

# Yeni Görüşlerin Işığında Hidrotermal Maden Yatakları<sup>(\*)</sup>

ADOLF HELKE

*Ders Notları, Mainz Üni., Batı Almanya*

## GİRİŞ

Hidrotermal maden yatakları, tüm maden yataklarının ancak çok ufak bir bölümünü oluşturmaktadırlar. Buna rağmen etraflıca incelendiklerinde, hidrotermal maden yataklarının çok değişik kökenli olabileceği ortaya çıkar. İşte gerek hidrotermal çözeltileri, gerekse bunlara bağlı olarak ortaya çıkan çeşitli yatakları kısaca sınıflandırmak bu çalışmanın amaç ve konusunu oluşturmaktadır.

Ayrıca ülkemizde yazılan raporların okunması sonucu, hidroterm ve hidrotermal maden yatağı kavramlarının çok dar anlamlarda kullanıldığı ve anlaşıldığı görülmüştür. Böylece yer bilimcilerimizin, bugün modern maden yatakları açısından bu kavramlardan ne anlaşılıyorsa onu anlamaları ve çok sık görülen kavram karşılıklarından kurtulmaları için, bu çalışmanın yapılması zorunlu görülmüştür.

Gerek içeriği ve gerekse değindiği çok sayıda yayınlı bu çalışma yer bilimcilerimizin çalışmalarına katkıda bulunacaktır.

## Hidrotermal Kavramının Açıklanması

Hidrotermal maden yatakları yer kabuğu içinde yer alan, tabakalaşmayı kesen (epijenetik), sıcak ve sulu çözeltiler (hidroterm) tarafından oluşturulan metal yığılımlarıdır. Bu tür

maden yatakları, tabakalı kayalar yanında masif kayalar içinde de ortaya çıkarlar. Hidrotermal maden yatakları, içinde buldukları kayalardan daha gençtirler. İşte hidrotermal yataklarının bu özelliklerini anlatmak için "epijenetik" deyimini kullanılmaktadır. Hidrotermal maden yataklarını oluşturan hidrotermallerin metal içeriği, yer kabuğu içindeki (intrakrustal) kırık, çatlak ve yarıkları dolayan sıcak suların kayalar ve kayaların bazı bileşiklerini mobilize etmesi, çözelti halinde taşınması sonunda uygun bir yer ve ortamda tekrar çökeltmesi veya maden yatağı şeklinde yağışturmasıyla sağlanır. Kısaca hidrotermal maden yatakları, yer kabuğu içinde gerçekleşen madde kayması veya reorganizasyonları şeklinde düşünülebilir.

Hidrotermal kelimesi etimolojik açıdan "sıcak sudan" anlamına gelmektedir. Fakat bilindiği gibi hidroterm (sıcak sular) jeoşemik madde taşınmasını sağlamakta, dolayısıyla burada kullanılan hidroterm kavramı, etimolojik anlamları dışında "sıcak sulu çözeltiler" anlamına gelmektedir. Böylece hidroterm yerine bazen "cevher getirici (sıcak) çözeltiler" deyimide kullanılmaktadır.

Hidroterm çöğünlukla iyon-dispersiyon, bazende kolloidal halde bulunabilen çözeltilerdir. Bunlar yanında hidroterm ilaveten CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, SiO<sub>2</sub> gibi gaz ve buharlar, ayrıca yüzer halde kil mineralleri gibi katı mineral tanecikleri kapsayabilir-

(\*) Ahmet Çağatay tarafından türkçeleştirilmiş ve derlenmiştir.

ler. İçinden akıp geçtikleri kayalarla, aralarındaki değiş-tokuş sonucu hidrotermal bileşimleri devamlı değişir. Hidrotermal ısı sahası çeşitli şekillerde sınırlanmaktadır. Burada üst sınır, suyun kritik ısısı olan 375 °C, alt sınır 20 °C olarak alınmıştır. 375 °C'nin üstündeki ısılarda magmatik duruma geçiş gösteren, açıklanması güç bir bölgeye girilmiş olur. Bu bölgede hernekadar "fluid fazdan" söz edilirse, bu kavramın çeşitli anlamlarda kullanıldığı görülür. Isısı 20 °C'nin altında olan çözeltiler. "hidrik" veya "hydatojen" çözeltiler olarak adlandırılırlar (Barnes, 1967).

Bazen hidrotermal çözeltilerden oluşmuş mineral yığışmalarının (maden yatakları) "sıcak hidrotermal" ve "soğuk hidrotermal oluşuk veya yataklar olarak sınıflandırılması istenmektedir. Lindgren (1933), hidrotermal kavramını, ısıyı göz önünde tutarak katatermal, mozotermal ve epitermal olarak üç ayrı bölüme ayırmayı önermiştir. Lindgren'in bu ayırımı, bugün kullanılan ve epitermal yataklar için 20° - 100°C, mezotermal yataklar için 100° - 200°C ve katatermal yataklar içinde 200° - 375°C arasındaki ısıları işaret eden hidrotermal yatakları ayırımıyla eş anlamlıdır .

#### Doğada Bugün Gözlenen Hidroterm Örnekleri :

Bu durumda hidrotermal çözeltiler bugün nelerde görülür sorusunun yanıtlanması gerekiyor.

1) Sıvı kapanımlar; hidrotermal kökenli mineraller içinde bulunan ve bu mineralleri oluşturan ana hidrotermal çözeltilerin ufak birer örnekleridir. Bunların incelenmesi yakın zamanda özel bir araştırma konusu olarak ortaya çıkmıştır. Bir çözeltiden büyüyerek oluşan hemen her kristal içinde sıvı kapanımlar bulunur. Sıvı kapanımların büyüklükleri bir taraftan santimetreleri bulurken, diğer taraftan gözlenebilme sınırının çok altında boyutlarda da olabilirler. Öyleki bu durumda büyüklüğü 1 mm'nin üstünde olan sıvı kapanımlar çok az sayıdadır.

Sıvı kapanımların büyük bir kısmı değişken derişimlerde (konsantrasyon) sulu toz çözeltileridir. Hemen tamamen saf sudan oluşan sıvı kapanımlar yanında, oldukça fazla Na-ve-Cl-iyonları içeren çok derişik (konsantre) tuz çözeltilerinden oluşan sıvı kapanımlarda bulunmaktadır. Ayrıca bunlara ilaveten az miktarlarda kalsiyum-, potasyum - magnezyum - sülfat - karbonat ve bikarbonatta sayılabilir. Çok şeffaf kristaller içinde sıvı kapanımları bulmak oldukça güçtür. Fakat kuars veya Kalsit gibi genellikle beyaz kristallerde büyük hacimleri bulan çok fazla sayıda sıvı kapanım ortaya çıkar. Sıvı kapanımlarla uğraşmak için, IAGOD (International Association on the Genesis of Ore Deposits) teşkilatına bağlı bir alt komisyon olan COFFI (Commission on oreforming fluids in inclusions) kurulmuştur. Bu konuda yayınlanmış pek çok eser bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır : Yermekov (1965), sawkins (1966), Roedder (1967, 1968, 1969 ve 1971).

2) Jeotermal yörelerde ortaya çıkan sıcak su kaynaklarında rastlanılan mineral oluşumları, hidrotermal mineral oluşumlarına örnek olarak verebiliriz. Zaten maden yataklarının bir bilim dahı olarak ortaya çıkmasından sonra, volkanlarda ve jeotermal bölgelerdeki kaynaklarda oluşan minerallerin, hidrotermal mineral oluşumlarına örnek olarak seçilebilme olasılığı hemen her zaman araştırılmıştır. Bu konuda ilk klasik çalışmalar 1798 - 1874 yılları arasında yaşamış Beaumont tarafından yayınlanmıştır. Aynı konuda yayınlanan modern

eserler şunlardır : White (1957 ve 1963), Muffler (1973), Sıcak su kaynakları ve bu yörelerde oluşan hidrotermal kökenli mineralizasyonlara şu örnekler verilebilir:

a) İtalya'nın puzzuoli yöresindeki solfatura

b) Amerika Birleşik Devletleri, Alaska, Aleuten yarım adası, katmai yöresinde bulunan 10000 Buharlar Vadisindeki fumerollerin ısıları 1919 yılında 239°C ölçülmüş olup, bunların fazla miktarlarda HCl ve HF içerdikleri ve burada manyetit oluştuğu saptanmıştır. 1923 Yılında manyetit oluşumu durmuş, bunun yerine galenit, kotunnit (PbCl<sub>2</sub>), sfalerit ve kovelin gibi minerallerin oluşumu başlamıştır. (Allen ve Zies, 1923; Ramdohr, 1962). Bu fumeroller bugün tamamen sönmüş durumda bulunmaktadır.

c) Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya eyaletinde bulunan Sulfur Bank; önceleri yer yüzüne yakın kesimlerde bir kükürt yatağı olarak, daha sonra derinde bir cıva yatağı olarak işletilmiştir. Bu işletme; Co<sub>2</sub>, B ve NH<sub>4</sub> bakımından zengin akan sıcak kaynakların ortaya çıkmasıyla, işletmenin engellendiği derinliğe dek devam etmiştir. Maden yatağı Kuvartarner yaşta bir andezit lav akıntısı içinde bulunmaktadır. Yer altı su seviyesi yakınında sıcak kaynaklardan ayrılan H<sub>2</sub>S in oksidasyonu sonucu elementer kükürt ve sülfat asidi oluşur. Asit, andezit lavı etkileyerek; opal, kristobalit, anatas, kaolinit, alunit ve sülfatlardan oluşan bir topluluğa dönüştürür. İşletmenin derin mostralarında zinover, makasit, pirit, metakinabarit, stibnit, kalsit, dolomit, kuars ve buddingtonit gibi minerallere ilaveten ayrıca hidrokarbon bileşimleri saptanmıştır. Sulfur Bank zuhurunda toplam 4 700 000 kg cıva elde edilmiştir (White, 1962)

d) Amerika Birleşik Devletleri Nevada eyaletinde bulunan steamboat springs (White, 1964; Ellis, 1969).

e) Yeni Seelanda'nın Wairakei, Kawerau (Onepu), Ohaki-Broadlands ve Waiotapu yörelerinde ortaya çıkan çeşitli mineralizasyonlar hakkında önemli bazı yayınlar bulunmaktadır (Browne, 1969; Weissberg 1969; Browne ve diğ, 1970; Davidson, 1973).

f) Japonya ve Kuril adaları üzerinde bu konuda yayınlanmış önemli çalışmalar bulunmaktadır (Lebedew, 1967; Aidinian ve diğerleri, 1970; (MA-IAGOD Meetings, Japonya, 1970 Wauschkuhn, 1973).

g) İtalyanın Volcano adasındaki gözlemler, (Bernauer, 1935; Honnorez, 1969; Schulz, 1970; Honnorez ve diğerleri, 1973) gibi yayınlarda izlenebilir.

h) Yunanistan'ın Santorin adasında da bu tür mineral oluşumlarına rastlanmaktadır (Puchelt, 1973).

i) Ayrıca sıcak kaynakların bazılarında mangenez cevherlerinin çökeldiği görülmüştür (Hewett ve diğerleri, 1963).

3) Dünyanın Jeotermal bölgelerinde yapılan derin sondajlarla ortaya çıkartılan sıcak sulardan oluşan mineralizasyonlar :

a) Amerika Birleşik Devletleri, Kaliforniya eyaleti, Salton gölü kıyısında Niland kasabası yakınında yapılan derin sondajlar, diğer jeotermal bölgelerde yapılan derin sondajlara benzemekle birlikte, bu sondajlarla elde edilen yeni bazı bulgular, bu yörenin özenle incelenmesini gerektirmektedir. Buradaki jeotermal sistem; Salton gölünün güneydoğu ucunda,

Kolorodo nehri vadisi deltasının kuzey kesiminde, Salton gölünden Coachella vadisine kadar uzanan ve Kaliforniya körfezi - İmperial vadisindeki geçen eski, büyük bir fay zonunun eksenine yakın bir yörede bulunmaktadır. Bu yörede ortaya çıkan en az 4700 m kalınlıktaki Pliyosen ve Holosen yaştaki delta sedimanları ince ve normal kumlardan oluşmuştur. Bunları etkileyen ısı 360°C'yi bulduğundan, bu genç sedimanlar metamorf bir değişim gösterirler.

Salton gölü jeotermal bölgesi içine, ana tektonik doğrultuya dik yönde, 8 km uzunluktaki kuzeydoğu doğrultulu bir hat boyunca Kuarterner sonlarında boş riyolit domu girmiştir (Hegison, 1968). Riyolit intrüzyonlarının oluşturduğu hat, Salton gölü bölgesini iki bölüme ayırmaktadır.

1961/62 Yıllarında riyolit intrüzyonlarının güneydoğu yöresinde tuz çözeltileri ve termal enerji elde etmek için 10 adet derin sondaj yapıldı ve derinlerde delta sedimanlarının ağır metallerce çok zengin sıcak tuz çözeltilerine rastlandı (White ve diğerleri : 1963). Böyle bir tuz eriğine en az 30 km<sup>2</sup>, belki de 100 km<sup>2</sup> büyüklükte bir alan içinde rastlanmaktadır. Sondajların derinliği 1600-2700 m. arasında değişmektedir. Kayaç ısıları 1000 m. derinlikte 300°C, 2300 m derinlikte 360°C'yi bulur. Tuz çözeltilerinin ana bileşikleri Cl, Na, Ca, ve K olup, bunlardan başka ağır metaller bakımından oldukça zengindirler. (White, 1968). Ağır metaller olarak çözeltilerde 2000 ppm Fe, 1400 ppm Mn, 500 ppm Zn, 90 ppm Pb, 12 ppm As, 6 ppm Cu 2 ppm Cd ve 1 ppm Ag bulunmuştur. Eğer tuz çözeltilerinin hacmi 5 km<sup>3</sup> olarak alınırsa, bu çözeltilerdeki toplam sulfofil metal miktarları 10 000 000 ton Fe, 7 000 000 ton Mn, 2 500 000 ton Zn, 450 000 ton Pb, 60 000 ton As, 300 000 ton Cu, 10 000 ton Ag olarak hesaplanırlar. Aynı hacimdeki tuz çözeltisinde bulunan sulfofil metal olmayan, fakat belki ekonomik bakımdan önemli olabilecek metaller olarak; sırasıyla 85 000 000 ton K, 1 100 000 ton Li (Amerika Birleşik Devletlerinin en büyük Li-yatağı), 200 000 ton B, 500 000 ton Rb, 75 000 ton Cs, 7000 ton Tl ve 2500 ton Sn içerdiği bulunmuştur.

Tuz çözeltisindeki sulfofil metallerin bu miktarlarına karşılık, tüm kükürt içeriği H<sub>2</sub>S ve HS<sup>-</sup> şeklinde bulunan 15 - 30 ppm kadardır. Bu miktar kükürtte, sulfofil metalleri sülfidleri halinde çöktürmek için; gerekli görülen tüm kükürt miktarının ancak % 5 lik bir kısmını karşılar. Bu durumda çözeltideki sulfofil metaller büyük olasılıkla klorid kompleksleri halinde bulunmaktadır (Skinner, 1967). Tuz çözeltisinin pH değeri 25°C'de 5,5, 300°C'de 4,5 olarak saptanmıştır.

b) Sovyetler Birliği, Hazar denizinin doğu kıyısında bulunan Çeleken yarım adasında yapılan derin sondajlarla kurşunca zengin sıcak kloritli sular bulunmuştur, Sıcak tuz çözeltisi, Miyosenin "redbed" formasyonu üstünde bulunan Pliyosen sediment tabakalarından oluşmuş bir antiklinalden çıkmaktadır. Burada red-bed tabakasının kalınlığı 2 800 m olup, ayrıca evaporit oluşuklar kapsamaktadırlar. Çeleken yarım adasında jeotermal derinlik oldukça düşük olup sondaj borularından çıkan tuz çözeltilerininin sıcaklığı en fazla 80°C'yi bulmaktadır. Bu yörede Neojen veya Holosen magmatitlere rastlanılmamıştır. Sıcak tuz çözeltileri kumlu tabakalardan red-bed içine gelmekte ve öncelikle 150 - 190 g/l Na-Ca-kloridler içermektedirler. Ayrıca tuz çözeltileri 10 mg/l Pb, 0,9-15 mg/l Cu ve 0,19-9,35 mg/l Zn gibi metallerde içerirler (Lebedev, 1967; Lebedev ve diğerleri, 1967; Lebedev ve Nikitina, 1971). Bunlar dışında tuz çözeltileri brom ve iyodca zengin olup, 450 mg/l Br ve 24 mg/l I kapsamaktadır. Bu son ele-

mentler, tuz çözeltileri kaynağının red-bed içindeki evaporitler olduğunu gösterir.

Sondaj delikleri çökelen Ca-ve-Mg-karbonatlarla zamanla tıkanır. Bu arada 1 - 5 mm kalınlıkta bir nabit kurşun kabuğunda çökeler. 1000 m Derinlikteki sondaj deliğinde 1,0 - 1,5 t, yine 10 m uzunluktaki aktarma borusunda 2,5 t kurşun elde edilmiştir. Buradan elde edilen kurşun dentritik nabit kurşun kristallerinden oluşan süngerimsi bir yığılma görünümünde olup, yer yüzünde hemen oksidlerine dönüşür. Kurşun içinde % 0,60 As, % 0,49 Cu, % 0,08 Ag ve % 0,02 Sb gibi metallerde saptanmıştır.

