PYG
Diwalwal	-Fil.	Paracale	-Fil.	Compestela	-Fil.
Sado	-Jap.	Sorowar	-PYG.	Konomai	-Jap.
Gold Ridge	-PYG	Masbate	-Fil.	Woodlark	-PYG
Kushikino	-Jap.	Hijo	-Fil.	Golden Cross	-YZ
Placer	-Fil.	Siana	-Fil.	Marian	-Fil.
Taio	-Jap.	Metalifer Mnth.	-Romanya	Wapolu	-PYG
Karpatlar		Karangahake	-YZ	Rodop	
Masara	-Fil.	Makedonya		Takatama	-Jap.
Tayoltita	-Meksika	Yamagano	-Jap.	Kafkaslar	
Bulawan	-Fil.	Hollinger Field	-Kanada	Noranda Field	-Kanada
Yellow Knife	-Kanada	Morro Velho	-Brezilya	Ashanti	-Gana
Hartley	-Zimb.	Kalgoolie	-Avust.	Mesquite	-ABD
Ballarat Bendigo	-Avustralya	American Girl	-ABD	Tonapah	-ABD
Pedrey Madre	-ABD	Comstock	-ABD		

Önemli DS epitermal yataklar.

en iyi Japonya, Coromandel Yarımadası (Yeni Zelanda), Antiplano Platosu (Peru) ve Batı Amerika'da görülür. b. grubu sistemler andezitik ve riyodasitik kayalarla ilişkilidirler. a. ve c. grubuna göre daha derinlerde oluşmuşlardır ve intruzyon kayalarıyla ilgileri daha fazladır (Sillitoe, 1992), bu da yüksek sülfür değerlerinden kaynaklanır.

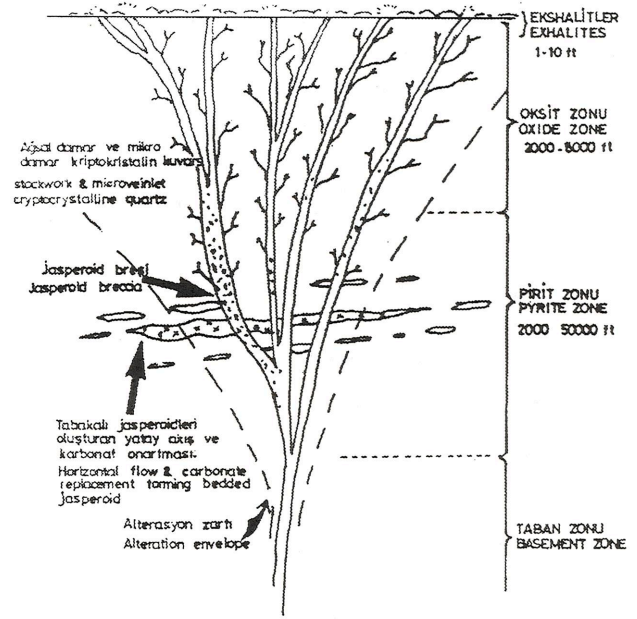
Batı Pasifik, Kuzey Amerika Batısı, Filipinler, orta ve Kuzey Peru'da bulunurlar. c. grubu ise diğerlerinden farklı olarak hidrotermal yapılarında değişik elementler taşır (F, Te, V) ve belkide tamamen magmatik kökene dayalı sıvılar tarafından oluşturulurlar (Sillitoe, 1992).

DS yataklar tektonik konumlarına bakıldığında alt grupların gerekliliği daha iyi anlaşılır. a. ve c. grubu DS'ler karşılaştırmalı yay sistemlerinde (comparable arc systems) konuşlanırken, b. grubu DS'ler dalım sırasında yada dalımı takiben gelişen gerinim bölgelerinde yoğunluk kazanırlar (Sillitoe, 1992).

#### Diğer Epitermal Yataklar

1) Sediman ve Karbonatlı Kayalarda Yataklanmış Altın: Bu grubu oluşturan yatakların başında (ve ismi ile anılan) Carlin madeni (Nevada) gelir. Karakteristik özellikleri yatak kayasının ince tabakalı, karbonatlı, siltli kireçtaşları oluşu ve mikron boyutunda altının yanında yüksek arsenik değerlerinin bulunmasıdır (100-1000ppm). Silika içeriği jasper olarak yataklanır ve bu da yatakların bulunmasında bir rehberdir. Altın, yatağın alt kısımlarında çatlak dolusu, pirit kaplaması (coating) ve daha az miktarda organik karbonla birlikte bulunur. Yatağın üst kısımları ise değişik boyutta şiddetli alterasyona maruz kalmıştır. Burada bulunan altın ise kuvars ve oksit-kil minerallerinin içerisinde çok küçük parçacıklar halindedir (< 10 mikron) Şekil 3.

Carlin cevherindeki sıvı kapanım (fluid inclusion) çalışmaları, çok fazlı sıvı olaylarının varlığını ortaya koymuştur. Tuzlu çözeltilerden gelen hidrokarbon bileşikleri bunlardan biridir, ancak altın yataklanması bu tür hidrotermal alterasyonlardan daha önce, 250°C' den daha düşük sıcaklıklarda, asidik, düşük tuzluluğa sahip karbondioksitli sıvılarla oluşmuştur (Kuehn ve Rose, 1986 Sawkins, 1990). Hidrotermal dönenceye neden



Şekil 3. Epitermal altın yataklarında karbonat yatak modeli.

