

# Maden Aramalarında Yeni Teknolojik Gelişmeler

Yusuf Ziya ÖZKAN  
MTA Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi, ANKARA

## ÖZ

Yazıda son 20 - 25 yılda maden aramalarında köklü değişimlere yol açmış arama teknolojisindeki ilerlemelere kısaca değinilmiş ve başarı için gelişmiş teknolojinin gerekli fakat yeterli olmadığı vurgulanmıştır.

Demir, krom, kömür gibi yüzeylemeleri kolayca tanınabilen maden yataklarının çoğu bulunmuştur. Bugün maden aramaları, yüzeylememiş derin yataklara ve yüzey belirtileri silik ya da yüzeylemelerinin tanınması zor epitermel altın gibi yeni tür yataklara yöneliktir.

Böyle yatakları bulabilme, ancak son 20 - 25 yılda geliştirilmiş yeni bilgi ve teknolojilerle mümkündür.

Aşağıda maden arama teknolojisinde son 20 - 25 yılda görülen önemli ilerlemeler kısaca gözden geçirilmektedir.

### Konum Belirleme ve Ölçme Aygıtları

Elektronik, lazer ve uydu teknolojilerindeki gelişmeler bu alanda 1980'lerde büyük ilerlemeler sağladı.

Bu kapsamda başta konum belirlemede zorluk çekilen havadan ve deniz ya da göl suları üzerinde yapılanlar olmak üzere her tür bölgesel araştırmalarda hassas olarak konum belirleme mümkün olmuştur. Bu yeni konum saptama teknolojileri (Doppler navigation, inertial navigation, range - range radar, satellite navigation) özellikle havadan jeofizik ve deniz jeofiziği / jeolojisi çalışmalarında yaygın uygulama alanı bulmuş ve bu yöntemlerin etkinliğini büyük oranda arttırmıştır (Bullock ve Barritt, 1985). Uzaya gönderilmiş uydulardan alınan sinyaller kullanılarak bağıl (relatif) konumların belirlendiği satellite navigation ya da GPS (Global Positioning Systems), uzak ve çalışılması zor bölgelerin ulusal grid sistemine bağlanmasına büyük doğruluk ve hız kazandırmıştır.

1988 yılında kurulan Fransız İSTAR şirketi SPOT

görüntülerinden sayısal yükselti modellerinin (DEM: Digital Elevation Models) otomatik hesaplanmasını gerçekleştirmektedir. Bugün dünyanın çoğu yerinin sayısal yükselti modelleri hazır (Mc Laurin, 1991).

Total station denilen yeni ölçme aletleri ise, özellikle büyük ölçekli haritalamaya (1/500 - 1/5000) duyarlılık ve hız (kolaylık) yönünden önemli bir katkı getirmiştir (Darling 1988). Total station aletleri bir noktada konumlandığında açı ve uzaklık ölçümleri çok duyarlı ve hızlı biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan ölçümler, doğrudan alete bağlı arazi bilgisayarlarının (microcomputers) hafızasına kaydedilmektedir. Gerekliğinde bu küçük bilgisayarlar arazide nokta hesaplamaları yapılabilmektedir. Daha sonra ana bilgisayara aktarılan verilerden, bilgisayar yardımıyla nokta dökümleri ve harita biçiminde çıktılar alınabilmektedir. Bugün bu amaçla hazırlanmış çok sayıda bilgisayar destekli tasarım (CAD: Computer Aided Design) programları vardır.

Son olarak lazer ışınlarının kullanıldığı Automatic guidance System sayesinde yeraltı ocaklarındaki ölçme (survey) ve yön verme (alignment) işlemlerinde önemli gelişmeler sağlanmıştır.

### Jeolojik Yöntemler

Jeolojik haritalama ve bilgisayar destekli veri işleme alanlarında önemli gelişmeler olmuştur.

Küçük ölçekli (bölgesel) jeolojik haritalamada anılmaya değer yenilik uzaktan algılamanın bu amaçla kullanımınıdır. Özellikle günümüzde uzaktan algılama, böl-

gesel jeoloji haritalarının hazırlanmasında - arazi çalışmalarından önce gelen - ilk adımı oluşturmaktadır.