Bu durumda Çeleken yarım adasının kurşunca zengin sıcak kloritli sularının red-bed formasyonuna evaporitlerden geldikleri ve metal içeriklerini, içinden geçtikleri kayaçlardan çözerek aldıkları söylenebilir. Şayet böyle kurşun bakımından zengin sıcak kloritli sular sülfat içerikli yer altı suyuyla karşılaşılırsa; galenit yataklarını oluşturan galenit minerali halinde çökelerler (Davidson, 1967).

c) İtalyanın Toskana eyaleti Larderello yöresinde bulunan sıcak buhar kaynakları italyanca "sofioni" olarak adlandırılmaktadır. Yapılan sondajlarla bir taraftan yeni soffioni-ler ortaya çıkarılırken, bir taraftanda sahanın jeolojik kesiti ortaya çıkarılmıştır. En üste Miyosen ve Pliyosen yaştaki "yeni otokton" (Neoautochthon) seviyeler, bunların altında "argille scagliose" adı verilen tektonik bakımdan etkilenmiş allokton şistler bulunmaktadır. Şistler içlerinde ayrıca kayma sonucu olmuş büyük ebatlarda bloklar kapsarlar. En altta italyanca "calcere cavernose" adı verilen otokton kökenli gözenekli kireç taşı bulunmakta olup, bu formasyon asit borik içerikli hidrotermallerin ana kayacını oluşturmaktadır. Bu yörede yapılan sondajlardan ancak 12 - 14 yıl gibi bir zaman içinde hidrotermallerin çıkma olasılığı vardır. Bu süre sonunda sondajlar, oluşan kabuklarla tıkanır. Larderello'daki su buharlarından jeotermik enerji yanında, bunların bor içeriğindedir faydalanılmaktadır. Bor içerikli hidrotermallerin ülkemizde çok zengin ve yaygın olarak rastlanan bor yataklarının oluşumuyla yakından ilgisi bulunduğundan Larderello yöresi 1965 yılında yazar tarafından ziyaret edilmiştir.

d) Türkiye'nin Denizli İli, Sarayköy ilçesi ile Aydın iline bağlı Çubukdağ (Burhaniye) bucağı arasında bulunan Kızıldere jeotermal sahası M21-b1 1/25.000'lik paftada yer alır. Kızıldere yöresi aynı zamanda E - W doğrultusunda akan Büyük Menderes nehrinin kuzey kesiminde bulunur.

Kızıldere yöresinde iki ayrı yaşta kayaç bulunmaktadır. Bunlardan burunu Neojen genç tortul kayaçlar, diğerini Paleozoik yaşta metamorfite oluşturmuşlardır. Örtü kaya olarak adlandırılan Neojen tortullar, metamorfite üzerinde diskordan olarak yer alırlar. Örtü kayalar üstten alta doğru 250-800 m arasında değişen kalınlıkta, yer yer breşik yapı gösteren marn, kireçli kiltası, kireç taşı seviyesiyle başlamakta olup, bu seviyenin alt kesimlerinde marnlar, gri renkli yer yer silisifiye olmuş, dolayısıyla sertleşmiş halde ve içlerinde ince kireç taşı bantları kapsamaktadırlar. Ayrıca marnlarla ardalanmalı durumda kumtaşı bantları ve ince jips merccekleride bulunmaktadır (Uysallı ve Keskin, 1971). Bunların altında kalınlığı 80 - 130 m arasında değişen ve kırmızı sarı olarak adlandırılan örtü birimi bulunmaktadır. Bu örtü kayaları üstte marn, silt-taşı tekrarlanması şeklinde başlayıp, alta doğru kum taşı, konglomeratik kumtaşı ve konglomera şeklinde devam etmek-

tedir. Kırmızı serinin üst seviyeleri linyit merccekleride içermektedirler.

Metamorfik kayaların en üst kısımlarında mermer ve şist mermer ardalanması şeklinde ortaya çıkan birimlerle başlamaktadırlar. Çeşitli renklerde olabilen mermerler fazla çatlak, kırık ve erime boşlukları içermekte olup, yer yer milonitik özellik gösterirler. Mermerlerin kalınlığı 200 - 250 m arasındadır (Uysallı ve Keskin). Mermerlerin altında bol eklem ve kırıklı gnayslar yer almaktadır. Üste ince taneli ve daha açık renkli olan normal dokulu gnayslar altında da gözlü gnayslar bulunmaktadır.

Genellikle W - E graben fayları 200 - 300 m düzey atımlı normal faylardır. Daha çok kristalen seri ile Neojen seri dokanakları faylıdır. Graben fayları N - S doğrultulu tali faylarla kesilmektedirler. Bunların atımları 10 - 125 m arasında değişmektedir. Kızıldere yöresinde jeotermal sahanın ısı kaynağı olabilecek genç volkanitler görülmemekle birlikte ısı kaynağının büyük bir olasılıkla graben tektoniğinin doğal neticesi olarak harekete geçen daha derinlerde bulunan magmatik faaliyetlerle yakından ilişkisi vardır.

Kızıldere jeotermal yöresinde çeşitli derinliklere inen 16 adet derin sondaj yapılmış, ancak bunlardan 7 tanesinde elverişli sıcak su buharı çıkmıştır. Genellikle derinlikleri 500-700 m arasında değişen sondajların en derine ineni 1250 m dir. sıcak su borularının alta bulunan mermerler içindeki ısı azami 195°C civarındadır. Sondaj kuyu ağızlarından alınan sıcak su örneklerinin kimyasal analizinde şu element ve bileşikler bulunmuştur (Uysallı ve Keskin, 1971).

Element ve Bileşikler	değişim sınırları (Mg/Lt)
Na	1100-1550
K	45- 175
Ca	2- 10
Mg	0,5- 10
NH <sub>4</sub>	0- 10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0- 10
SO <sub>4</sub>	600- 900
HCO <sub>3</sub>	1900-2250
CO <sub>3</sub>	100-2600
SiO <sub>2</sub>	250- 600
Cl	100- 120
F	3- 20
B	10- 30

Kuyu ağızlarda oluşan kabuk boşlukları tane irilikleri 0,25-0,65 mm arasında değişen gözcükli aragonittir (Arda, 1977). Kabuktan bazı örneklerin X - Işını kırınım çalışmalarıyla aragonit olduğu saptanmıştır. Kabuk örneklerinin kimyasal analiz ve XRF analizleri sonunda aragonitin (CaCO<sub>3</sub>), % 15,5 - 19,5 arasında değişen SrCO<sub>3</sub> ve % 0-2-0,6 arasında

değişen BaCO<sub>3</sub> içerdiği hesaplanmıştır. Ayrıca örneklerde % 0,1 - 1,8 arasında değişen MgCO<sub>3</sub> ve % 1,4 - 18,0 arasında değişen SiO<sub>2</sub> bulunmuştur. Örneklerin yarı kantitatif optik spektrografi analizinde eser miktarlarda Bor ve Berilyum elementlerine rastlanmıştır.

İncelenen örnekler sıcak suların içinden geçtikleri kaya birimlerinden çözerek aldıkları bileşiklerin, yer yüzünde çökmesiyle oluşmuşlardır. Bunlardan aragonit içinde saptanan SrCO<sub>3</sub> içeriği fazla olduğundan önemlidir. Stronsiyum elementi büyük olasılıkla Neojen kayalar içinde bulunan Sr-mineral ve bileşiklerinden çözünerek alınmıştır.

4) Kızıl denizin zemin çukurlarının metal içerikli sıcak tuz çözeltileri hakkında son yıllarda çok fazla sayıda çalışma ve yayın yapılmıştır (Miller, 1966; White, 1968; Degens ve Ross, 1969; Hartmann 1970; Maucher, 1970; Trödle, 1971, Baecker ve Schoell, 1972; Sillitoe, 1972; Baecker, 1973; Baecker ve Richter, 1973; Ross, 1973).