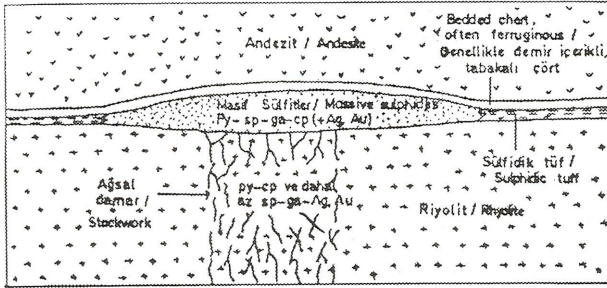
olan ısı ise tahminen alt kısımda konuşlanmış Tersiyer asidik magma külesinden sağlanmıştır. Radtke (1985-Sawkins, 1990) cevherleşmenin, konveksiyon sistemin alt kısımlarındaki sedimanter kütlelerden yıkama yoluyla alınarak yataklandığını öne sürer.

Carlin-tipi (disemine fakat yüksek rezerve sahip) yataklar Endonezya'da Raratotok, Battle Mountain ve Getchell Trend (Nevada)'da görülür.

2) Altınlı Volkanojenik Masif Sülfür Yatakları (VMS): VMS'ler, sığ deniz tabanlarında, volkanik olaylarla ve hidrotermal solüsyonlar tarafından oluşturulmuş sülfürce zengin ve genellikle baz metal içerikli yataklardır. Literatürde ayrı bir sınıf olarak geçmesine karşın, oluşum ortamları (basınç-sıcaklık) bakımından epitermal özelliğe sahip olduklarından bu kısımda incelenmiştir.

Masif sülfür yataklarının genel özellikleri, deniz altı volkanizmaları ve bu volkanizmalara bağlı sedimanlarla ilişkili olarak yataklanmaları, cevher yatağının mercer şeklinde olup sınırlarının genellikle keskin ve belirgin oluşu, yataklanmanın biçiminin bölgenin yapısına (yapısal ve litolojik dokanıklar) uygun oluşu ve şiddetli alterasyon (serizitik, kloritik, albitleşme, arjilik, propili-

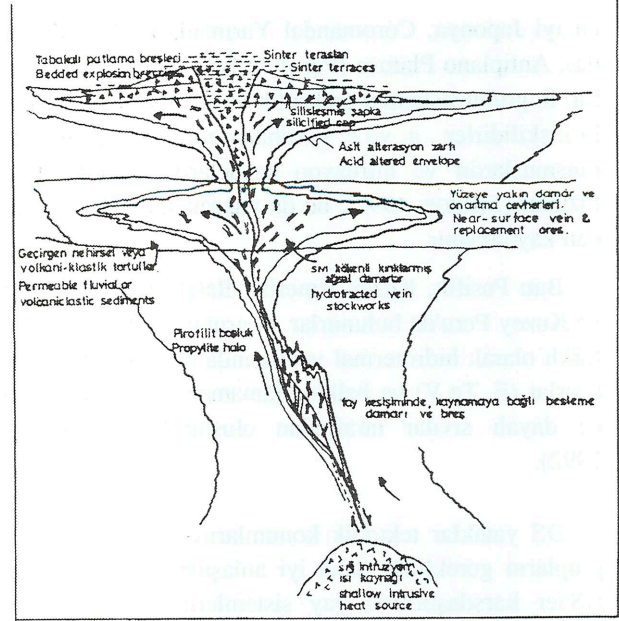
tik, silisleşme, piritleşme) kuşaklarıdır (Şekil 4). VMS yataklar, buldukları tektonik konum, cevher mineralleri ve volkanik kayanın kompozisyonuna göre Arkeen, Beshi, Cyprus ve Kuroko (Pontid) adlarını alırlar. Burada bizi ilgilendiren alt gurup, gelişmiş ada yaylarında andezitten riyolite kadar uzanan kompozisyonunda, baz metal (Cu,Pb,Zn) nitelikleriyle tanıyan "Kuroko Tipi" yataklardır. Zira altın cevherleşmesi, eğer varsa, ancak bu grupta görülür. Altınca zengin Kuroko tipi yataklara örnek şunlardır: Nurukawa, Kosaka (Japonya), Anagase (Filipinler), Rio Tinto (Iberian kuşağı-İspanya).



Şekil 4. Yataklanmayı besleyen ağsal damar yapısını ve tipik mineraloji gösteren ideal, volkanik ilişkili masif sülfid yataklanması, py, pirit, sp, sfalarit, ga-galen, cpkalkopirit (Savkins, 1990).

3)Ilıca Tipi Epitermal Au Yatakları: Nelson ve Giles (1985) tarafından ortaya konulan bu sınıflamayı belki teletermal olarak geçmek doğru olurdu fakat epitermal sistemin bir uzantısı, yüzeye yakın bir epitermal oluşu, yüksek sıcaklık (teletermallere göre) nedeniyle ılıca tipi adı altında incelenmiştir.