Büyük ölçekli (1/500 - 1/5000) jeoloji haritalamasında, pusula - şerit metre ya da plançete yerine total station aletlerinden yararlanılması, yaygın olmasa da uygulamaları görülen ve gelecekte yaygınlaşması beklenen bir yeniliktir. Bu teknikte arazi gözlemleri önceden tanımlanmış kısaltma ve simgeler halindeki bir şifrelemeyle, total station aletine doğrudan bağlı bir mikrobilgisayarın hafızasına (gözlem noktasının koordinatlarıyla birlikte) kaydedilir. Bu işlem topoğrafik haritalamayla birlikte de yürütülebilir. Daha sonra arazi bilgisayarının hafızasındaki veriler ana bilgisayara aktararak jeolojik gözlem noktalarının dökümü ve hatta harita yapımı bilgisayar yardımıyla gerçekleştirilebilir.

Bilgisayar destekli veri işlemin katkıları jeolojik haritalamayla sınırlı değildir. Uygun veri dosyaları halinde manyetik teyp veya diskler üzerine yüklenen her tür jeoloji verilerinden - kullanılan programın yeteneklerine bağlı olarak - listeler, nokta dökümleri (jeolojik gözlem, ölçüm, örnek alma yerleri, sondaj, kuyu, galeri ağızları vb.) biçiminde çıktılar alınabilir, üzerlerine istatistiksel işlemler uygulanabilir. Jeolojik verilerin harita (yüzeyleme, yarma planları, jeoloji haritası) eş çizgi (eş kalınlık, eş tenör vb) haritaları, dikme ve enine kesitler, dikme kesit haritaları, gibi grafiksel biçimde sergilenmesi de mümkündür. Ancak bunun için özel programlarla daha ileri veri işlemlerinin yapılması gerekmektedir (Gabert, 1982).

Jeoloji verilerinin sayısal (digital) formatta bilgisayar ortamına kaydedilmesi, veri düzeltme ve veri birleştirmeye (eklemeye) getirdiği hız ve kolaylık yanı sıra, ilgi duyulan jeoloji özelliklerini belirginleştirecek çeşitli işlemlerin uygulanabilmesine uygunluğu açısından da büyük üstünlük taşımaktadır.

### Uzaktan Algılama

Çok spektrumlu (multispectral) ve yüksek çözümleme gücüne sahip uzay görüntülerini sağlayan Amerikan TM (Landsat Thematic Mapper) ve Fransız SPOT (Systeme Probatoire pour l'Observation de la Terre) uydularının 1980'lerde ve Japon JERS - 1 uydusunun 1990'larda faaliyete geçmesi uzaktan algılamada büyük ilerlemelere yol açtı. Landsat TM görüntülerinde çözümleme gücü 30 m, 3 spektral bantlı SPOT görüntülerinde 20m, pankromatik SPOT görüntülerinde 10m ve 8 spektral bantlı JERS - 1 görüntülerinde ise 18 m'dir.

Çok değişik dalga boyunda (SPOT : 3, JERS - 1 : 8) derlenmiş veriler içeren (bunlar yapay renklendirilmiş fotoğraflar halinde sunulmaktadır) uzay görüntüleri üzerinde - veriler sayısal (digital) formatta olduklarından - ilgi duyulan özellikleri belirginleştirmek için bilgisayar işlemleri uygulanabilmektedir. Böylece litoloji, alterasyon, bölgesel jeolojik yapılar, ayırtman (belli tür maden sahalarına özel) bitki örtüsü vb gibi özelliklerin tanınması, çoğu kere arazi gözlemlerine göre daha kolaylaşmış olmaktadır. Bu sayede uzay görüntülerinden yukarıda değinilen bölgesel jeolojik haritalama yanısıra, bölgesel ön aramalarda (regional reconnaissance) da gittikçe artan biçimde yararlanılmaktadır.