Kızıl deniz bulunduğu gibi 2250 km uzunluğunda ve en fazla 355 km genişliğinde bir grabendir. Bu graben yaklaşık jidde ve Port sudan arasında en fazla derinliği 2860 m yi bulan bir orta yarık kapsamaktadır. Kızıl deniz aynı zamanda yeni oluşmaya başlamış bir okyanusada model sayılmaktadır. Kızıl deniz grabeni boyunca Arabistan - Nubik kara parçaları birbirlerinden uzaklaşmakta (ocean spreading) ve mantodan yükselen bazaltik magma bu iki levha arasına girmektedir. Orta yarık içinde bir çok sayıda yöresel çukurlar (deeps) bulunmaktadır. Bu yöresel çukurlara, bunları ortaya çıkaran araştırma gemilerinin adları verilmiştir. En önemli çukurlar ilk başta bulunan Atlantis II deep, Discovery deep ve Chain deep olarak adlandırılanlardır. Bunlardan Atlantis II deep 12 km uzunluk 5 km genişlikte, Discovery deep 4 km uzunluk, 2,5 km genişlik ve Chain deep 3 km uzunluk 2/3 km genişlikte çukurlardır. Deepsler morfolojik açıdan yamaçlara sahip çanaklar olup, yoğunluklarına göre tabakalanma gösteren sıcak (hidrotermal) tuz çözeltileriyle doldurulmuşlardır. Bu değişiklikleri saptamak için 1972 yılında Atlantis II deep içinde bulunan çözelti üzerinde gerçekleştirilen incelemelerden şu sonuçlar elde edilmiştir. Üste normal deniz suyunun ısı 22,5°C, derişimi % 2,18 Cl; bunun altında Atlantis II çukurunun üst seviyelerini oluşturan daha az bir derişime sahip çözeltinin ısı 49,8°C, derişimi % 8,2 Cl ve 2044 m derinlik altında kalan alt seviyelerdeki yüksek derişimli çözeltinin ısı 60°C derişimi % 15,65 Cl olarak bulunmuştur. Ayrıca Discovery çukurunda en fazla 44,9°C ve Chain çukurunda 34°C lik ısılar ölçülmüştür.

Hidrotermal tuz çözeltileri; büyük olasılıkla deniz suyunun sirkülasyon sonucu tektonik bakımdan zayıf zonları (ocean spreading) takiben derinde bulunan kaya tuzu yataklarını etkilemesiyle oluşurlar. Bazaltik magmanın sağlandığı jeotermal anomaliden dolayı, deniz suyu bu sirkülasyon esnasında ısınır, yani hidrotermal hale geçer.

Yukarıda değinilen ve deep olarak adlandırılan çukurların tortul çökelleri; su bakımından zengin, genellikle iyi tabakalaşma gösteren çamurlardır. Çoğunlukla iç içe karmaşık şekilde ortaya çıkan bu sedimanlar, çok sayıda fasiyes türüne ayrılabilirler (Baecker ve Richter, 1973).

Dentritik - biyojen fasiyes; Pleyistosen yaşta olup, dentritik elementler yanında foraminifer, pteropod ve nanno fosil kabukları içerirler.

Oksid-fasiyes; limonitik, hematitik ve manganezli çökeleklerden oluşan bir materyeldir. Limonit; amorf demir hidroksid yanında götit ve lepidokrokrit gibi mineralleri kapsamaktadır. Oksid-fasiyesin tüm hacminin yalnız % 20 lik bir kısmı tuz içermeyen katı bileşiklerden oluşmuştur.

Sulfid-fasiyes; monosulfid ve pirit-fasiyes olmak üzere iki fasiyese ayrılır. Monosulfid-fasiyes öncelikle sfaleritten oluşmakta, ayrıca buna ilaveten mangano-siderit ve kalkopirit içermektedir. Pirit-fasiyes, pirit ve mangano-sideritten başka kalkopirit kapsamakta, fakat hemen hiç sfalerit içermemektedir. Sulfid -fasiyesin tuz içermeyen katı içeriğinin % 15-30 kadarı sulfidlerden oluşmuştur. Geri kalan kısım silikat, diyatom kabukları ve amorf silisyumdiyoksitten oluşmuştur. Bu materyelin % 40 lık bir kısmı 0,002 mm den daha ufak tanelidir.

Sülfat-fasiyes; anhidrit, jips ve barit gibi mineraller içermekte olup, bunlardan anhidrit diğerleri içinde en iyi kristalleşen minereldir. Bu fasiyes Atlantis II çukurunun kenar kesimlerinde ortaya çıkmaktadır.

Karbonat -fasiyes; rodokrosit ve mangano-siderit arasında değişen ara izomorf mineraller halinde görülür.

Silikat-fasiyes; Atlantis II çukuru içinde rastlanan çeşitli fasiyesler içinde en sık görülenidir. Diğer fasiyeslerle, öncelikle sulfid fasiyesle araldanmalı halde bulunan silikat-fasiyesin tuz içermeyen katı kısmı; % 3-9 genç % 20 yaşlı silikalar içermektedir.

Şayet Kızıl deniz çukurlarında rastlanan su bakımından zengin oluşuklar (sulfid-fasiyes) maden zuhurları olarak kabul edilirse bu zuhurların oluşma halinde bulunan maden yataklarına örnek oldukları söylenebilir. Bu durumda bugün için güncel bir konu olan Kızıl deniz çukuru zuhurlarının nasıl oluştuğu ve bu konuda elde edilecek sonuçların, diğer yatakların (fossil) oluşumlarını açıklamada ne gibi katkılarda bulunabileceği sorusunun yanıtlanması gerekiyor (Silltoe, 1972). Yukarıda normal deniz suyunun deniz tabanında bulunan ve tuz yatakları kapsayan kayaçların çatlak sistemlerini izleyip aşağı inerek; alta bulunan bazalt intrüsyonu tarafından nasıl ısıtılacaklarına kısaca değinilmiştir. Böylece normal deniz suyundan tuzca zengin ağır bir hidrotermal çözelti oluşur. Hidrotermal çözelti şayet deeps denilen çukurlara gelirse, normal deniz suyu tarafından oluşturulacak bir seyreltilmeden korunmuş olacaktır. Hidrotermal çözeltinin metal içeriklerinin (Zn, Cu, Fe, Mn ve bazı iz elementler) kaynağını açıklamak kolay olmamakla birlikte, bunların bazaltik magmadan geldikleri ve hidrotermal tuz çözeltileri tarafından mobilize edildikleri belki kabul edilebilecek en iyi varsayımdır.

#### Suyun Kaynak ve Kökeni

Yukarıda verilen özel örneklerden sonra, sıra temel sorun olan "hidrotermallerin köken ve kaynağına" gelmektedir. Daha önce "hidrotermal" kavramı açıklanmaya çalışılırken, bu soruna değinilmemişti. Genel olarak hidrotermallerin kaynakları hakkında şu olasılıklar geçerlidir (White ve diğerleri, 1963):

a) Yer altı suyu (=meteorik su = vados su) üzerine çeşitli yayınlar bulunmaktadır (Hisse, 1904; Lindgren, 1933; Snyder, 1968).

b) Formasyon suyu ve petrol suyu konusunda da pek çok yayın bulunmaktadır (Posepny, 1895; Case, 1955; Nolan, 1965; Dunham, 1970/71; Puchelt, 1970).

c) Metamorfizma süresince mobilize olan "metamorfik su" (connate su = fosil su); üzerinde White'in (1957) bir yayını bulunmaktadır.

d) Magmatik su; kaynağı granitik magma olan hidrotermal sudur (Niggli, 1920; Lindgren, 1933; Niggli, 1937; Schröcke, 1973; Burnham, 1975)

e) Deniz suyu, örneğin : Kızıl deniz'deki durum.

f) Çeşitli kökenli suların karışımından oluşan sularda bulunmaktadır.

#### Hidrotermal Yatak Örnekleri (Genel Bakış Açısından)

Her metamorfizma sonunda metamorfizmanın şiddetiyle orantılı bir hidrotermal safha ortaya çıkar. Böylece metamorfizmayla oluşan yeni oluşuklar, hidromortal oluşuklardır. Ayrıca her magmanın soğuması, yani kristalleşmesiyle hidrotermal safhadan geçme zorunluğu bulunmaktadır. Diğer taraftan örneğin serpantinleşme, autohidratasyon olarak bugüne dek çok az açıklığa kavuşturulan bir hidrotermal olaydır. Serpantinleşmenin maden yatakları bakımından önemi üzerindeki bilgiler dahada kısıtlıdır.

Hidrotermal açık sistemler olup; içinden akıp, geçtikleri kayaçlarla reaksiyona girerler. Dolayısıyla hidrotermal maden yataklarının içeriği hidrojenidir. İyonlar içeren hidrotermal çözeltilerin sızarak, geçtikleri kayaçlarda; geride bıraktıkları yol uzadıkça, bununla orantılı olarak bu yolun rekonstrüsyonunu düşürmekte güçleşir. Buna birde oluşum zamanı eklenirse, hidrotermal yatakların kökeni üzerine bazı görüşlerin belirlenmesinin kolay olmadığı ortaya çıkar. Dolayısıyla burada daha çok temel kayalar içinde bulunan ve nisbeten iyi gözlenebilen sıcak - hidrotermal maden yatağı örnekleri üzerinde durulacaktır. Temel formasyonlar içinde ilk başta iki büyük grup hidrotermal maden yatağı ayırt edilmektedir.