Diğer epitermal altın yataklarıyla benzerlikler göstermesine karşın, ayrılış noktası, yukarıda sayılanlar dışında, Hg, Sb, As ve Tl'ce zengin oluşu, şiddetli kaolin-silika-alunit alterasyonuna maruz kalmasıdır. Yüksek silika konsantrasi kalsedon-opal olarak görülür ve hidrotermal patlama breşleri vardır (Şekil 5). Yataklanmayı oluşturan sıvılar düşük tuzlulukta, nötre yakın pH değerlerinde ve az fakat belirgin CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S miktarlarına sahiptir. Altın yataklanma şekli Carlin-tipi olup geniş yanıl alanlar kaplarlar. Örnekleri: Hasbrouck Mountain, Sulfur, Round Mountain (Nevada), Cinola (British Columbia), Pueblo Viejo (Dominik Cum.), Mc Laughlin (Kaliforniya).



Şekil 5. İlıca tipi altın yatağının şematik kesiti.

### Mesotermal Au Yatakları

Mesotermal yatakları Lindgren (1933); orta derinlikte, 200-300°C'de, yüksek basınçta oluşmuş hidrotermal yataklar olarak tanımlar ve porfiri sistemleri, mesotermal sistemin bir oluşum şekli olarak görür. Oysa Guilberd ve Park (1981-Erler, 1988) porfiri sistemleri, porfiri baz metal yatakları olarak, hidrotermal sistemlerden ayrı bir sınıfta incelemişlerdir. Aslında, mesotermal altın yatakları genelde porfiri şeklinde yataklandıkları için literatürde porfiri adı altında daha yaygın geçer fakat bunun yanında Mother Lode gibi damar ağırlıklı yapıda yataklanmalar ya Mesotermal ya da damar tipi olarak adlandırılırlar. Bunun yanında skarn veya diğer dokanak metasomatizması yoluyla oluşmuş altın yatakları, sadece breş bacalarında yataklanmış örnekler de bulunur. Gerçekte, pek az hidrotermal altın yatağı tek bir sınıfa dahil edilebilir. Genellikle derinlere ve yüzeye olan uzantılar, tektonik ve litolojik kontroller, mağmatik sıvılarla ve intruzyon (ısınımı ve/veya metalleri sağlayan) kayaç tipi, metamorfizma gibi etkenler bir çok yatağı birden fazla jenetik oluşum içine sokar.

### Porfiri Au Yatakları

Porfiri tipi altın yatakları genelde yatak ana mineralinin altından çok bakır ve/veya molibden oluşu nede-

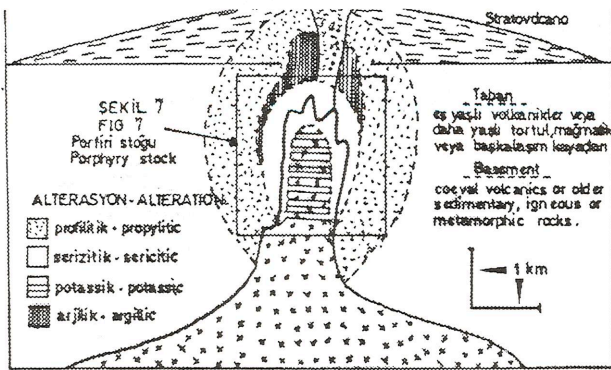
niyle, "Altın bakımından zengin porfiri yataklar" olarak adlandırılırlar (Sillitoe, 1979), koşulu  $>0.4$  ppm Au olarak belirtilir. Yataklanma, tahminen aynı mağmadan türemiş volkanik kayalara ve dik silindirik şeklindeki porfiritik stoklara bağlı gelişir. Mağma kompozisyonu düşük potasyumlu kalk-alkalinden, yüksek potasyumlu kalk-alkalin ve potasik alkaline dek uzanan geniş bir jeokimyasal yapıya sahiptir (Sillitoe, 1993a). Bakır ve altının büyük kısmı potasik alterasyon sırasında yatak kayasına verilir. Alterasyon kuşakları beş ana grupta ele alınır (Şekil 6-7); Potasik kuşak, Fillik kuşak, Arjilik kuşak, Propilitik kuşak ve İleri Arjilik kuşak. Potasik kuşak alterasyonunun en iç bölümünde, esas olarak potasyum feldspat, biyotit ve az miktarda kuvars, serizit, anhidrit içerir. Fillik kuşak, biyotit-potasyum feldspat kuşağını çevreleyen, bazı yerlerde onun yerine gelen, kuvars, serisit, pirit, illit, az klorit ve çok az rutil alte-

rasyon minerallerini içerir. Arjilik kuşak ise temel olarak kuvars, kaolinit ve montmorillonit, az oranda serizit, klorit ve lökoksen içerir. Cevher kuşağının merkezine doğru gidildikçe plajiyoklasların kaolinleşmesi ve uzaklaştıkça montmorillonitleşmesiyle kuşak belirginleşir. Propilitik kuşak, geniş alanlar kaplayan (1-1.5 km'yi bulur) epidot, kalsit ve klorit, albit, az miktarda zeolit, kaolinit, montmorillonit ve lökoksen alterasyon minerallerinden oluşur. Zaman zaman dominant minerale bağlı olarak, Albitleşme, Kloritleşme, Zeolitleşme, Karbonatlaşma adlarını alır (Erler, 1988). İleri Arjilik kuşak, sistemin en üst seviyelerinde, asit yıkaması sonucu şiddetli kil alterasyonuna bağlı olarak gelişir ve alterasyon mineralleri pirofillit, dikit, alunit, turmalin ve topazdır (Sillitoe, 1993b).