Uzaktan algılama konusunda 1980'lerde başlayan yeni bir ilerleme, çok kanallı dar band algılayıcıların (Deadalus, Collins ve Geoscon) geliştirilmesidir. Uçağa yerleştirilmiş böyle tarayıcılarla (aircraft - borne Scanners) elde edilen spektral özellikler, ayırtman spektral yansıtma eğrileriyle karşılaştırılarak, taranan sahalarındaki minerallerin tayini mümkündür. Bu sayede örneğin demirce zengin alterasyonlar (demir şapka vb) tanınabilir, killi ve propilitik alterasyon zonları birbirinden ayrılabilir (Weber, 1985; Peter, 1986). Son yıllarda ABD ve Avustralya'daki epitermal altın aramalarında bu yöntem gittikçe daha yaygın olarak kullanılmaktadır (Mc Laurin, 1991).

### Jeofizik Yöntemler

Son 20 - 25 yılda, özellikle algılayıcılar ile veri kayıt ve işleme alanlarında büyük ilerlemeler gerçekleşmiştir.

SIP (Spectral Induced Polarization), CSAMT (Controlled Source Audio frequency Magnetotellurics), TEM (Transient Elektromagnetics), UTEM (University of Toronto tarafından geliştirilmiş Elektromagnetics), VLF (Very Low Frequency) VHF (Very High Frequency) Mikrogravite gibi teknikler, hem daha derinlerden, hem de daha küçük fiziksel farklılıklardan kaynaklanan anomalileri algılayabilme amacıyla geliştirilmiş yeni sistemlerdir (Young ve Bullock, 1986).

Örneğin SIP ve TEM geleneksel IP ve EM tekniklerinin etkin olamadığı iletken bir örtüye sahip yatakların algılanabilmesi için geliştirilmiştir. UTEM oldukça derin yatakların saptanmasında başarılı olmuştur. Tasmania'daki (Avustralya) 130 m. kalınlıkta bir volkanik örtünün altındaki Hellyer masif sülfid (Pb-Zn-Ag-Au) yatağı 1983'te UTEM anomalisi sayesinde bulunmuştur



(Eadie ve Silie, 1984; McLaurin, 1991). Epitermal altın aramalarında büyük kırık zonlarının tanınması amacıyla VLF ve VLH teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır (Ömer Çelenk, sözlü görüşme).

Öte yandan havadan elektromanyetik (AEM) tekniğinde gerçekleştirilen ilerlemeler (yeni navigasyon aygıtlarıyla donatılması, veri ve uçuş hattı kayıtlarının anında sisteme bağlı bilgisayara yapılması ve helikopterler kullanılması) alçak uçuşlarla yüksek kalitede veriler derlenebilmesine yol açmıştır. Bu da tekniğin uygulanabilirliğini ve güvenilirliğini arttırmıştır. AEM bugün artık bölgesel ön aramaların onsuz olmaz bir unsur haline gelmiştir (Lynham, 1986; Bullock, ve Barritt, 1989).

Son yıllarda en büyük değişimler veri kayıt ve işleme teknolojilerinde olmuştur. Mikrobilgisayarlar sayesinde veriler, artık araya insan eli girmeden, doğrudan ölçme aygıtına bağlı arazi bilgisayarının hafızasına sayısal formatta kaydedilmekte ve sonra veri işlemin yapılacağı daha güçlü bilgisayarlara aktarılmaktadır. Verilerin sayısal formatta kaydedilmesi, jeofiziksel veriler üzerinde - onların jeolojik bilgilere dönüştürülmesini (örneğin anomali kaynağının derinliğinin tahminini) kolaylaştıracak - işlemlerin uygulanabilmesini mümkün kılmaktadır.

Bu arada yeri gelmişken gerek jeofizik, gerekse jeokimyasal arama yaklaşımlarındaki köklü değişim vurgulanmalıdır. Yeni yaklaşımlarda ilgi bizzat aranan yatağın kendisinden çok, o tür yataklar için ayırtman olan jeoloji desenlerinin tanınması üzerinde odaklaşmıştır. Artık jeofizik yöntemler sadece yataktan kaynaklanan sözcüğü bir iletken anomalisi bulmak için değil, jeoloji sorunlarının çözümü için kullanılmaktadır. Örneğin 1981 de Japonya'da bulunan dünya çapında büyük His-hikari epitermal Au yatağında düşey elektrik sondajı (VES) derinliğe bağlı olarak rezistivite yapılarının belirlenmesinde etkin biçimde kullanılmıştır. Sığ derinliklerdeki düşük rezistiviteli zon (3 - 7Ω m) model alınan yatağın (Kushikino Mine) üst kesimindeki hidrotermal olarak altere olmuş zonla, onun altındaki yüksek rezistiviteli zon (>100Ω m) ise cevherleşmenin oluşumu için ısı kaynağı olan sokulum kayalarıyla (temeldeki yükselimle) ilişkilendirilmiştir. Böylece bu iki zon arasında, model yataklarındaki gibi altınca zengin bir kesitin yeralebileceği sonucuna varılmıştır (MMAJ, 1987).