1) Rejyonal metamorfizmayla mobilize olan kayaç içeriklerinin, granit intrüsyonlarıyla uzaktan yakından bir ilişkisi yoktur. (Mueller, 1967). Bu tür hidrotermal maden yataklarına aşağıda sıralanan örnekler verilebilir. :

a) Alpin çatlaklarında ortaya çıkan mineraller. Bunlar üzerine yapılmış çeşitli yayınlar bulunmaktadır (Niggli ve diğerleri, 1940; Parker, 1954; Weibel, 1966; Weminger, 1974).

b) Doğu Alplerin siderit yatakları.

c) Doğu Alplerin manyezit yatakları

d) Greenstone belts'in Arkeniyen yaşta altın yatakları

e) Serpantinleşmeyle ilgili olarak oluşan maden yatakları.

Bu tür yataklar üzerine son yıllarda yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır : Antun ve diğerleri (1966/67), Stumpf (1974), Çağatay (1975), Duke ve Hutohinson (1975)

2) Granitoid intrüsyonları çevresinde ortaya çıkan hidrotermal maden yatakları hakkında çeşitli maden yatakları uzmanlarının değişik görüşleri bulunmaktadır. Bunlardan 1860-1930 yılları arasında yaşamış amerikalı uzman Waldemar Lindgren (1933) granitleri cevher getiriciler olarak görmüştür. Harry Rosenbusch'un görüşlerine karşılık, W. Lindgren granitik magmanın bazaltik magmanın diferansiyasyonu ile oluştuğuna inanmaktadır. Aynı görüşler Holland (1972) tarafından da kabul edilmiştir. Bu görüşe göre, magma her zaman belirli bir miktar su içerir. Bu suyun en büyük bölümü magmanın kristalizasyonu esnasında hidrotermal çözeltiler halinde açığa çıkar. Bu şekilde ortaya çıkan hidrotermal çözeltiler, granit etrafında ortaya çıkan maden yataklarını oluşturacak yeterli metal iyonları derişimlerine (konsantrasyon) sahiptirler. Bu durum da himratermal maden yataklarının oluşması; ancak

hidrotermal çözeltilerin ısı ve basınçlarının azalması ve içinde geçtikleri kayalarla reaksiyona girmeleri sonucu cevher mineralleri şeklinde çökelmeleriyle mümkün olur.

Diğer taraftan bugün granitik magma yer kabuğunun derinliklerinde oluşmuş bir ergime ürünü olarak görülmektedir. (Sederholm, 1907). Önce ultra-metamorfizma kısmi ergime (anateksis) ve ergimeyi (palin-jenezi) sağlar. Daha sonraları ergimiş halde bulunan bu meteryel, kıvrılmayla başlayan dağ oluşu süresi sonuna doğru daha yükseklerdeki yer kabuğu içine sokulup, katılarak; plütonları oluşturur. Stille (1939) magmatizmanın bu safhasını sinorojen magmatizma olarak adlandırılmıştır. Metamorfizmanın bu türü tarafından oluşturulan anateksisli yer kabuğu parçaları yanında içinde bulunan maden yatakları da etkilenmekte, granitik magma intrüzyonuyla birlikte yükselip, daha üstteki kabuk kesimlerine sokulmaktadırlar. Magmayla birlikte yükselen metallerin kolay ucuca olmaması halinde taşınmanın şu şekilleri görülür.

a) En basitinden eski maden yatağı kontakt metamorfizmasıyla değişmeye uğrar. Örneğin hemalit minerali kapsayan demir yataklarının cevher minerali hematit, kontakt metamorfizmasıyla manyetite dönüşür (Ramdohr, 1927; Hanak ve Ramolohr, 1966; Abraham ve Screyer, 1971). Bazen fayalit minerali kontakt sonunda ilvayite dönüşür. Kalsit bakımından zengin oolitik demir yatakları kontakt metamorfizmayla granat, diyopsid, prehnit ve andesinden oluşan "taktite" dönüşür (Caillere ve Kraut, 1957; Caillere ve Kraut, 1966).

b) Yaşlı bir maden yatağının (örneğin tabakaya bağlı bir maden yatağı) veya ekonomik açıdan işletilmeyecek miktarda az cevher mineralleri içeren bir formasyonun (protore) tamamen dağıtılmasıyla kolay ucuca olmayan metal kapsamları, reorganizasyon sonucu silikatlarla birlikte büyümüş halde (skarn mineralleri) granit intrüzyonu çevresinde kontakt-metamorfik yatak şeklinde ortaya çıkar. Skamsilikatlar her zaman değilse de çoğunlukla kontakt metamorf kireç taşlarından oluşur. Genellikle bu tür reorganizasyon ürünleri, kontakt yatakları olarak kabul edilmektedir. Fe, W (şeelit olarak) ve Cu gibi metaller böyle yataklarda ekonomik açıdan işletilebilir yatakları oluşturabilirler.

c) Granitik magma içindeki metal içerikleri; ergime ve asimilasyonu sonucu intrüzyonlar şeklinde yükselen magmanın son veya en son safhasında maden yatakları şeklinde elverişli ortamlarda toplanmasında hidrotermal zuhur ve yatakları oluşur. Bu tip yatakları hem granit masifinin tepe kısımları içinde, hemde granitin örtü kayaları içinde yer alabilirler. Örnek olarak bu tür yatakları Sn, W (wolframit olarak) Mo, Cu, U, Au, ayrıca Pb ve Zn yataklarını seçebiliriz. Kalay yatakları, bu tür yatakların en iyi örnekleridir.

### Granitik Magma ve Granit

Granitik magmaya bağlı olarak ortaya çıkan ve yukarıda kısaca değinilen maden yatakları, görüldüğü gibi hidrotermal yatakların ancak bir bölümünü kapsamaktadır. Burada ülkemizde de pek çok örneklerine rastlanan bu yatakların, bağlı bulunduğu kayaca yani "granite" biraz değinilecektir.

Granit nedir sorusu, burada klasik jeolojide bulunan anlamda yanıtlanacaktır. Yani granit sinorojen magmatizmanın ürünü olarak ele alınacaktır. Granit oluşumu ve granite bağlı olarak ortaya çıkan maden yataklarının levha tektoniği ile olan yakın ilişkilerine çok kısa ve genel olarak değinilecektir.

Granitik magma, çok derinlerde bulunan yer kabuğu parçalarının anateksis ve palinjeniz şeklinde ergimesi sonucu oluşur. Anateksis kavramıyla burada katı kayaların öncelikle yer kabuğu içinde ergimeye başlamasıyla görülen tüm olaylar anlatılmak istenmektedir. Bu şekilde ilk önce granitik eriyikler (mağmalar) oluşur (DFG Forschungsbericht Unternehmen Erdmantel, 1972). Palinjeniz kavramından, burada çoğunlukla granitik eriyiği oluşturan pratik bakımdan tam bir ergime yanında, bu eriyiğin tekrar katılaşmasından önce sıkışma sonucu oluşum yerini terkedip, daha yüksek seviyelere sokulması anlaşılmaktadır. (DF. Cl Forschungsgsgericht, 1972). Bu konularda yayınlanmış pek çok eser bulunmakta olup, bunların bazıları şunlardır : Turner ve Verhoogen (1960), Barth (1962), Platten (1965), Streckeisen (1967), Mehnert (1968), Shaw (1970), Fyfe (1970), Marmo (1971) ve Middlemost (1971).

Orojen safhasının sonlarına doğru granitik magma tektonik bakımdan zayıf zonlar boyunca yüksekte bulunan yer kabuğu içine sokulur. Bu sokulumu izlemeyen olaylar şöyle sıralanabilir :

a) Kırılma, parçalanma ve kopma sonucu magma içine alınan kayaç blokları eritilir ve asimile edilir.

b) Örtü kayaların uçucu bileşikleri intrüzyon ortamını terk ederler. Diğer taraftan intrüzyonla birlikte yükselen çok derinlerde mobilize edilmiş uçucu bileşiklerde bulunmaktadır. Bunlara örnek olarak hemen her granit intrüzyonu etrafında rastlanan yüksek S- ve Cu- bileşikleri gösterilebilir.

c) Örtü kayaların mobilize ve asimile olmayan bileşikleri bir araya toplanarak, intrüzyon kubbesi önünde bir bazik cephe oluşturulur.

d) Örneğin kireç taşı volkanik tüfler v.s. gibi reaksiyona istekli ve elverişli kayalar kontakt metamorf olarak değiştirilir. Buna paralel olarak yan kayaçla magmayı terk eden uçucu bileşikler arasında madde alışverişine dayanan reaksiyonlar görülür.

e) Örtü kayalar içindeki çatlak ve yarıklar boyunca ana intrüzyonun magma kısmı ilerliyerek; damar kayalar veya volkanik kayalar şeklinde katılırlar.

f) Magmatik safhanın sonuna doğru hidrotermal ortaya çıkar. Böyle geç ve pos magmatik içerikler, magmatik kayacı bazı değişikliklere uğratabildikleri gibi, maden yataklarını da oluşturabilirler.