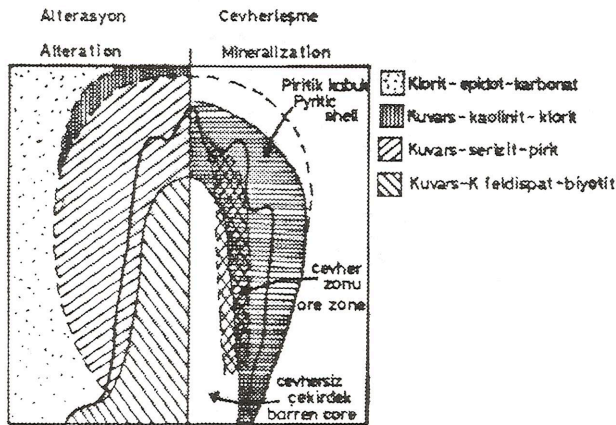
Altın, sülfürlü mineraller içerisinde bulunur ve damar, damarcık ve saçınımlar halinde kaya içerisinde dağılır. En yüksek altın tenörü çekirdekdeki potasik zonda bulunur, bununla birlikte propilitik kuşakta küçük fakat yüksek tenörlü altın-gümüş-kalkopirit damarları ve İleri Arjilik kuşakta, yüksek asitli sıvılardan dolayı yukarılara taşınmış altın saçınımları bulunabilir (Sillitoe, 1993b). Cevherleşmeyi oluşturan potansiyel, felsik ve orta bileşimli intrusiflerden yükselen kupololara bağlıdır. Batolit yerine yerleştikten hemen sonra, soğumaya bağlı olarak, kristal farklılaşması süreci başlar. Sürekli ve tekrarlanmalı farklılaşma sonucunda mağma üst kesimleri silisyum, potasyum, sodyum ve uçucu maddelerce (metal içerikli) zenginleşir ve zenginleşmeye bağlı olarak üst bölgelerde ergime sıcaklığı düşer ve batolitten baloncuk şeklinde (plug-cupola) yukarıya doğru çıkarlar.

Kristalleşme sürerken, kupola kesiminde uçucuların basıncı çevre basıncını geçene dek yükselir. Bunun sonucunda intrusif ve yan kaya kırılır ve uçucular bu kırıklar boyunca yükselirler. İç basıncın azalmasıyla birlikte soğuma başlar. Kristalleşme ve azalan basınç-sıcaklık, mağmanın sulu akışkanlarla aşırı doymasına ve  $H_2O, Cl, S, F, B, P, H^+, CO_2$  içeren sulu bir fazın ayrışmasına neden olur (Erler ve Aral, 1981). Bu sıvılar da yukarıda bahsedilen alterasyonlara ve metal yataklanmalarına neden olurlar.

Altınca zengin porfiri yataklarının diğer Cu-Mo sistemlerinden ayrılması ise şöyle açıklanabilir; a) Bilinen



Şekil 6. Porfiri bakır oluşumunun genelleştirilmiş modeli.



Şekil 7. Tipik porfiri Cu sisteminde gelişen cevherleşme ve alterasyon kuşakları.



altınca zengin porfiri yatakları molibdençe fakirdir, b) Yatakların 80%'i hidrotermal manyetit bakımından (+hematit+martit+maghemit) zengindir, c) Sillitoe (1990a) potasik alterasyonun yanında, ona eşlik eden Ca-silikat alterasyonu olabileceğini (amfibol-piroksen-granat) söyler, d) Volkano-plutonik ada yay ve kıta kenarlarında bulunurlar, e) Bakır-molibden porfiri yatakları, altınca zengin porfiriler gibi kalk-alkalin stoklarla ilişkili olabilmesine karşın, alkalin stoklarla birlikte bulunmazlar. Örnekleri şunlardır:

Coonumola-Avustralya, Mount Polley Canada, Panguana-Papua. Y.Gine

Fish Lake-Canada, Grasberg-Endonezya, Afton - Canada, Cabang Kiri-Endonezya, Bingham-A.B.D. Sungai Mak-Endonezya

Dos Pobres-A.B.D, Mamut-Malezya, Tanama-Porto Riko, Kingking-Filipinler, Bajo de La Alubrera-Arjantin Amacan-Filipinler