### Jeokimyasal Yöntemler

Bu alanda en önemli gelişmeler analiz ve veri işlem teknolojilerinde gerçekleştirilmiştir. 1980'lerde epitermal altın gibi çok düşük tenörlü yataklar için etkin olan "büyük örnekleme" (bulk sampling) (10 kg dan fazla örnekler alınır) tekniklerinin uygulanması da anılmaya değer bir gelişmedir.

AAS (Atomic Absorbition Spectrometer), ICP (Inductively Coupled Plasma Spectrometry), INAA (Instrumental Neutron Activities Analysis) gibi yeni analiz aygıtlarının geliştirilmesi, deteksiyon limitlerini ppb ve hatta ppt düzeylerine düşürmüş ve epitermal altın, porfiri bakır gibi düşük tenörlü yatakların bulunuşu bu sayede mümkün olmuştur. Avustralya, ABD ve Avrupa'da yaygın olarak uygulanan BLEG (Bulk Leach Extractable Gold) gibi "büyük örnekleme" teknikleri de, analiz teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte ppb/ppt düzeylerindeki anomalilerin saptanabilmesinde önemli katkı sağlamıştır. Sözcüğü Avustralya'daki Wirralie altın yatağının bulunuşu, büyük oranda BLEG örneklemeyle belirlenen anomaliler sayesinde mümkün olmuştur (Fellows ve Hammond, 1988).

Bilgisayar destekli veri işlem ise, jeokimyasal verileri yorumlama yeteneğimizi büyük ölçüde arttırmıştır. Bilgisayar desteğiyle jeokimyasal veriler üzerinde seçilen çok değişkenli istatistik analiz yöntemleri uygulanabilmektedir. Çok değişkenli analiz sayesinde verilerdeki değişkenliğin muhtemel nedenleri tanınabilmekte, cevherleşmeyle bağlantılı değişiklik desenleri diğer değişkenlik nedenlerinin (litoloji, kirlenme vb) etkilerinden yalıtılabilmektedir. Böylece, çok yüksek bir değer yokluğunda anomali vermeyip gözden kaçabilecek bir yatağı - üzerinde yer alan toprak örtüde izlenen elementler arası ilişkilerdeki belirgin olmayan değişimlerle - farketme mümkün olabilmektedir.

Son olarak duraylı izotop jeokimyasının maden aramalarında, kökene ilişkin sorunların çözümü için gittikçe daha fazla yer verilen bir yöntem olduğu da belirtilmelidir (Oygür, 1994).

### Sondaj Teknolojisi

Son yıllarda maden aramalarında uygulama alanı bulmuş, sondaj teknolojisiyle ilgili önemli bir ilerleme olmamıştır. Ancak 1960'lı yıllarda geliştirilen wire - line elmaslı sondaj ile geniş çaplı kuyu açmaya ve büyük boyutlu örnekleme elverişli (epitermal altın gibi çok



düşük ve değişken tenörlü yataklarda istenen bir özelliği ters sirkülasyon (reverse circulation) rotası sondaj tekniklerinin maden aramalarda kullanımının yaygınlaşması anılmaya değer gelişmelerdir. Ayrıca çöl ve buzul bölgelerindeki yada deniz ve göl tabanlarındaki yataklara yönelik aramalara (zor sahalarda örnekleme) uygun sondaj teknolojilerinde ilerleme sağlamak için gittikçe artan çabalar sarfedilmektedir.

### Analiz Teknolojisi

Mineralojik ve kimyasal analiz teknolojilerinde son 20 - 25 yılda çok hızlı değişimler olmuş ve bu arama desteklerinin katkıları maden aramalarının etkinliğini büyük ölçüde artırmıştır.