Granit intrüzyonuyla buna bağlı maden yatakları arasındaki ilişkileri inceleyen son yıllarda yayınlanan pek çok çalışma bulunmaktadır (Tyrrel, 1955; Noble, 1970; Streckeisen 1970; Arculus ve Curran, 1972; Green, 1972; Beus, 1973; Hunter, 1973; Morin, 1973; Tischendorf ve Paechen, 1973; Stemprok, 1974; Tauson, 1974).

Levha tektoniği göz önünde tutularak yapılan yorumlara göre granitoid magmalar, Benioff-zonları boyunca batan okyanus litosferinin ergimesi sonucu oluşurlar. Bu konuda da son yıllarda yayınlanmış pek çok çalışma bulunmaktadır (Gilluly, 1971; Bereira ve Dixon, 1971; Mitchell ve Garson, 1972; Sillitoe, 1972; Gilluly, 1973; Wright ve McCurry, 1973; Mitchell, 1974; Bromley, 1975)

### Kontakt maden yatakları

Şayet granitoid magma intrüzyonu, var olan yaşlı bir yatak veya metal içerikli kayaç (protore) içine girerse, bunların metal içerikleri hem granitoid magma tarafından eriti-

lerek asimile hemde mobilize edilir. Böylece intrüzyonun oluşum ortamını terk eden söz konusu metaller reorganizasyon sonucu granit yakınından hidrotermal (çoğunlukla yüksek ısılı çözeltiler) şartlar altında yeni bir yatak oluştururlar. İşte bu şekilde oluşmuş yataklara "kontakt" yataklar adı verilir.

Bu reorganizasyonun oluşması ve sonucu, örtü kayaçlarının petrografik karakterlerine sıkı sıkıya bağlıdır. Reaksiyona elverişli bir kayacın, (örneğin çok zaman kireç taşı ve diğer CaO bakımından zengin kayaçlar volkanitler, tüffitler veya dolomit gibi) örtü kayacı olarak bulunması, bir kontakt maden yatağının oluşumu için aranılan ilk şarttır (Schipulin, 1962; Thienhaus, 1966; Hanson ve Gast, 1967; Wodzicki, 1971; Revardatto, 1973)

İngiliz belgelerinde kontakt maden yatakları "pyrometasomatic" veya "igneous-metamorphic" olarak adlandırılmaktadır. Bu kavramlardan biri maden yatağının oluşmasıyla yakından ilgisi bulunan yüksek ısıdaki madde alışverişini, diğeri metamorfizmayı işaret etmektedir.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada önce hidrotermal ve hidroterm kavramı üzerinde durulmuş, daha sonra günümüzde bu tür çözeltilerin nerelerde bulunabileceğine değinilmiştir. Ayrıca sıcak sular kaynak ve kökenlerine göre ayrılmış ve sıcak su çözeltilerinin

oluşturdukları hidrotermal maden yatakları, örnekleriyle incelenmeye çalışılmıştır. Hidrotermal maden yataklarının bir bölümünü oluşturan granitik magma ve granit intrüzyonuna kısaca değinildikten sonra, granite bağlı olarak granit kontaktında ortaya çıkan maden yataklarının "kontakt yataklar" diye adlandırıldıkları belirtilmiştir.

Diğer taraftan bu çalışmada "hidrotermal" ve hidrotermal maden yatakları kavramlarının çok geniş kapsamlı kavramları oldukları, maden yatakları konusunda çalışan her yer bilimcinin bu kavramları kullanırken bunları çok geniş anlamalarda kullandığını bilmesi gerektiği ortaya çıkarılmıştır. Yeni görüş ve yayınların ışığı altında gerçekleştirilen bu derleme yer bilimcilerimizin hidrotermal maden yatakları konusunda yapacakları yeni çalışmalarda yardımcı olacağı gibi; bu çalışma hazırlanırken faydalanılan kaynaklarda, yer bilimcilerimizin her zaman başvurabilecekleri son yılların yayınlarını oluşturacaklardır.

## KATKI BELİRTME

Bir derleme niteliğinde olan bu çalışma; Sn Hocam Prof. Dr. İng. Adolf HELKE'nin ders notlarından faydalanılarak hazırlanmıştır. Denizli Çubukdağ-Kızıldere Jeotermal sahası hakkındaki raporlar, Sn. Tahir Öngür tarafından verilmiştir. Gerek A. Helke ve gerekse T. Öngür'e teşekkür borçluyum.

## DEĞİNİLEN BELGELER

- Aidinian, N. K., Naboko S.I. and Ozerowa N.A., (1970), Antimony, mercury and arsenic sulfides formed by present hydrothermae of Kamchatka and Kunashir Island (Kurile Islands). -IMA-IAGOD Meetings, Japan, Collected Abstracts, p. 126.
- Allen, E.T. and Zies, E.G., (1923), A chemical study of the fumaroles of the Katmai region. -Natl. Geogr. Soc. Washington, Contr. Tech. Papers, Katmai ser., V. 1., No. 2, pp. 75-155.
- Antun, P., El Goresy, A. und Ramdohr, (1966/67), Ein neuartiger Typ "hydrothermal" Cu-Ni Lagerstätten USW., Mineralium Deposita, vol. 1, pp. 113-132 Berlin-Heidelberg - New York.
- Arculus, R. J. and Curran E. B., (1972), The genesis of the calcaline rock suite. -Earth and Planetary Science Letters, 15, pp-255-262.
- Arda, O., (1977), Denizli-Sarayköy-Kızıldere P. No. M 21-b1 Koordinat Y: 61.901.96, X: 202.829.60, Z: 189.29 mevkiine ait 5 adet numunenin mineralojik tetkik neticeleri. -968, Kot: 12, Lab. No: 104656-104560, M.T.A. Enstl. Ankara, Yayınlanmamış.
- Baecker, H., (1973), Rezente hydrothermal-sedimentäre Lagerstättenbildung. -Erzmetall, Band 26, S. 544-555, Stuttgart.
- Baecker, H. und Richter, H., (1973), Die rezente hydrothermal-sedimentäre Lagerstätte Atlantis II-Tief im Roten Meer.-Geolog. Rundschau, Band 62, Heft 3, Stuttgart, s. 697-737.
- Baecker, H. and Schoell, M., (1972), New deeps with brines and metalliferous sediments in the Red Sea.-Nature Phys. Sci., 240, pp. 153-158.
- Barnes, H. L., (1977), Geochemistry of hydrothermal ore deposits. New York etc.
- Barth, T. F. W., (1962), Theoretical petrology. - New York etc.
- Beaumont, A., (1847), Notes sur les emanations volcaniques et métallifères. - Bull. Soc. Geol. France 2, IV.
- Bernauer, F., (1935), Recente Erzbildung auf der Insel Vulcano. - N. Jb. Geolog. Paläont., Beil. Bd. 69 A, Stuttgart, S. 60-92.
- Beus, A. A., (1973), On the origin of ore-bearing hydrothermal solutions related to siliceous and intermediate igneous rocks. - Ph. Morin, editor, Les Roches Plutoniques dans leurs rapports avec les gites minéraux (Colloque en hommage au professeur Raguin), Paris 1973, pp. 363-365.
- Bromley, A. V. (1975), Tin mineralization of Western Europe: is it related to crustal subduction? - Institution of Mining and Metallurgy Transactions/Section B (Applied earth science), London, February, pp. B28-B 30.
- Browne, P. R. L., (1969), Sulfide mineralization in a Broadlandsgeothermal drill hole, Taupo volcanic zone, New Zealand, - Econ. Geol. vol. 64, 1969, pp. 156-159.
- Browne, P. R. L. and Ellis, A. J., (1970), The Ohaki-broadlands hydrothermal area, New Zealand: Mineralogy and related geochemistry. - American Journal of Science, Vol. 269, pp. 97-131.
- Burnham, C. W., (1975), Water and magmas; a mixing model. - Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 39, August, pp. 1077-1084.
- Caillière, S. et Kraut, F., (1957), Sédimentation et métamorphisme dans le gisement de fer de Diélette. - C. R. Acad. Sci. Paris 245., pp. 2049-2051.
- Caillière, S. et Kraut, F., (1976), Nouvelle contribution à l'étude pétrographique et métallogénique du gîte de Diélette. - Bull. Soc. Franç. Minér. - Crist., Tome LXXXIX, Paris, pp. 128-131.
- Case, L. C., (1955), Origin and current usage of the term "current water". - Bull. American Ass. Petrol. Geologists, 39., pp. 1879-1882.
- Çağatay, A., (1975), Makinavit minerali içeren Kangal-Yelice Karot numunelerinin maden mikroskopisi etüdü. - M.T.A. Enstl. Dergisi No. 84, Ankara, = 62-72-88.
- Çağatay, A., (1975), Şark kromit havzasında yapılan ekonomik jeolojik çalışmaları ve heazlewoodit'li Kefdağ kromitlerinin mineralojik etüdü. - M.T.A. Enst. Dergisi, No. 84, Ankara, S. 72.
- Davidson, C. F., (1967), Institution of Mining and Metallurgy, Transactions, Vol. 76, Bulletin No. 729, London, August (Applied earth science), p. B175.
- Davidson, C. F., (1973), Uniformitarianism and ore genesis. - Mining Magazine, Vol. 110, London, pp. 176-185 and pp. 244-253.
- Degens, E. T. and Ross, D. A., (1969), Hot brines and recent heavy metal deposits in the Red Sea. - Springer Verlag, Berlin-Heidelberg - New York.
- D. F. G., (1972), Forschungsbericht unternehmen Erdmantel, Wiesbaden, S. 356.
- Duke and Hutchinson, (1974/75), Massive sulphide bodies and ophiolite volcanic rocks in the York Harbour district, Newfoundland. Canad. Journ. Earth Sci. 11., pp. 53-69 Mining Annual Review, London, pp. 141-143.
- Dunham, K. C. (1970/71), Mineralization by deep formation waters: a review. - Institution of Mining and Metallurgy, Transactions (Earth science) London, August, pp. B127-B136 and February. p. B50.