Marte-Şili, Dizon-Filipinler, Lobo-Şili

Santo Tomas II-Filipinler, Skouries - Yunanistan, Guinaoang-Filipinler

Saindak-Pakistan, LepantoFar-Filipinler, Mount Milligan-Canada,

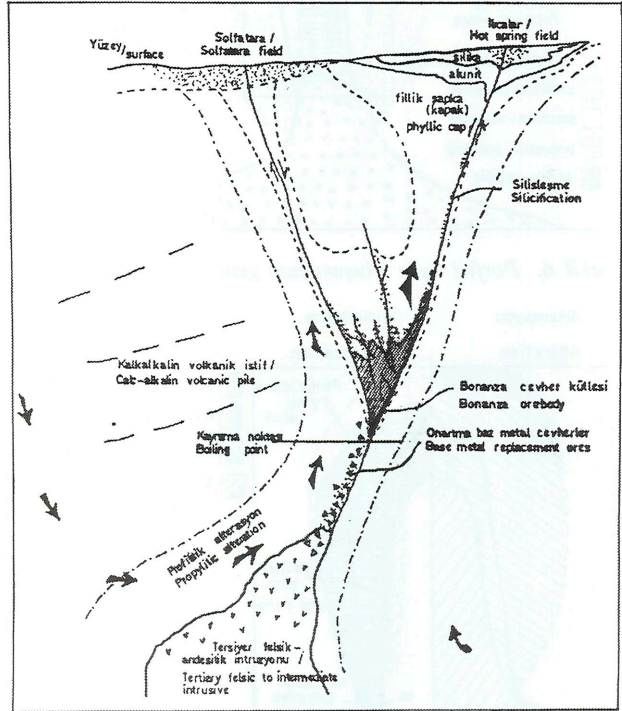
Galore Creek-Canada, Morrison-Canada, Bell Copper-Canada

#### Damar Tipi (Vein-Lode) Au Yatakları

Damar tipi mesotermal altın yataklarına en güzel örnek şüphesiz California'daki Mother Lode olacaktır. 1990'a kadar 10g/ton'luk tenörle 1000 ton altın üretimi yapılan bu yatak, benzerleri gibi metamorfik kayalar içinde saçınım veya kuvars damarları şeklinde oluşmuştur. Altın cevheri, nabit altın ve tellüridler (özellikle petzit) şeklindedir. Yatakların sülfür içeriği tipik olarak düşük ve genel mineraller pirit başta olmak üzere arsenopirit, sfalerit, galen, kalkopirit ve tetrahedrittir. Gang mineralleri kuvars, ferro-dolomit, diğer karbonatlar ve serizittir (Sawkins,1990).

Yataklanma sıcaklıkları, Weir ve Kerrick (1987-Sawkins, 1990) tarafından 250-300°C olarak tanımlanırken, Sawkins (1990), altın ve kuvarsin enjeksiyonu

için >340°C ve 670-2500 kbar koşullarını öne sürer. Benzer özellikleri gösteren Kanada Cordillera'sındaki altın yatakları ve Alaska'daki Juneau altın kuşağı da Mother Lode gibi okyanus veya ada yayı orijinli, eski-gelişmiş (accreted) bölgelerde yataklanmışlardır. Bununla birlikte, yeşilüst fasiyes kuşaklarında (Gereenstone belts), yine mesotermal sistemde oluşmuş bir çok yatak (Sigmamine-Quebec-Kanada, Porcupine Camp-Ontaria-Kanada, Golden Mile Camp-Kalgoolie-Avustralya, Norseman kuşağı-Avustralya) Kuzey Amerika kıtasında bulunan yukarıda sayılan kardeşleri gibi, ana fay sistemleri, makaslama zonları ile yakından ilişkilidir. Genelde bu kırık sistemleri yüksek açılı ters fay veya ters-oblik makaslama zonlarıdır. Tekstürel ve metamorfik deliller (Sibson ve Poulsen, 1988), bu altın sistemlerinin, sismojenik zon tabanlarına yakın yerlerde (-10km) sünlü (ductile) deformasyonların yerlerini kırılğan (brittle) deformasyonlara bıraktığı yerlerde oluştuğunu göstermektedir. Yataklanmayı oluşturan sıvıların kaynağı ise metamorfik sular, derinde konuşlanmış mağma odası veya ikisinin bileşimi olabilir (Şekil 8).



Şekil 8. Bonanza damar yapısı altın yataklanması yan kesiti (Buchanan, 1981'den derleyen Eimon, 1987).

## Au Skarnları

Skarn yataklarını mesotermal sınıfa sokmak pek doğru görünmese de, oluşum sıcaklığı ve porfirilerle yakından ilişkileri göz önüne alındığında haksız bir sınıflama olmaz, fakat yine de doğruluğu tartışılabilir.

Skarnlar, basit anlamda, derindeki bir plutondan çıkan metalce zengin sıvı ve gazların, karbonatlı yatak kayasına saçılıp, cevher yatakları oluşturmasıdır. Newberry (1993), skarnların genel özelliklerini şöyle sıralar:

1. Skarnların metal içerikleri, ilişkili olduğu plutonla sistematik bir ilişki içindedir;

a) Porfiri Cu+kireçtaşı.....Cu skarn

Sn graysen+kireçtaşı.....Sn skarn

b)Pluton tipi/Diorit...Q- Monzodiorit....Granit

İlişkili Skarn tipi/ (Fe+Au) (Cu+Au+Ag/Pb+Zn+Ag) (W+Mo+Au)(Sn+Mo)

Aynı tipteki plutonda W skarnları daha derinlerde, Cu, Pb-Zn skarnları daha sığ derinlerde oluşur. Au veya Sn skarnları  $Fe_2O_3/FeO$  oranı düşük plutonlarla ilişkilidir.