Mineralojik analiz teknolojisinde en önemli gelişme elektron mikroskoplarında olmuştur. Yeni nesil elektron mikroskopların atomik düzeydeki (0.1 nm) çözümüleme gücüyle, kristal yapılarını (kafes hataları, kapanımlar, ayrılımlar, faz dönüşümleri vb) analiz imkanı doğmuştur. ancak bu gelişmenin bilimsel desteğin artmasına yol açmanın ötesinde, maden aramada geniş bir uygulama alanı bulduğu söylenemez. Mineralojik analizlere ilişkin en önemli gelişme, eskiden daha çok cevher mineralojisiyle sınırlı kalan çalışmaların, mineralojik ipuçları saptamak amacıyla alterasyon minerallerine de yöneltilmiş olmasıdır.

Bu arada gerek cevher getirici akışkanların bileşimi ve oluşum sıcaklığı gibi kökene ilişkin sorunların çözümünde, gerekse bir ipucu olarak maden aramalarında sıvı kapanımlardan yaygın biçimde yararlanılmaktadır. Örneğin 1981 yılında Hishikari (Japonya) epitermal altın yatağının bulunuşunda sıvı kapanım incelemeleri kilit rol oynamıştır (MMAJ, 1987). Şöyle ki, Hishikari sahasındaki - önceleri çalışıldıktan sonra terkedilmiş - eski madende, muhtemelen tümüyle üretilmeden bırakılmış cevher olabileceği düşünülmüştür. Bunu açıklığa kavuşturmak için pasada bulunan kuvars damarlarındaki sıvı kapanımların homojenleşme sıcaklıkları ölçülmüştür. Sonuçlar eski üretim derinliğinin, yatağın tabanına (250 C den daha yüksek sıcaklıkta oluşmuş damarlara) kadar inmediğini ve epitermal damarların (210 - 250 C de oluşmuş) eski galerinin altında daha derinlere kadar devam edeceğini göstermiştir.

Bunu doğrulamak amacıyla 1981'de eski Hishikari madenin merkezinde düşük rezistiviteli zona doğru 300 m. sondaj yapılmış ve beklendiği gibi, galerilerde izlenen damarların devamı olan 9.7 gr/t Au tenörlü bir-

çok kuvars damarı kesilmiştir. Sondaj devam ettirilmiş ve 291.7 m. de 15 cm kalınlıkta 290,3 gr/t Au, 167.0 gr/t Ag tenörlü yeni bir kuvars damarı daha kesilmiştir. Bu damar ince olmakla birlikte yüksek tenörlü olduğundan, sondajın iki yanından - söz konusu damarın yanal devamlılığını ve paralel başka damarların varlığını araştırmak için-iki sondaj daha yapılmış ve en fazla 5.45 m. ve en fazla 220.3 g/t Au tenörlü altı adet damar bulunmuştur. Sonuç gerçekten dünya ölçülerinde büyük ve yüksek tenörlü epitermal altın yatağının keşfidir. Sonradan yapılan çalışmalarla yatağın rezervi ortalama 70 gr/t tenörlü 260 t. Au olarak belirlenmiştir ve 1985 yılında üretime geçilmiştir.

Yukarıda değinildiği gibi AAS, ICP ve INAA gibi yeni elektronik analiz aygıtlarının geliştirilmesiyle, gerek deteksiyon limitlerinin ppb/ppt düzeylerine düşürülmesi, gerekse aynı örnek üzerinde çok sayıda element için hızlı, duyarlı ve ucuz analiz yapılabilmesi yönüyle kimyasal analiz alanında büyük bir sıçrama gerçekleştirilmiştir. Grafit fırınların geliştirilmesi de bu sıçramaya önemli katkı yapmıştır.

Ayrıca kütle spektrometresi ve örnek hazırlama tekniklerindeki gelişmeler O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, C, S ve N'un izotopik değerlerindeki değişimlerin %0.01 - 0.02 doğruluk derecesinde ölçülebilmesini mümkün kılmıştır. (Oygür, 1994).

### Veri İşlem Teknolojisi

Çağdaş maden arama yöntemleri çok fazla verinin derlenmesini ve yorumlanmasını gerektirir. Bu işlemlerin geleneksel biçimiyle elle yapılması, çok yorucu ve zaman alıcıdır. Bu konuda son 15 - 20 yıldır bilgisayar desteğinden yararlanılması hem zorunlu olmuş, hem de büyük ilerlemelere yol açmıştır.