- Ellis, A. J., (1969), Present-day hydrothermal systems and mineral deposition. - Ninth commonwealth Mining and Metallurgical Congress, London, paper 7.
- Fyfe, W. S., (1970), Some thoughts on granitic magmas. - G. Newall and N. Rast, editors Mechanism of igneous intrusion. - Liverpool (Gallery Press).
- Gilluly, J., (1971), Plate tectonics and magmatic evolution. - Bull. Geol. Soc. America, 82, pp. 2363-2396.
- Gilluly, J., (1973), Steady plate motion and episodic orogeny and magmatism. - Geol. Soc., America, Bull. 84, pp. 499-514.
- Green, D. H., (1972), Magmatic activity as the major process in the chemical evolution of the earth's crust and mantle. - A. R. Ritsema, editor. The upper mantle, Tectonophysics 13, (1-4), pp. 47-71.
- Hanson, G. N. and Gast, P. W., (1976), Kinetic studies in contact metamorphic zones. - Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 31, pp. 1119-1153.
- Hartmann, M., (1970), Bericht über geochemische Untersuchungen in den Hydrothermallaugenbecken am Boden des Roten Meeres. - Geolog. Rundschau, Band 60, Heft 1, Stuttgart. S. 244-256.
- Hegison, C., (1968), Characteristics of the Salton Sea Geothermal system. - Am. Journ. Vol. 66, pp. 129-166.
- Hewett, D. F., Fleischer, M. and Conklin, N., (1963), Deposits of the manganese oxides: supplement. - Econ. Geol., vol. 58, pp. 1-51.
- Hise, C. R. von, (1904), A treatise on metamorphism. - U.S. Geol. Survey Monograph 47, Washington, D. C. (yer bilimlari tarihi bakimindan degerli).
- Holland, D. H., (1972), Granites, solutions and base metal deposits. - Econ. Geol., vol. 67, pp. 281-301.
- Honnorez, J., (1969), La formation actuelle d'un gisement sous-marin de sulfures fumarolines à vulcani (Mer Tyrrhenienne). - Partie I: Les minéraux sulfurés de tufs immergés à faible profondeur. - Mineralium Deposita, vol. 4, Berlin-Heidelberg New-York, pp. 114-131.
- Honnorez, J., Honnorez-Guerstein, B., Vallette, J. and Wauschkuhn, A., (1973), Present day formation of an exhalative sulfide deposit at Vulcano (Thyrrhenian Sea). - Part II: Active crystallization of fumarolic sulfides in the volcanic sediments of the Bala di Levante. - G. C. Amstutz and A. J. Bernard, editors, ores in sediment. - Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, pp. 139-166.
- Hunter, D. R., (1973), The Localization of tin mineralization with reference to Southern Africa. - Minerals Science and Engineering, vol. 5, No. 1, Johannesburg - Südafrika, Januar, pp. 53-77.
- Lebedev, L. M., (1967), On contemporary deposits of native lead from the thermal brines of Cheleken. - Dokl. Akad. Nauk SSSR., 174, pp. 197-200.
- Lebedev, L. M., (1967), Metacolloids in endogenic deposits. - Monographs in Geoscience, New York.
- Lebedev, L. M. and Bungelskii, Y. Y., (1967) On the metal-bearing highly mineralized thermal waters of Cheleken. - Geologiya Rudnykh Mestorozhdenii, 9, May-June, pp. 82-87.
- Lebedev, L. M. and Nikitina, C. D., (1971), The chemical complexes in which lead migrates in the Cheleken thermal brines at depth. - Geochemistry International, 1971, 5, pp. 1179-1181.
- Lindgren, W., (1933), Mineral Deposits. 4. edition (Mississippi Valley ore deposits typ) and 3rd edition, New York.
- Marmo, V., (1971), Granite petrology and the granite problem. - Development in Petrology 2, Elsevier, Amsterdam etc.
- Maucher, H., (1970), Metallinhalt heißer Lösungen und ihrer Niederschläge im Roten Meer aus bergmaenischer Sicht, - Erzmetall, Band, Stuttgart, S. 500-504.
- Mehnert, K. R., (1968), Migmatites and the origin of granitic rocks. - Elsevier, Amsterdam etc.
- Middlemost, E. A. K., (1971), Classification and origin of igneous rocks. - Lithos, 4., Oslo, pp. 105-130.
- Miller, A. R., (1966), Hot brines and recent iron deposits in deeps of the Red Sea. - Geochim. Cosmochim. Acta, vol. 30., pp. 341-359.
- Mitchell, A. H. G. and Garson, M. S., (1972), Relationship of porphyry copper and circum - Pacific tin deposits to paleo-Benioff zones. - Transactions Institution of Mining and Metallurgy, London, vol. 81, pp. B10-B25.
- Mitchell, A. H. G., (1974), Southwest England granites; magmatism and tin mineralization in a post-collision tectonic setting. - Institution of Mining and Metallurgy, Transaction (Section B (Applied earth science), London, August, pp. B95-B97.
- Morin, P., (1973), Les roches plutoniques dans leurs rapports avec les gîtes minéraux (Colloque en hommage au professeur Raguin). Masson et Cie, Paris.
- Mueller, R. F., (1967) Mobility of the elements in metamorphism. Journ. Geol., 75., pp. 565-581.
- Muffler, L. J. P., (1973), Geothermal Resources. - pp. 251-261 in: D. A. Brobst and W. P. Pratt, editors, United States Mineral Resources. - U. S. Geol. Survey Prof. Paper 820, Washington, D.C.
- Niggli, P. (1920), Die Leichtflüchtigen Bestandteile im Magma. - Leipzig.
- Niggli, P., (1937), Das Magma und seine Produkte. - Leipzig.
- Niggli, P., Königsberger, J. und Parker, R. L., (1940), Die Mineralien der Schweizer Alpen. Basel.
- Noble, J. A., (1970), Metal provinces of the western United States. - Geol. Soc. America, Bull. 81., pp. 1607-1624.
- Nolan, T. B., (1965), Fluids in subsurface environments. - American Ass. Petrol. Geologists, Memoir 4, Tulsa, Oklahoma.
- Parker, R. L., (1954), Die Mineralfunde der Schweizer Alpen.
- Pereira, J. and Dixon, C. J., (1971), (1971), Mineralization and plate tectonics. - Mineralium Deposita, vol. 6, Berlin-Heidelberg - New York, pp. 404-405.
- Platten, H., von, (1965) Experimental anatexis and genesis of migmatites. - in: W. S. Pitcher and G. W. Flinn (editors), Controls of metamorphism. Edinburgh and London.
- Posepny, F., (1895), Über die Genesis der Erzlagerstätten, Wien (Yer bilimlari tarihi bakimindan degerli).
- Puchelt, H., (1970), Grundwasser, Formationswasser und Bakterientätigkeit. - Fortschr. Mineralogie, Beiheft 2 (Geochemie der Gewässer), Stuttgart, s. 25-36.
- Puchelt, H., (1973), Recent iron sediment formation at the Kameni Islands, Santorini (Greece). - G. C. Amstutz and A. J. Bernard, editors, Ores in Sediments. - Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, pp. 227-245.
- Ramdohr, P., (1962), Erzmikroskopische Untersuchungen an Magnetiten der Exhalationen im Valley of the 10 000 smokes. - N. Jahrb. Mineral. Mh., Stuttgart, s. 49-59.
- Reverdatto, V. V., (1974), edited by V.S. Sobolev, The facies of contact metamorphism. Transl. from Russian by D.A. Brown. Canberra, Australian National University, Dept. of Geology, Pbl. No. 133.
- Roeder, E., (1967), Fluid inclusions as samples of ore fluids. - Kapitel 12, pp. 515-574 in: H.L. Barnes, editor, Geochemistry of hydrothermal ore deposits, New York etc.
- Roeder, E., (1968), Temperature, salinity, and origin of the reforming fluids at Pine Point, Northwest Territories, Canada, from fluid inclusion studies. - Econ. Geol., vol. 63, pp. 439-450.
- Roeder, E., (1969), Ancient fluids in crystals. - Scientific American, Resource Library, Readings in Earth Sciences, vol. 1 and 2, San Francisco, Offprint 854.
- Roeder, E., (1971), Fluid inclusion studies on Porphyry-type ore deposits at Bingham, Utah, Butte, Montana and Climax, Colorado. - Econ. Geol., vol. 66, pp. 98-120.
- Ross, D. A., (1973), Red Sea drillings. - Science, vol. 179., pp. 377-380.
- Sawkins, F. J., (1966), Preliminary fluid inclusion studies of mineralization associated with the Hercynian granites of Southwest England. Institution of Mining and Metallurgy, Transactions/Earth science, vol. 75 Bull. No. 714, London May, pp. B109-B112.
- Senderholm, J. J. (1907), On granite and gneiss. Bull. Comm. Géol. Finland. s. 23-110.
- Schipulin, F. K., (1962), Zur Theorie der Kontaktmetamorphose. - Zeitschr. f. angew. Geol., Band 8, Berlin, s. 307-308.
- Schulz, O., (1970), Unterwasserbeobachtungen im sublitorale nSolfatarenfeld von Vulcano (Acolische Inseln, Italien). - Mineralium Deposita, vol. 5, Berlin-Heidelberg - New York pp. 315-319.
- Schöcke, H., (1973), Grundlagen der magmatogenen Lagerstättenbildung. - Stuttgart.
- Shaw, D. M., (1970), Trace element fractionation during anatexis. - Geochim. Cosmochim. Acta, 34., pp. 237-243.
- Sillitoe, R. H., (1972), Formation of certain massive sulfide deposits at sites of sea-floor spreading. - Institution of Mining and Metallurgy, Transactions 81 B, Bull. 789, London, pp. 141-148.
- Sillitoe, R. H., (1972), A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. - Econ. Geol., vol. 67, pp. 184-197.
- Skinner, B. J., a.o., (1967), Sulfides associated with the salt sea geothermal brine. - Econ. Geol., vol. 62 pp. 316-330.
- Snyder, F. G., (1968), Geology and Mineral Deposits Midcontinent United States. - J. D. Ridge, editor, ore Deposits in the United States 1933/1967 (Graton/Sales Volume), vol. I New York, pp. 257-286.