2. Skarnlar, ilişkili oldukları plutonlardan daha fazla metal içerirler (tenörleri daha yüksektir).

3. Bir çok skarn ve metasomatik yatak (Fe, W, Pb-Zn, Au özellikle) gerçekte, metalce fakir stoklarla ilişkilidir ve bu stoklarda görünür bir alterasyon, damarlaşma göstermezler.

4. Skarn ve onunla ilişkili ornatmalar, ana plutondan > 3km uzakta olabilirler. Altınca zengin ve Pb-Zn-Ag skarnları genellikle ana plutondan >1 km uzakta bulunurlar. Skarnların sülfid zengin kısımları örtülür veya fiziksel alterasyona uğrarlar (weather). Skarn yatak oluşum sıcaklığı 600-200°C'dir. Kalk-silikat alterasyonu ve cevherleşme, basınca, sıvı kompozisyonuna, yükseltgenme durumuna bağlı olarak daha düşük sıcaklıklarda gerçekleşir.

Bunun yanında, altın ve diğer skarn gruplarının genel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Au skarnlarına örnek; Fortitude (Nevada), Hedey (British Columbia), Leadville (Colorado), Ertzberg-Ertzberg East (Avustral-

Çizelge 1. Çeşitli skarn tiplerinin özellikleri.

TİPİ	Altın	Bakır	Çinko-Kırmızı	Molibden	Bismüt
İLİŞKİLİ OLUŞU METALLER (HİROFİL)	Au (Cu, Bi, Te, As, Co)	Cu (Mo, W, Sn)	Zn, Pb, Ag (Cu, W)	Mo, W (Cu, Bi, Sn)	Te (Cu, Co, Au)
TIKTORİK KÖRÜM	Ada yay ve ritilli yay akıntı kireçtaşları	Kata kireçtaşları	Kata kireçtaşları	Kata kireçtaşları	Ada yay ve ritilli kireçtaşları
İLİŞKİLİ DİTRUZYON KAYACI	Gabro-Granodiorit	Granodiorit-K. Monzodiorit	Granodiorit-Granit/ Diorit-Diyazit	K. Monzodiorit-Granit	Gabro-Diyazit
DİTRUZYON MORFOLOJİSİ	Stok, sığ, kayk	Stok, sığ, koyu bacalı	Eğer varsa, basit stoklar ve lavlar	Stok	Stok, sığ
DİTRUZYON ALTERASYONU	Orta endotermik, Fe-Silikat	Bölgesel endotermik, Fe-Silikat, serisitik	Yaygın endotermik	Kıvraklı kireçtaşları Fe-Silikat	Yaygın endotermik Fe-Silikat
CEVHER MİNERALOGİSİ	Nakit, silika, kalkopirit, pirrot, arsenopirit, pirit, tellüridler, bismütin	Kalkopirit, bornit, pirit, hematit, mançetit	Sialerit, galen, arsenopirit, kalkopirit	Molibden, silika, pirit, bismütin, kalkopirit	İsazirit, kobalt, kalkopirit, pirrot
KARAKTERİSTİK BÜYÜKLÜKÜ (Mikronlar)	0.4-10	1-100	0.2-3	0.1-2	5-150
KARAKTERİSTİK TİPÖR	2-15 g/ton (Büyük örnekler 4.5 g/ton)	1-2 W	9 W Zn, 6 W Pb, 170 g/ton Ag	0.1-2 W MoS2	40 W Te

ya), Ok Tedi (Papua Yeni Gine), Thanksgiving (Filipinler) verilebilir.

## Hipotermal Au Yatakları

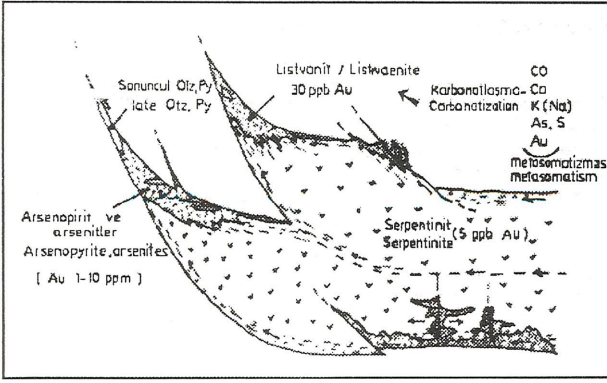
Hipotermal altın yatakları, yüksek sıcaklık (300-500°C)-basınç ortamında hitrotermal sıvıların en alt seviyelerinde (>1km) oluşurlar (Lindgern, 1933). Yan kaya alterasyonları genel olarak; serizitik (graysen) kloritik, potasik ve silisleşmedir (Erler, 1988). Yatakların genel oluşum şekilleri; breş bacaları, derin deniz buhar boşalımı (ekshalatif) ve ofiyolit ilişkilidir.

## Breş Bacası Tipi Au Yatakları

Bilinen örnekler, anorojenik granitoid ve yay arkalarına (Back-arc) bağlı alkalin mağmatik plutonlarla ilişkilili oluşurlar. Oluşum sıcaklıkları 150-500°C arasında ve derinlikleri >1km olarak belirtilir. Altın mineralleşmesi, nabit altın veya tellüridler şeklindedir, diğer cevher mineralleri ise florit, sfalerit, kalkopirit, bornit ve piritir. Örnekleri: Cripple Creek (Colorado), Zorman (Montana), Olympic Dam (Güney Avustralya), La Plata (Colorado), Otiz (New Mexico), Golden Sunlight (Montana).