Değişik arama yöntemlerinde bilgisayar destekli veri işlem konusundaki gelişmelere yukarıda değinildiğinden burada tekrar edilmeyecektir.

Bununla birlikte değişik arama yöntemleriyle toplanmış elaltındaki tüm (hem sayısal, hem analog) verilerin (jeoloji, jeofizik, jeokimya vb.) birleştirilmiş yorumuna izin veren yeni teknolojik gelişme (GIS = Coğrafi Bilgi Sistemleri) üzerinde durmak gerekir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (GIS), kısaca harita biçimindeki verileri etkinlikle işleyebilen bir bilgisayar donanım ve yazılım sistemidir.

Belli bir saha için genellikle, herbiri özel tipte verile-



rin (örneğin jeoloji, jeokimya vb) yer aldığı çok sayıda veri düzlemleri olacaktır. GIS, hem bu veri takımları arasındaki belirgin olmayan, korelasyonların algılanabilmesi için seçilen veri düzlemlerini üst üste çakıştırmaı sağlar, hem de sisteme girilen tüm veri düzlemleri ya da onlardan seçilen bazıları arasında ilgi duyduğu korelasyonları aramak için kullanıcıya soru sorma yetenekleri sunar.

GIS maden aramaları için büyük ümitler uyandırmaktadır. Maden aramalarına yönelik Arc info, oracle, intergraph, datamine gibi birçok GIS geliştirilmiş olup (İ. Henden, sözlü görüşme) gelecekte daha fazla kullanım alanı bulacağına kuşku duyulmamaktadır.

### Sonuç

Arama teknolojisinde son 20 - 25 yılda gerçekleştirilen önemli gelişmeler, kuşkusuz yukarıda kısaca değinilenlerden ibaret değildir. Konunun değişik yanlarıyla ilgili uzmanlar, başka birçok ilerlemenin daha anılmasını gerekli görebilecektir. Ancak değinilen gelişmeler önemli bir sonuç çıkarmaya kanımca yeterlidir.

Arama teknolojisindeki ilerlemeler, algılama gücümü (gerek derinlik, gerekse çözümleme yönlerinden) büyük oranda yükseltmiş, başarılı bir arama için gerekli olan "güvenilir ve ayrıntılı bir veri tabanı" oluşturulabilmesini büyük ölçüde mümkün kılmıştır.

Ancak teknolojinin bilgili insan unsuruyla biraraya geldiği zaman etkili bir silah olduğu unutulmamalıdır. Çünkü en gelişmiş teknoloji bile yerinde ve doğru kullanıldığı zaman güvenilir veri üretebilir. Ayrıca yeni teknolojilerle derlenen karmaşık veri takımını, ancak şifresini bilen birinin doğru yorumlayıp başarıya ulaşabileceği de açıktır. Veri takımı ne kadar yetkin olursa olsun, ona bakan her göz değil, sadece aradığı yatakla bu veriler arasındaki ilişkileri kavrayan göz çalışmaları buluşa götürebilir. Bir başka ifadeyle, bilgili ve deneyimli insan gücü, aramada en azından üstün teknoloji kullanılması kadar önemlidir.

Hatta maden aramada çoğu büyük buluşun ardındaki ana unsur, ileri teknoloji den ziyade, yeni bilgiler, yeni düşünüş biçimleridir. Avusturya daki (%0.8 W03 tenörlü milyonlarca ton rezervli) Mittersill W yatağının bulunuşu, bunun çarpıcı bir örneğidir.

Uzun yıllardır W ve Sn yataklarının granitlere bağlı, yüksek sıcaklıkta oluşmuş yataklar. Hg ve Sb maddenlerinin ise varsayımsal mağmatik (ısı) kaynaktan ol-

dukça uzakta, nispeten düşük sıcaklıkta oluşmuş yataklar olduklarına inanılırdı. Dünyanın çeşitli yerlerinde zinober, antimonit, şeelit, volframit ve arsenopiritin birlikte görülmesi ise, teleskopik (yüksek sıcaklık toplulukları üzerine düşük sıcaklık topluluğunun gelmesi, üstelenmesi) olayı ile açıklanırdı.