- Stemprok, M. (1974), Metallization associated with acid magmatism Volume 1. - International Geological Correlation Programme, Prag.
- Stille, H., (1939), Zur Herkunft der Magmen, Abh. Preuss. Akad. d. Wiss. Math. Naturw., Kl. No. 19.
- Streckeisen, A. L., (1967), Classification and nomenclature of igneous rocks. - Neues Jahrb. Mineralogie, Abh., 107., 2 und 3, Stuttgart, 144-240.
- Streckeisen, A. L., (1970), Plutonismus und Orogenese. - Schweiz. Min. petr. Mitt., 50., Basel, pp. 551-563.
- Stumpfl, E. F., (1974), - The genesis of platinum deposits: further thoughts. - Minerals Science and Engineering, vol. 6, No. 3 Johannesburg, July, pp. 120-141.
- Tauson, L. V., (1974), Geochemical types of granitoids. - Doklady, Earth Science Sections, vol. 115, March-April, pp. 184-186.
- Thienhaus, R., (1966), Kupfergehalte in Eisenerzlagertstätten. - Schriften der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute e.V., Heft 18, Clausthal-Zellerfeld, s. 130-144.
- Tischendorf, G. und Paelchen, W., (1973), Aspekte einer Klassifizierung granitoider Gesteine auf metallogenetischer Grundlage, - Zeitschr. f. angew. Geologie, Band 19, Berlin s. 556-561.
- Tröndle, H. M., (1971), Ansätze zur Ermittlung von Aufbereitungsverfahren für hydrothermale Erzschlaemme. - Erzmetall, Band, Stuttgart, Juli, s. 329-335.
- Turner, F. J. and Verhoogen, J., (1960), Igneous and metamorphic petrology. - New York etc., pp. 329-388.
- Tyrrel, G. W., (1955), Distribution of igneous rocks in space and time. - Geol. Soc. America, Bull, 66, New York, pp. 405-425.
- Uysallı, H. ve Keskin, B., (1971), Denizli-Sarayköy Kızıldere Jeotermal sahası KD. 1, KD. 2, TH. 1, KD1/A, KD. 3, KD. 4, KD. 111, KD. 6, KD. 9, KD. 12, KD. 8, KD. 7, KD. 14 derin Jeotermik enerji sondajları bitirme raporu. - M.T.A. Enstitüsü, Ankara, derleme No. 4441, yayınlanmamış.
- Uysallı, H. ve Keskin, B., (1971), Denizli-Sarayköy kızıldere Jeotermal sahası KD. 13 ve KD. 15 derin Jeotermik enerji sondajları bitirme raporu. - M.T.A. Enstitüsü., Ankara, Derleme No. 4717, yayınlanmamış.
- Vauschkulin, A., (1973), Rezente Sulfidbildung in vulkänischen Seen auf Hokkaido (Japan), I. Geochemie des ojunuma und des Okunoju. - Geog. Rundschau, Band 62, Heft 3 Stuttgart s. 774-785.
- Weibel, M., (1966), Die Mineralien der Schweiz. - Birkhauser.
- Weissberg, M., (1969), Gold-Silver ore-grade precipitates from New Zealand thermal waters. - Econ. Geol., vol. 64, pp. 95-108.
- Weninger, H., (1974), Die alpinen Kluftminerale der österr. Ostalpen. - 25. Sonderheft der Zeitschr. Der Aufschluss, Heidelberg.
- White, D. E., (1965), Thermal springs and epithermal ore deposits. - Economic Geology, Fiftieth Anniversary Volume, 1905-1955, Part I, Lancaster, Penna., pp. 99-154.
- White, D. E., (1957), Thermal waters of volcanic origin. - Geolog. soc. America, Bull. vol. 68, pp. 1637-1658.
- White, D. E. and Roberson C. E., (1962), Sulphur Bank, California a major hot-spring quick silver deposit, - Geol. Soc. America, Bulletin Volume, pp. 397-426.
- White, D. E. and Waring G. A., (1963), Data of Geochemistry, Sixth edition. Chapter K: Volcanic emanations. - U.S. Geol. Survey Prof. Paper 440-K, Washington, D.C.
- White, D. E., Anderson, E. T. and Grubbs, D. K., (1963), Geothermal brine well: mile-Deep drill hole may tap ore bearing magmatic water and rocks undergung metamorphism. - Science, vol 139 march, pp. 919-922.
- White, D. E., Hem, J. D. and Waring G. A., (1963), Data of Geochemistry, 8th edition, Chapter F: Chemical composition of subsurface waters. - U. S. geol. Survey Prof. Paper 440-F, Washington, D.C.
- White, D. E., Thompson, G. A. und Sandberg C. H., (1964), Rocks, structure and geologic history of steamboat Springs thermal area, Washoe County, Nevada. - U. S. Geol. Survey Prof. Paper 458-B, Washington.
- White, D. E., (1967), Mercury and base-metal deposits with associated thermal and mineral waters - In: H.L. Barnes, editor, geochemistry of hydrothermal ore deposits, New York etc., pp. 575-631.
- White, D. E., (1968), Environments of generation of some base metal ore deposits. - Econ. Geol., vol. 63., pp. 301-335.
- Wright, J. B. and Mc Curry, P., (1973), Mamas, mineralization and seafloor spreading. - Geolog. Rundschau, Band 62, Heft 1. S. 116-125, Stuttgart.
- Wodzicki, A., (1971), Migration of trace elements during contact metamorphism... and its bearing on the origin of ore deposits associated with granitic intrusions. - Mineralium Deposita, vol. 6, Berlin-Heidelberg - New York pp. 49-64.
- Yermakov, N.P., (1965), Research on the nature of mineral-forming solutions. - International series of Monographs in Earth sciences, vol. 22, Pergamon Press