## Ofiyolitlerle İlişkili Au Yatakları

Sıkça görülebilir yataklar olmayıp, genellikle ofiyolit dizilerinin ultramafik kısımlarında (bazal-kritik zonlar) "faylanmalara" bağlı gelişirler. Ekonomik kontrastasyon, süreksizlik düzlemlerinde şiddetli altere olmuş, silisleşmiş ve karbonatlaşmış serpentinitlerle (listvanit) ilişkilidir (Şekil 9). "Birincil (primary) oluşum"a bağlı bilinen örneklerde ise ofiyolitler, anorojenik, sıcak noktalara (hot spots) bağlı kratonlarda oluşmuş ve tektonizmaya bağlı olmadan gelişmişlerdir. Kanada'da bulunan Sudbury Kompleksi dünyanın bilinen en büyük



Şekil 9. Serpantinitlerin alterasyonu ile birlikte artan altın miktarı (Buissan ve Leblanc, 1996'dan sonra Sawkins, 1990).

nikel yatağı olmakla birlikte, nikelde aynı miktarda bakır ve ekonomik değerlerde altın, platinyum grubu elementler ve gümüş üretimine sahiptir. Bununla beraber, dünyanın en büyük kromit yataklarına sahip Bushveldt Kompleksi'ni (Güney Afrika Cum.) oluşturan fasiyelerden birisi Merensky Reef, dünyadaki en büyük platin grubu metal yatağını oluşturmakla birlikte, yüksek değerlerde paladyum, rutenyum ve altın çıkarır (60% nikel, 27% paladyum, 5% rutenyum, 4% altın).

#### Derin Ekshalatif Au Yatakları

Genellikle yeşilist fasiyes kuşaklarında oluşan bu altın yataklarına en belirgin örnek Homestake'dir. Bu adla anılan (Homestake-tipi) diğer ekshalatif yatakların sayısı fazla olmamasına karşın altın üretimleri oldukça yüksektir. Örneğin Homestake, 1990'a kadar 1000 ton altın üretmiştir. Bu tür katmansal (stratiform) yatakla-

Çizelge 2. Bir maden arama programı safhaları.

SAFHA	VERİ	MALİYET	ZAMAN-
Genel Başlangıç, Detaylı arama (Prospecting)	Zuhur konsantrasyonlarının bulunması, yatak ve mineral oluşumlarının sınıflandırılması,	3%	1-20 yıl
Araştırma safhasına geçiş	Ekonomik ve yarı ekonomik yatak sınıflaması, C2 rezerv hesaplaması	3%	3 yıl
Ön araştırma safhası	C1 rezerv hesaplaması	6%	6 ay-3 yıl
Detay araştırma safhası	B rezerv hesaplaması	7%	2-5 yıl
İşletmeye hazırlık, maden ve cevher hazırlama birimlerinin inşaatı	A rezerv hesaplaması	80%	2-5 yıl
İşletmeye geçiş	A rezerv hesaplaması		1-6 ay

rın büyük çoğunluğu silisli, demirce zengin kayalarda (düşük tenörlü, çörtlü karbonatlar veya demir silikatlar) veya bunların metamorfik denklerinde yataklanırlar. Cevher kütlesi temel olarak kuvars, klorit ve ankerit ve değişen oranlarda pirotin, arsenopiritten oluşur. Örnekleri: Morro Velho (Brezilya), Kolar Gold Field (Hindistan), Hutti, Ramagiri (Güney Afr.Cum.), Lupin Mine (Kanada).

#### ARAMA SAFHALARI VE MALİYET

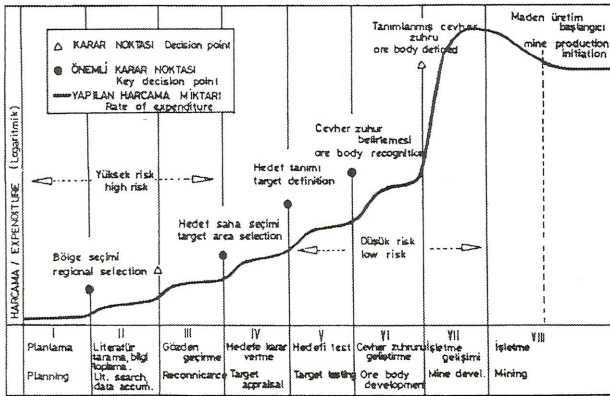
Altın, birçok metal (özellikle ilişkili oldukları) ile benzer ortamlarda yataklanması nedeniyle arama yöntemlerinde benzerlikler gösterir. Bununla birlikte, en değerli metal olma özelliği ona bazı ayrıcalıklar; teknolojinin son buluşlarından yararlanma, pahalı iş gücü ve yatırımlar gibi olanaklar sağlar. Peşinden koşturun bir çok insan da cabasıdır. 1849'da bir marangozun başlattığı California altın hücumunu ve binlerce "Forty Niners"ı unutmak mümkün mü?