Bu nedenle Orta çağlardan beri işletilen çok sayıda küçük Sb, Hg, Cu, Au, As yataklarının bulunduğu Avusturya Alplerinde ağır mineral konsantrlerinde (bata konsantrlerinde) şeelitin varlığı pek dikkate değer bulunmamıştır.

Maucher (1965) dünyadaki Sb - W - Hg oluşumlarını gözden geçiren makalesinde yeni bir düşünce ortaya atmış, antimon ve zinoberli şeelit cevherleşmelerinin aşmalı değil, eşoluşumlu olduğunu öne sürmüştür. Maucher'e göre bu Sb - W - Hg cevherleşmelerinin çoğu mafik volkanik kayalarla ilişkilidir ve siyah şist ve şeyller içinde görülürler.

Bu yeni düşünce ışığında, gözler Mittersill'e yeniden çevrilmiş ve 1967'de Maucher'in öğrencisi Höhl Mittersill stratiform W yatağını bulmuştur.

Öte yandan çağdaş maden aramaları artık çok disiplinli bir nitelik kazanmış olup, başarı büyük ölçüde takım ruhu kazandırılmış çeşitli uzmanlardan oluşan çalışma grupları oluşturulmasına ve onların motivasyonuna bağlıdır. Ayrıca yönetimin atılan ve atılacak adımları (doğruluk ve gereklilik açısından) tartabilmesi; çalışanlara güveni ve güven vermesi; genellikle uzun zaman ve büyük harcamalar gerektiren çağdaş arama projelerinde tutarlılık ve kararlılık göstermesi de son derecede önemlidir. Avusturya'daki Olympic Dam yatağının buluş hikayesi bu anlatılanların güzel bir örneğidir.

Olympic Dam, 300 m kalın çökel kayalar altında gömülü kör bir yataktır. 20 yıl süren ve 30 milyarı aşkın Avustralya dolarına malolan, kararlılıkla sürdürülmüş çok disiplinli çabalar sonucu 1976 yılında bulunmuştur (Woodall, 1993).

Woodall'ın anlattığına göre, doktora tezi olarak bakırlı çözeltilerin kaynağını araştıran Haynes (1972), bakırın, oksitlenme sırasında bazaltlardan yıkandığını gösterdi. Bu bilgiye dayanarak Avustralya'daki Proterozoyik havzaların değerlendirilmesi sonucu, oksitlenmiş toleyitik bazaltların bulunduğu, G. Avustralya'nın - çökeller içine yerleşmiş (sediment - hosted) bakır yatakları açısından - ilginç olduğunu belirtti.



Bunu jeofizikçi Rutter'in (1974), G. Avusturalya'daki Stuart Shelf sahasındaki manyetik ve gravite desenlerini yorumu izledi. Rutter, manyetik ve gravite anomalilerinin çakıştığı Olympic Dam'ı - 1972 de bulunmuş Mt Gunson'daki küçük bakır yatağındakine benzer olduğu için sondaj hedefi olarak önerdi.

Bu arada O'Driscoll ve Duncan (1972) - O'Driscoll'ün 1940'ların sonuna doğru geliştirdiği "derin temel kırık (shear) zonlarının ardoluşumlu yatakların potansiyel kontrolleri olabileceği" düşüncesi ışığında - yaptıkları tektonik analiz sonucu, Mt. Gunson yatağının BKB ve KKD lineamentlerinin arakesitinde yereldiğini saptadılar ve benzer, bir yapısal ilişkinin gözlemlendiği daha K'deki Olympic Dam'ı (jeofizik çalışmalarından bağımsız olarak) hedef seçtiler.

1974 yılında jeolog Evans, bu üç çalışmanın (Haynes, Rutter O'Driscoll ve Duncan) sonuçlarını, yeni arazi gözlemleriyle birlikte yorumlayarak sondaj önerilerinde bulundu.

1975'te ilk sondaj (RDD - 1) yapıldı ve örtü kayaları altında temel olarak oksitlenmiş bazaltları kesti. Bu bazaltların analizi, bakır tüketilmesini, dolayısıyla elverişli bir kaynak kaya olduğunu kanıtladı, fakat bu temel içinde şaşırtıcı biçimde 38 m. den fazla %1 Cu kesildi. Bu bakır değeri heyecan yarattı ve 7 sondaj daha yapıldı. Fakat bu sondajlarda ekonomik açılan ilginç olmayan çok düşük değerlere rastlandı. Buna rağmen cevherli kuyuya (RDD - 1) ilişkin kaya tanımı, ümitlerin kırılmasını engelledi ve aramalara devam için cesaret verdi : "... cevherleşmiş kayalar kuvars ve hematitçe zengin, muhtemelen kırıklı (fragmental) ve aşırı ölçüde hidrotermal alterasyona uğramıştır. Hidrotermal alterasyonun yarattığı mineral topluluğu, Şili'dekiler gibi yüksek düzey breş bacalarında görülenlerle bazı benzerliklere sahiptir...." (Hudson, 1975).

Bu noktada yönetimin değerlendirmesi, çalışanlara güveni ve kararlılığı belirleyici olmuştur. Sondaja devam edilmiş ve sonunda 1975 yılında RDD - 10 kuyusu, kendi türünde ilk bulunan dev bir yatağın varlığını kanıtlamıştır. Yatakta Ortalama % 1.6 Cu, 0.6 kg/t U ve 0.6 gr/t Au tenörlü 2 milyar ton rezerv belirlenmiştir.

Sözün özü, çağdaş maden aramalarında başarı, yeni teknoloji, çeşitli alanlarda bilgili ve deneyimli uzmanlar ve basiretli yönetim becerisi gerektirir. Bilgi ve teknolojiye hızlı değişimlerin yaşandığı bu alanda başarıyı sürdürebilme de gelişmelerin yakından izlenmesine bağlıdır. Nasıl 10 - 20 yıl önceki bilgi ve teknolojiler bugün yetersiz kaldıysa, yarın da bugünkü bilgi ve tek-

nolojiyle başarılı olmak, rekabet yapabilmek mümkün olmayacaktır.

Öte yandan günümüzde teknoloji, kolayca satın alılabildiğinden, artık ana rekabet unsuru olmaktan çıkmıştır. Onun yerine yeni bilgi ve teknoloji yaratabilen, yeni teknolojiyi kullanabilen ve yeni teknolojilerin türettiği verileri değerlendirebilen insan unsuru öne çıkmış, rekabette belirleyici duruma gelmiştir.

### DEĞİNİLEN BELGELER

- Bullock, S.J. ve Barritt, S.D., 1989, Real - time navigation and flight path recovery of aerial geophysical surveys a review: Proc. of Exploration 87. Ontario Geol. Survey, Spec.vol. 3, 170 - 182.
- Darling, P., 1988, Surveying equipment for the 1980's.: International Mining, November 1988, 19 - 27.
- Fellows, M.L. ve Hammond, J.M., 1988, Geology of the Wirralie gold deposit Queensland.: Brientenial gold "88", Good A.D.T. et. al. (eds) - Geol. Soc. Aust. Abstr. 23, 265 - 267.
- Gabert, G., 1982, Handling of geological field and map data: Natural resources and development, 15, 21 - 39.
- Lynham, J.T., 1986, Airborne geophysics - potential developments, IMM Transactions (section B), 95, 57.
- Mc Laurin, A.N., 1991, Mineral exploration in the 1990s - discoveries by improved technology. Mineral Industry international, 1991 - 1, 5 - 7.
- MMAJ (Metal Mining Agency of Japan), 1987, The story of a succesful gold exploration: The Hishikari gold deposit. MMAJ yayını, 33s.
- Oygür, V., 1994, Duraylı izotoplar jeokimyasının maden yataklarına uygulanması: Jeoloji Mühendisliği, 44 - 45, 27 - 38.
- Peters, E.R., 1986, Remote sensing: potential developments. IMM Transactions (Section B), 95, 70.
- Weber, C., 1985, Geological remote sensing: quo vadis?: ITC Journal, 1985 - 4, 227 - 241.
- Woodall, R., 1993, The multi disciplinary team approach to successful mineral exploration. SEG Newsletter, 14, 5 - 11.
- Young, M.E. ve Bullock, S.J., 1986, Potential developments in ground geophysics: IMM Transactions (Section B), 95, 74.