Metal konsantrasyonlarının aranması ve araştırılması (prospecting and exploration) şu genel kriterlere bağlıdır: Litolojik, stratigrafik, yapısal, mağmatojenik, paleo-iklimsel ve tarihsel. Mağmatojenik kriterler ise şu alt gruplarda incelenir: a. Yatak-magma ilişkisi b. Yatak-tane boyu ilişkisi c. Yatak-pluton büyüklüğü ilişkisi d. Yatak-intruzyon iç yapıları ilişkisi e. Yatak-magma soğuma derinliği arasındaki ilişki ve son olarak f. Yatak ve çevre alterasyon ilişkisi.

Kuzvart ve Böhmer (1978), arama safhalarını zaman ve maliyet durumuna göre aşağıdaki gibi değerlendirir (Çizelge 2). C2 rezervler, cevher kütlelerinin şekil ve yapılarının çok genel olarak ortaya konduğu, cevheri et-

kileyen doğal ve tektonik etkenlerin çok az bilindiği, sondajsız rezervdir. C1 rezervler, C2'lerin benzerleri olup sondajlar yardımıyla cevher kütlelerinin daha iyi tanımlandığı rezervlerdir (muhtemel rezerv) ve araştırmacı C1 rezerv tanımlaması sonucu "sismetin neresindeyim?", Bu sistemde altın nerede yataklarır?" sorunlarına cevap verebilecek durumda olmalıdır. B rezerv; oluşum modeli, şekli, yapısı bilinen ekonomik, doğal ve teknik özellikleri saptanmış rezervdir (mümkün rezerv). Bunun yanında, ekonomik ve ekonomik olmayan kısımları tanımlanmış, hidrojeolojik ve mühendislik jeolojisi hesapları yapılmıştır.

A rezerv, B'ye ek olarak yeterli sıklıkta sondajları yapılmış, cevher mineral karakterler ve teknolojik işletme yöntemine karar verilmiş rezervdir. Eimon (1987) bir maden arama programının aşama ve harcamalarını grafiksel olarak aşağıdaki gibi (Şekil 10) gösterir.



Şekil 10. Bir maden arama programında safha ve harcamalar (Eimon, 1987).

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Bonham, H. F. Jr., 1986, Models for volcanic hosted epithermal precious metal deposits: a review in Hamilton N.Z.(ed), Proc.Int. Volcanism Congress, New Zealand Symp.5.
- Clark, A.H., 1992, Are oversized porphyry copper deposits either anatomically or environmentally distinctive?: Giant Ore Deposits Workshop, Kingston, Ontario, Canada.
- Eimon, P. I., 1987, Epithermal gold-silver deposits: Course notes, Queens Univ., Canada.
- Erlor, A., Aral, H., 1981, Porfiri bakır yatakları: O.D.T.Ü. Müh. Fak. yayınları No:67
- Erlor, A., 1988, Formation of mineral deposits: Lecture notes, O.D.T.Ü.
- Kuzvart, M., Böhmer, M., 1978, Prospecting and explo-

ration of mineral deposits: Elsevier scientific pub. comp.

- Lindgren, W., 1933, Mineral deposits: Mc. Graw Hill, New York.
- Mitchell, A. H. G., 1988, Andesitic arcs, epithermal gold and porphyry type mineralization in the Western Pacific and Eastern Europe: Bulletin of mining and metallurgy.
- Mitchell, A. H. G., Garson, M.S., 1988, Mineralization at destructive plate boundaries: as brief view: Bulletin of mining and metallurgy.
- Nelson, C. E., Giles, D.L., 1985, Hydrothermal eruption mechanism and hot spring gold deposits: Econ. Geology. No: 80.
- Newberry, R., 1993, Handout for Au-Cu porphyry skarn short course: IAEG weekend course 8-9 May, Tralee-Ireland.
- Sawkins, F. J., 1990, Metal deposits in relation to plate tectonics: Springer-Verlag, Amsterdam.
- Sibson, R. H., Poulsen, K. H., 1988, High angle reverse faults, fluid pressure cycling and mesothermal gold-quartz deposits: Geology no:16.
- Sillitoe, R. H., 1979, Some thoughts on gold rich porphyry Cu deposits: Mineralium deposita no:14.
- Sillitoe, R. H., 1990a, Gold rich porphyry Cu deposits: Geological models and exploration implications: IUGS-UNESCO Deposit modelling program conference, Ottawa-Canada.
- Sillitoe, R. H., 1990b, Epithermal models (Genetic - types, geometric controls and shallow features): IUGS-UNESCO Deposit modelling program conference, Ottawa-Canada.
- Sillitoe, R. H., 1990c, Epithermal models (Genetic - types, geometric controls and shallow features): IUGS-UNESCO Deposit modelling program conference, Ottawa-Canada.
- Sillitoe, R.H., 1992, Giant and bonanza gold deposits in epithermal and subvolcanic settings: Giant ore deposits workshop, 11-13 May, Kingston-Ontario-Canada.
- Sillitoe, R. H., 1993a, Gold deposits in western pacific island arcs: The magmatic connection: IAEG weekend course, 8-9 May, Tralee-Ireland.
- Sillitoe, R.H., 1993b Kişisel görüşme.
- Stanton, R. L., 1972, Ore petrology: Mc Graw Hill Pub. Comp.
- Wolfe, J.A., 1984, Mineral resources: Chapman and Hall Pub. Comp.